



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**Trabajo Estructurado de Manera Independiente Previo a la
Obtención del Título de Ingeniero Mecánico**

TEMA: “ESTUDIO DE UN SISTEMA DE SECADO DE CAMISETAS ESTAMPADAS PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN LA FÁBRICA TECHNOLOGY DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA CANTÓN AMBATO.”

AUTOR: Edwin Xavier Pacha Azogue

TUTOR: Ing. Gustavo Patín, Mg.

AMBATO-ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención de título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“Estudio de un sistema de secado de camisetas estampadas para reducir los tiempos de producción en la Fábrica Technology de la Provincia de Tungurahua Cantón Ambato”**; elaborado por el Sr. Edwin Xavier Pacha Azogue, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- ✓ Que la presente Tesis es original de su autor
- ✓ Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos
- ✓ Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente

Ambato, 15 de Abril de 2015

.....

Ing. Gustavo Patín, Mg.

Director de Tesis

AUTORÍA DE LA TESIS

El contenido del presente trabajo sus criterios, así como sus ideas, sus análisis, opiniones de resultados obtenidos, conclusiones y propuesta, son responsabilidad exclusiva de su autor.

Ambato, 15 de Abril de 2015

.....

Edwin Xavier Pacha Azogue

C.I 180432867-0

DEDICATORIA

Esta tesis se la quiero dedicar a Dios por darme la fortaleza de seguir adelante y cumplir mis metas y no dejarme desmayar ante los problemas presentados, por enseñarme a luchar y valorar mis esfuerzos, mi constancia y mi dedicación para poder concluir con un ciclo más en mi vida.

A mis padres Abelardo Pacha y Angélica Azogue, quienes supieron brindarme su apoyo y su confianza e inculcarme valores que fueron muy importantes en el transcurso de este ciclo de mi vida.

A mis hermanas Myriam y Maritza quienes día a día supieron alentarme brindándome su ejemplo de surgir y ser una mejor persona para la sociedad.

AGRADECIMIENTO

Debo agradecer de manera muy afectuosa al director de mi tesis Ing. Gustavo Patín, Mg. quien pacientemente supo guiarme de manera correcta brindándome su apoyo, compartiendo sus conocimientos y opiniones para la conclusión del proyecto, así como a mis profesores quienes de una manera u otra han compartido su sabiduría y su amistad durante el transcurso de mi vida estudiantil.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

TEMA.....	II
CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA DE LA TESIS	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN EJECUTIVO	XV
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Tema de investigación.....	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.2.1. Contextualización.....	1
1.2.2. Análisis crítico	3
1.2.3. Prognosis	4
1.2.4. Formulación del problema	5
1.2.5. Preguntas directrices	5
1.2.6. Delimitación del objeto de investigación.....	5
1.3. Justificación.....	6
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos	7
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes De investigación	8
2.2. Fundamentación filosófica	9
2.3. Fundamentación legal.....	9
2.4. Red de Categorías fundamentales	10
2.4.1. Gráficos de inclusión interrelacionados	10
2.4.2. Dimensiones y tolerancias para el diseño mecánico	10
2.4.3. Materiales.....	11
2.4.4. Análisis de esfuerzos.....	11
2.4.5. Sistema de secado de estampados	37

2.4.6.	Tipos de telas para estampados	41
2.4.7.	Sistema eléctrico	47
2.4.8.	Sistema térmico	51
2.4.9.	Tiempos de producción	54
2.4.10.	Procesos de producción	56
2.4.11.	Organización de plantas industriales	57
2.5.	Hipótesis	58
2.6.	Señalamiento de variables	58
2.6.1.	Variable independiente.....	58
2.6.2.	Variable dependiente.....	58
2.6.3.	Término de relación	58
3.	METODOLOGÍA	59
3.1.	Enfoque de la investigación	59
3.1.1.	Modalidad Básica de la investigación.....	59
3.2.	Nivel o tipo de investigación.....	60
3.2.1.	Investigación exploratoria.....	60
3.3.	Población y muestra	60
3.3.1.	Población.....	60
3.3.2.	Muestra.....	61
3.4.	Operacionalización de variables.....	62
3.4.1.	Variable independiente: Sistema de secado de estampados.....	62
3.4.2.	Variable dependiente: Reducir tiempos de producción	63
3.5.	Plan de recolección de información	64
3.6.	Procesamiento y análisis	64
3.7.	Análisis e interpretación de los resultados	64
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	65
4.1.	Análisis de resultados	65
4.1.1.	Parámetros de funcionamiento.....	65

4.2.	Interpretación de datos	66
4.2.1.	Selección de un modelo adecuado de sistema de secado	66
4.2.2.	Costo	68
4.2.3.	Tecnología.....	74
4.2.4.	Espacio	76
4.2.5.	Número de Prendas	77
4.2.6.	Manejo.....	77
4.3.	Flujograma de procesos de producción:	80
4.3.1.	Cursograma de simbología del proceso de producción con secado manual	81
4.4.	Pruebas de secado.....	82
4.4.1.	Secado manual	82
4.4.2.	Secado en el horno eléctrico	85
4.5.	Interpretación de datos	88
4.6.	Verificación de la hipótesis	89
4.6.1.	Cursograma de simbología del proceso de producción secado con horno eléctrico.....	91
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.1.	Conclusiones	92
5.2.	Recomendaciones	93
6.	PROPUESTA.....	95
6.1.	Datos informativos	95
6.1.1.	Institución ejecutora	95
6.1.2.	Beneficiarios	95
6.1.3.	Ubicación	95
6.1.4.	Tiempo estimado para la ejecución.....	95
6.1.5.	Equipo técnico responsable.....	96
6.1.6.	Costo	96
6.2.	Antecedentes de la propuesta	96

6.3.	Justificación.....	96
6.4.	Objetivos	97
6.4.1.	Objetivo general	97
6.4.2.	Objetivos específicos	97
6.5.	Análisis de factibilidad	97
6.6.	Fundamentación	98
6.6.1.	Dimensiones del horno eléctrico.....	98
6.6.2.	Potencia necesaria	99
6.6.3.	Características del material en el horno eléctrico	99
6.6.4.	Características del material a secar	99
6.6.5.	Vida útil de horno eléctrico.....	100
6.6.6.	Mantenimiento	101
6.6.7.	Costo	101
6.6.8.	Flexibilidad	101
6.6.9.	Sistemas constituyentes del horno eléctrico.....	101
6.7.	Cálculos:.....	102
6.7.1.	Inercia.....	102
6.7.2.	Velocidad angular	103
6.7.3.	Aceleración angular	104
6.7.4.	Torque	105
6.7.5.	Potencia requerida.....	105
6.7.6.	Potencia del motor.....	106
6.7.7.	Banda transportadora	107
6.7.8.	Sistema de transmisión.....	111
6.7.9.	Posición de los ejes de la banda transportadora.....	121
6.7.10.	Diseño del eje motriz de la banda transportadora	122
6.7.11.	Eje conducido de la banda transportadora.....	139
6.7.12.	Rodamientos	146
6.7.13.	Estructura de la banda transportadora	154
6.7.14.	Cámara térmica.....	164
6.7.15.	Cálculos de la cantidad de calor suministrada por el sistema ...	165

6.7.16.	Tiempo en el cual la carga llega a la temperatura de 200 °C.....	173
6.7.17.	Cálculo de las resistencias	175
6.8.	Metodología.....	177
6.8.1.	Construcción de estructura.....	177
6.8.2.	Construcción de la banda transportadora	178
6.8.3.	Construcción cámara térmica.....	183
6.8.4.	Circuito de potencia y control	184
6.9.	Administración	185
6.9.1.	Análisis de costos.....	185
6.9.2.	Financiamiento.....	189
6.10.	Previsión de la evaluación	190
6.10.1.	Evaluación y puesta a punto del Horno eléctrico	190
6.10.2.	Pruebas de los elementos que conforman el horno eléctrico.....	191
6.10.3.	Plan de pruebas.....	191
6.10.4.	Pruebas del sistema de secado con el horno eléctrico	193
6.10.5.	Manual de mantenimiento	195
6.10.6.	Conclusiones y recomendaciones.....	196
	BIBLIOGRAFÍA.....	199

Figura 1:	Categorías Fundamentales.....	10
Figura 2:	Comportamiento de una viga a flexión	13
Figura 3:	Comportamiento de una viga a esfuerzos cortantes	13
Figura 4:	Torsión barra de sección circular	14
Figura 5:	Diagrama de los Criterios de Falla a Fatiga	23
Figura 6:	Nomenclatura de un cojinete.....	26
Figura 7:	Cadena de casquillos fijos.....	28
Figura 8:	Cadena de rodillo	29
Figura 9:	Tipos de cadenas de carga.....	29
Figura 10:	Movimiento de la cadena sobre la rueda dentada	30
Figura 11:	Esfuerzo durante el engrane de la cadena en la rueda.....	32

Figura 12: Coeficiente K_1	35
Figura 13: Coeficiente K_2	35
Figura 14: Coeficiente K_3	36
Figura 15: Coeficiente K_5	37
Figura 16: Horno para serigrafía Infrarrojo Modelo D8-30	38
Figura 17: Horno Alfa Eléctrico FENIX	39
Figura 18: Horno Alfa de Gas FENIX.....	39
Figura 19: Horno de banda sin fin Air Blaze -Pony Dryer.....	40
Figura 20: Estampado con tinta acuosa a base de agua	46
Figura 21: Estampado con tinta plastisol.....	47
Figura 22: Estructura de un Motorreductor	48
Figura 23: Diagrama de Funcionamiento de un variador de frecuencia.....	50
Figura 24: Resistencias Eléctricas	51
Figura 25: Banda de fibra de vidrio/teflón.....	54
Figura 26: Horno Alfa de Gas.....	82
Figura 27: Actividades realizadas en el secado manual	83
Figura 28: Actividades realizadas con el horno eléctrico	86
Figura 29: Forma de tomar las medidas de una camiseta	100
Figura 30: Tensiones de la banda	107
Figura 31: Momentos torsores	121
Figura 32: Momentos torsores	122
Figura 33: Descomposición de fuerzas	124
Figura 34: Descomposición de las fuerzas del eje motriz plano (x;y).....	125
Figura 35: Diagrama de la fuerza cortante del eje motriz plano (x;y).....	127
Figura 36: Diagrama del momento flector del eje motriz plano (x;y).....	129
Figura 37: Descomposición de las fuerzas del eje motriz plano (x;z).....	130
Figura 38: Diagrama de la fuerza cortante del eje motriz plano (x;z).....	132
Figura 39: Diagrama del momento flector del eje motriz plano (x;z).....	134
Figura 40: Descomposición de las fuerzas del eje conducido plano (x;y).....	139
Figura 41: Diagrama de la fuerza cortante del eje conducido plano (x;y).....	141
Figura 42: Diagrama del momento flector del eje conducido plano (x;y).....	143
Figura 43: Fuerzas radiales eje motriz.....	146

Figura 44: Fuerzas radiales eje motriz.....	151
Figura 45: Estructura	154
Figura 46: Diagrama de reacciones y momentos de la viga	155
Figura 47: Diagrama de la fuerza cortante de la viga.....	156
Figura 48: Diagrama del momento flector de la viga.....	158
Figura 49: Diagrama de la columna.....	161
Figura 50: Esquema para el cálculo del espesor de paredes	166
Figura 51: Perfil estructural cuadrado	177
Figura 52: Perfil estructural en U	178
Figura 53: Perfil en U alojamientos.....	178
Figura 54: Chumacera de pared	179
Figura 55: Soporte eje conducido	179
Figura 56: Chumacera de piso	180
Figura 57: Perno templador	180
Figura 58: Banda textil	181
Figura 59: Catarina motriz.....	181
Figura 60: Catarina motriz.....	182
Figura 61: Cadena.....	182
Figura 62: Soporte motorreductor.....	183
Figura 63: Estructura cámara térmica.....	184
Figura 64: Conexión potencia.....	184
Figura 65: Conexión cámara térmica.....	185
Gráfico 1: Cantidad de camisetas estampadas secas (forma manual).....	88
Gráfico 2: Cantidad de camisetas estampadas secas (horno eléctrico).....	89
Gráfico 3: Secado manual vs horno eléctrico	90
Tabla 2. 1: Parámetros en el factor de la condición superficial	21
Tabla 2. 2: Efectos de la temperatura de Operación en resistencia a la tensión del acero	22
Tabla 2. 3: Factores de Confiabilidad	22
Tabla 2. 4: Norma DIN 8196 Número de dientes normalmente empleados.....	31
Tabla 2. 5: Coeficiente K_4	36

Tabla 2. 6: Propiedades técnicas del algodón	42
Tabla 2. 7: Propiedades técnicas del Nylon	43
Tabla 2. 8: Propiedades técnicas del poliéster	44
Tabla 2. 9: Tipos de termocuplas	52
Tabla 2. 10: Linealización de la termocupla	53
Tabla 3. 11 : Operacionalización de la variable independiente	62
Tabla 3. 12: Operacionalización de la variable dependiente	63
Tabla 4. 13: Valores asignados para la tabulación de ponderaciones.....	67
Tabla 4. 14: Evaluación del peso específico de cada criterio	68
Tabla 4. 15: Banda Transportadora costo estimado.....	69
Tabla 4. 16: Fuente de Calor costo estimado	69
Tabla 4. 17: Estructura costo estimado	70
Tabla 4. 18: Túnel de Secado UV costo estimado	70
Tabla 4. 19: Banda Transportadora costo estimado	71
Tabla 4. 20: Fuente de Calor costo estimado	71
Tabla 4. 21: Estructura costo estimado	72
Tabla 4. 22 : Horno Alfa de Gas costo estimado.	72
Tabla 4. 23: Banda Transportadora costo estimado.....	73
Tabla 4. 24: Fuente de Calor costo estimado	73
Tabla 4. 25: Estructura costo estimado	73
Tabla 4. 26: Horno Eléctrico costo estimado.....	74
Tabla 4. 27: Evaluación del Peso Específico del Criterio Costo	74
Tabla 4. 28: Tecnología de los componentes de cada alternativa.....	75
Tabla 4. 29: Evaluación del Peso Específico del Criterio Tecnología.....	76
Tabla 4. 30: Espacio necesario para la máquina	76
Tabla 4. 31: Evaluación Del Peso Específico del Criterio Espacio	76
Tabla 4. 32: Evaluación Del Peso Específico del Criterio Número de Prendas..	77
Tabla 4. 33: Evaluación Del Peso Específico del Criterio Manejo.....	77
Tabla 4. 34: Resultados de la Ponderación	78
Tabla 4. 35: Prueba de Secado Manual.....	83
Tabla 4. 36: Prueba de Secado Manual.....	85
Tabla 4. 37: Prueba de secado con el horno eléctrico	87

Tabla 4. 38: Comparación de los tipos de secado	89
Tabla 6. 39: Características del material a secar	100
Tabla 6. 40: Cálculo de Inercias.....	102
Tabla 6. 41: Iteración de número de eslabones	116
Tabla 6. 42: Extracto del ANEXO A4, tabla de velocidades máximas de la cadena	118
Tabla 6. 43: Carga de la viga	154
Tabla 6. 44: Carga de la estructura	161
Tabla 6. 45: Costos directos	186
Tabla 6. 46: Costos mano de obra.....	187
Tabla 6. 47: Costos maquinaria y herramientas	188
Tabla 6. 48: Costos varios	188
Tabla 6. 49: Costo total	189
Tabla 6. 50: Pruebas de secado de camisetas estampadas	194

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación “Estudio de un sistema de secado de camisetas estampadas para reducir los tiempos de producción en la Fábrica Technology de la Provincia de Tungurahua Cantón Ambato” tiene como objetivo principal implementar un horno de secado a las líneas de producción, para así; agilizar los tiempos de producción teniendo un secado uniforme de la prenda y poder estar acorde con las exigencias del mercado nacional.

Por medio de la información recopilada y un análisis ponderado en el cual se consideró aspectos como costo, tecnología, espacio, número de prendas y manejo, se pudo hacer la elección de un horno eléctrico que por sus características y funcionamiento, sus elementos que conforman el sistema y la manera de operación junto con el trabajo que realizarán cada uno de ellos, se pudo acoplar fácilmente a las líneas de producción.

Una vez realizado el diseño de la máquina se procedió a adquirir sus componentes y se realiza un análisis económico y así determinar un costo de construcción aproximado del sistema de secado de camisetas estampadas. Al finalizar el proyecto se presenta la selección del material y elementos, como también se anexará los planos y especificaciones de su construcción.

En la elección final trata de un horno eléctrico con banda transportadora para realizar el secado de camisetas estampadas, se considerará como elemento primordial su cámara térmica la cual consta de una resistencia eléctrica de 3000 W y una termocupla con la cual se controlará la temperatura en su interior, seguido de una banda transportadora de teflón con fibra de vidrio que será la encargada de transportar la camiseta estampada hacia la cámara térmica su velocidad está controlada por medio de un variador de frecuencia SIEMENS.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación

“Estudio de un sistema de secado de camisetas estampadas para reducir los tiempos de producción en la fábrica Technology de la provincia de Tungurahua cantón Ambato”

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Contextualización

A nivel nacional, los sectores industriales tienden a elevarse, especialmente la industria gráfica y de serigrafía, para ello el requerimiento de abastecer a la empresa con maquinaria de nueva tecnología es de vital importancia, ya que la competitividad de las empresas de serigrafía están adaptando a sus instalaciones con maquinaria, a la vez que forman a sus empleados, con el fin de flexibilizar y optimizar sus procesos productivos, satisfaciendo las demandas que exige el mercado.

En los últimos años la serigrafía ha sufrido una profunda transformación con la llegada e implantación de la impresión digital a la mayoría de talleres.

Debemos recordar que siendo una técnica milenaria, los últimos avances han desplazado a la impresión digital muchas de las aplicaciones que hasta hace bien poco sólo podían hacerse por serigrafía.

En su momento, dentro del sector de las artes gráficas, la serigrafía representó un sector importante y en algunos aspectos puntero, experimentando un crecimiento que desbordó las previsiones de los más optimistas.

A modo de ejemplo de sus muchas vertientes podemos citar el auge que tuvo en los años 70, y que perdura en la actualidad, la denominada ‘serigrafía artística’.

Sin embargo, en sí la aplicación de la técnica de la serigrafía ha experimentado un cierto retroceso, cediendo paso a las impresoras digitales, tarea que ha supuesto una adaptación por parte de los profesionales de la serigrafía a las nuevas técnicas y en consecuencia, perdiendo parte del componente de lo que denominaríamos ‘oficio’ de la serigrafía, dando paso a unas tareas que requieren de nuevos y diferentes perfiles profesionales.

De todas formas, hay que dejar constancia de que la serigrafía ocupa y ocupará a sectores y aplicaciones que única y exclusivamente pueden ser llevadas a cabo por esta técnica. Por lo tanto, el futuro es sin duda optimista, una vez reconocidas las virtudes y defectos de la impresión digital y las aplicaciones que no pueden ni podrán hacerse de otra manera que no sea por serigrafía.

Además, la aparición de nuevos soportes en el mundo tecnológico-industrial llevará consigo que la serigrafía y la impresión digital desarrollen y amplíen nuevas tendencias tecnológicas, a saber la más adecuada para estas nuevas aplicaciones innovadoras.

A nivel de la provincia, Screen Printing o Serigrafía Buestan es una de las empresas líderes en el ámbito de la serigrafía que lleva por más de diez años desde su fundación en la ciudad de Ambato, con el único objetivo de mejorar el servicio y cambiar el concepto de este arte.

Para satisfacer las necesidades de los clientes nacionales se han abastecido de maquinaria para la línea gráfica y textil, capacitando a su personal para dar servicio

técnico de las mismas, ya que su distribución es de gran demanda en el mercado, para seguir en camino a mejorar la serigrafía tienden a estar a la par con nuevas tecnologías que actualmente requiere la maquinaria industrial.

La Fábrica Technology, mediante su representante legal Néstor Tubón ha manifestado que lleva en el mercado del estampado o serigrafía por varios años, en este tiempo ha brindado este servicio de forma artesanal, lógicamente sus procesos conllevan la inversión de tiempo notable ya que todo se lo realiza de forma manual. Por lo mismo su producción se ve reducida y no pueda satisfacer la demanda exigida por sus clientes.

La serigrafía realizada de forma manual a más de tener problemas de tiempos, en muchos casos la materia prima es malgastada por un proceso realizado de manera errónea, produciendo pérdidas económicas o productos de baja calidad. Por ello se ve la necesidad de realizar la presente investigación tratando de buscar la manera adecuada para reducir los tiempos de secado que puedan satisfacer la necesidad de la fábrica Technology.

1.2.2. Análisis crítico

La demanda del mercado crece a diario, y su exigencia es mayor, por lo cual las empresas deben adaptarse a nuevos procesos que mejoren su producción, por esto, la mayoría de las empresas que se dedican a la serigrafía tienen la necesidad de mejorar sus procesos y líneas de producción controlados con sistemas modernos con el fin de lograr un buen funcionamiento y estar a la par con la competencia.

El principal inconveniente en las empresas dedicadas a la serigrafía es que se lo realiza de manera manual, y esto lógicamente disminuye sus tiempos de producción y con dificultad pueden satisfacer la gran demanda que exige el mercado. Con la introducción de una máquina industrial, se podrá implantar nuevas tecnologías en las empresas y así mejorar la producción y logrando que el producto sea de mayor calidad, también se puede reducir los desperdicios y con esto se podrá optimizar

recursos, por ello es de gran importancia el implementar sistemas capaces de dar al cliente la seguridad y confiabilidad al adquirir el producto, lanzando al mercado un producto que satisfaga los estándares de calidad establecidos, con un precio módico que será accesible al consumidor, lógicamente esto permitirá obtener un mayor ingresos puesto que la salida al mercado será mayor.

Al realizar la investigación del presente proyecto se ha determinado que en la Industria Ecuatoriana existen varias empresas que se dedicadas a la serigrafía, donde el inconveniente de mayor índole es su manera artesanal de trabajar ya que no cuentan con maquinaria adecuada y de una tecnología retrasada, por esto, el producto final obtenido puede ser calificado como de baja calidad. Por lo cual el desarrollo de la investigación está proyectada a poder brindarle al fabricante una alternativa de solución, optando por utilizar maquinaria módica y con tecnología proyectada hacia la mejora del producto, con esta implantación se dará al operario la facilidad de adquisición de lo que será un gran avance tecnológico para su fábrica.

1.2.3. Prognosis

En vista que la Fábrica Technology necesita contar con maquinaria de nueva tecnología, si no se realiza el estudio de un sistema de secado de estampados de camisetas, se estaría negando la posibilidad a la industria ecuatoriana de ir a la par con los nuevos productos en maquinaria tecnológica, con ello se estará imposibilitando lograr reducir sus tiempos de producción e impidiendo obtener un producto confiable y de mejores características lo cual conllevará a no cumplir con los estándares establecidos.

Hoy en día las empresas industriales para poder ser competitivas deben contar con maquinaria de buena calidad y con tecnología de punta, con el implemento de un sistema de secado, ayudarán a reducir tiempos de producción y se podrá contar con los requerimientos exigidos, obteniendo así mejores resultados y lanzar al mercado un producto de calidad satisfaciendo las exigencias del consumidor.

1.2.4. Formulación del problema

¿El sistema inadecuado de secado de camisetas estampadas, incide en los tiempos, calidad y procesos de producción en la fábrica Technology?

1.2.5. Preguntas directrices

¿Qué aspectos deberían ser considerados en la elección de un sistema de secado para estampados de camisetas?

¿Es posible mejorar los tiempos de secado aplicado a los estampados?

¿Cuál será el sistema apropiado de secado de estampados de camisetas en la Fábrica Technology de la Provincia de Tungurahua Cantón Ambato?

1.2.6. Delimitación del objeto de investigación

En el desarrollo del proyecto de investigación es importante delimitar los intervalos de tiempos, lugares y fechas que se conocerán con el resultado de esta investigación, para lo cual se procede a una delimitación por el contenido, espacial y temporal que se describen a continuación.

1.2.6.1. Delimitación por contenido

Campo:

✓ Ingeniería Mecánica

Área:

✓ Diseño de elementos mecánicos I, II

✓ Ciencias de Materiales

✓ Soldadura

1.2.6.2. Delimitación espacial

La investigación se la realizará en la Fábrica Technology de la Provincia Tungurahua Cantón Ambato, como también se dará uso de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, ya que en ella se realizarán consulta en libros que contribuyan con la investigación del tema propuesto.

1.2.6.3. Delimitación temporal

Este estudio se realizará en el período comprendido entre los meses de Noviembre de 2014 a Abril de 2015.

1.3. Justificación

La constante tendencia de mejorar la calidad del producto ofrecido en el mercado justifica la importancia del desarrollo del tema de investigación, ya que con la implementación de un sistema de secado, se logrará reducir los tiempos de producción.

Por otra parte con el desarrollo de este proyecto de investigación se pretende incentivar para el desarrollo de nuevas maquinarias tecnológicas, que permita contribuir con los productores nacionales mejorando sus procesos de producción y reducir sus costos de manufactura.

Esto se estaría llegando a realizar por medio de la aplicación de aquellos conocimientos que fueron adquiridos durante la carrera, así como será de gran ayuda la investigación previa, logrando de esta manera implementar maquinaria de nueva tecnología, que serán de gran aporte para mejorar y reducir tiempos de producción.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Estudiar los sistemas de secado de estampados de camisetas para reducir los tiempos de producción en la Fábrica Technology.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los principales aspectos que serán considerados en la elección de un sistema de secado de estampados de camisetas.
- Determinar el tiempo que conlleva realizar el proceso de secado de estampados de camisetas.
- Plantear un sistema alternativo de solución.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes De investigación

Para respaldar el presente proyecto, se basará en investigaciones referentes al tema, las cuales se realizaron con anterioridad, a continuación se citan las de mayor relieve:

➤ Ruiz, M y Sánchez, J. (2012). Diseño y construcción de un horno convectivo automático de alimentación continua para el proceso de carbonizado de 60 kg/día de lana para la empresa ESPAEX. (Tesis inédita de ingeniería). Escuela Politécnica del Ejército Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecatrónica.

Conclusión: Se planteó un control secuencial, lo que asegura que el horno en un inicio llegue a la temperatura requerida y que al ser apagado no se quede ningún material restante dentro del horno.

➤ Gutiérrez Santana, L. (2002). Evaluación del potencial de las energías pasivas para el secado de ropa. (Tesis ingeniería). Universidad de Colima Facultad de Ingeniería de Arquitectura y Diseño

Conclusión: Respecto a los resultados de experimentos realizados donde se alteraron periódicamente ambos factores en lapsos de tiempos diferentes, al dejar actuar uno de los factores de forma continua y alterar el otro cada 20 minutos se logró un secado efectivo en ambos casos.

➤ Pozo Suárez, I. (2010). Diseño térmico para un horno solar de secado de madera. (Tesis de ingeniería). Universidad Veracruzana Facultad De Ingeniería Mecánica Eléctrica

Conclusión: Se concluyó que la importancia del aislante en los hornos solares es de que mantienen la temperatura constante por mucho más tiempo reduciendo las pérdidas de calor y asegurando que la temperatura en el exterior de la cámara no será muy elevada.

2.2. Fundamentación filosófica

La presente investigación, trata sobre el estudio de un sistema de secado de estampados de camisetas para reducir los tiempos de producción en la Fábrica Technology, es un desarrollo critico-propositivo, el cual se basará en un problema existente en la producción Serigráfica, sin olvidar el propósito de ser de esta máquina, que es poder llegar a agilizar los tiempos de secado, optimizando así la calidad del producto a ser comercializado.

2.3. Fundamentación legal

La presente investigación se basará en Normas Técnicas nacionales e internacionales como son las siguientes:

- CPE INEN 003:89 Código de dibujo técnico, mecánico
- International Standards Organization (ISO 9001)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- American Society of Testing and Materials (ASTM)

2.4. Red de Categorías fundamentales

2.4.1. Gráficos de inclusión interrelacionados

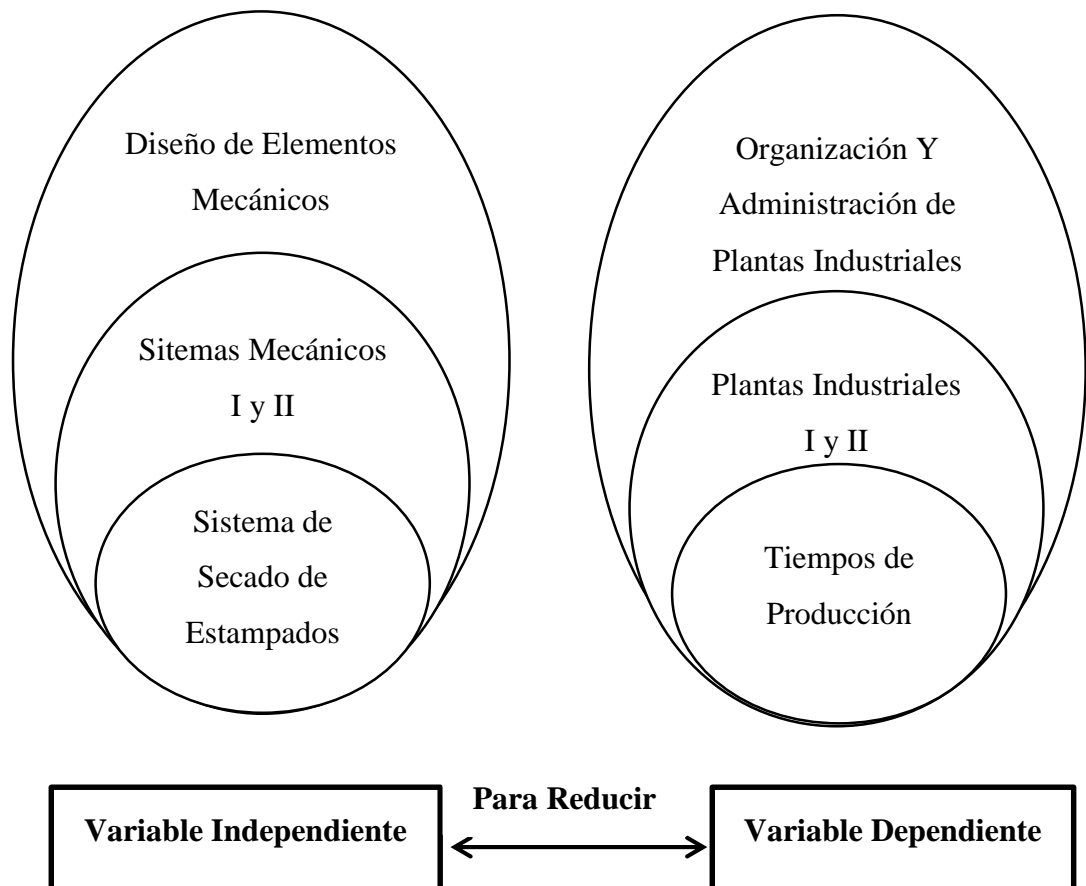


Figura 1: Categorías Fundamentales

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

2.4.2. Dimensiones y tolerancias para el diseño mecánico

Para el Diseño Mecánico por lo general se usan los siguientes términos para su dimensionamiento:

- **Tolerancia:** Diferencia entre dos límites
- **Interferencia:** En el acoplamiento de las partes cilíndricas donde el elemento interno es mayor que el elemento externo.

- **Holgura:** Acoplamiento de las partes cilíndricas entre un perno y un agujero, esta palabra es empleada cuando, el diámetro del elemento interno es menor que el elemento externo.
- **Margen:** Es la holgura mínima o la interferencia máxima establecida para las partes ensambladas.
- **Tamaño Nominal:** Designación que se le da al tamaño de un elemento.
- **Límites:** Dimensiones Máximas y Mínimas designadas para el diseño.

2.4.3. Materiales

RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Parte 2, Materiales, 8a Edición, México, McGraw HILL afirma:

Para la construcción de una máquina o elemento mecánico estructural, la selección del material, es una de las decisiones de mayor importancia que deberá tomar el diseñador. Esto se lo suele hacer previo al dimensionamiento de la parte o las partes a diseñar, después de realizar este análisis se podrá ejecutar la construcción de manera que se evite la pérdida de funcionalidad o ya sea que se mantenga a un nivel de riesgo aceptable.

2.4.4. Análisis de esfuerzos

2.4.4.1. Esfuerzos uniformemente distribuidos

Según RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Capítulo 3, Análisis de carga y esfuerzo, páginas 84-98, 8a Edición, México, McGraw HILL afirma que:

“Para el diseño se adopta el supuesto de una distribución uniforme del esfuerzo, a lo que normalmente se le llama tensión pura o cortante puro, esto dependerá de cómo se aplique la carga externa al cuerpo en estudio” (p87-98).

También se suele usar la palabra simple en lugar de puro, esto indica que no hay efectos que compliquen el estado, así nos indica que el esfuerzo está uniformemente distribuido y se calculará por medio de la ecuación 2.1

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

En donde:

σ : Esfuerzo Normal [MPa]

F: Fuerza [N]

A: Área [m²]

Hay que mencionar que la ecuación anterior es válida para la compresión simple, una barra esbelta a compresión falla por el pandeo, la misma que debe ser verificada antes de hacer uso de la ecuación 2.2

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (2.2)}$$

En donde:

τ : Esfuerzo Cortante [MPa]

F: Fuerza [N]

A: Área [m²]

2.4.4.2. Esfuerzos normales por flexión en vigas

Es directamente proporcional a la distancia y desde el eje neutro al momento flexionante M, determinada por la ecuación 2.3

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad \text{Ec. (2.3)}$$

En donde:

σ : Esfuerzo por Flexión Máximo [MPa]

M: Momento Flexionante Máximo [N.m]

S: Módulo de sección [m]

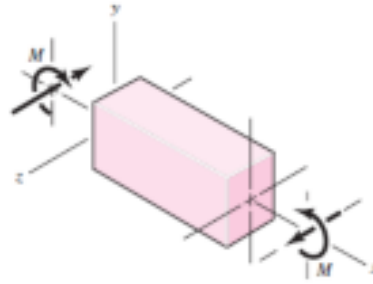


Figura 2: Comportamiento de una viga a flexión

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8a Edición, México

2.4.4.3. Esfuerzos cortantes en vigas

En la figura 2.3 trata sobre una viga de sección transversal constante, sometida a una fuerza cortante V y momento flexionante M, con el análisis de la viga se obtiene la ecuación 2.4

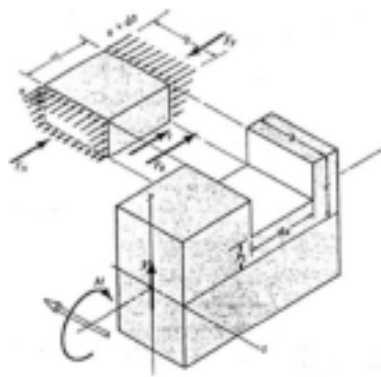


Figura 3: Comportamiento de una viga a esfuerzos cortantes

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8a Edición, México

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot b} \quad \text{Ec. (2.4)}$$

En donde:

τ : Esfuerzo Cortante [N/m²]

V: Fuerza Cortante [N]

Q: Momento Estático del Área

I: Momento de Inercia de Sección [m⁴]

b: Ancho del Área [m]

Esfuerzo cortante sección rectangular:

$$\tau_{max} = \frac{3V}{2A} \quad Ec. (2.5)$$

Esfuerzo cortante sección circular maciza:

$$\tau_{max} = \frac{4V}{3A} \quad Ec.(2.6)$$

2.4.4.4. Torsión

Como se muestra en la figura 2.4 el momento torsionante T y los vectores momento torsionante que se aplica a una barra

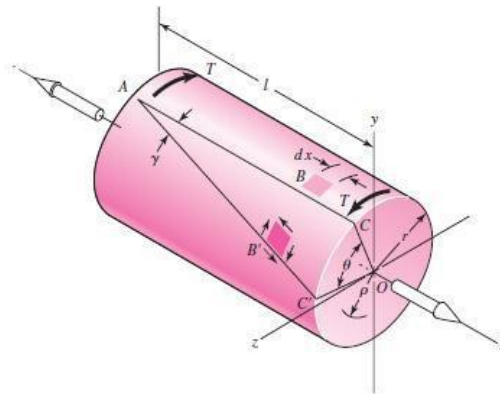


Figura 4: Torsión barra de sección circular

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8a Edición, México

Para calcular el momento polar de inercia y esfuerzo cortante en secciones diferentes se lo hará mediante las ecuaciones que se mencionan a continuación:

Eje sección circular macizo Ecuación 2.7

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad Ec. (2.7)$$

Eje sección circular hueca Ecuación 2.8

$$\tau = \frac{16TD}{\pi(D^4 - d^4)} \quad \text{Ec. (2.8)}$$

Sección rectangular Ecuación 2.9

$$\tau = \frac{T}{wt^2} \left(3 + 1.8 \frac{t}{w} \right) \quad \text{Ec. (2.9)}$$

En donde:

W: lado mayor

t: lado menor

Por medio de las siguientes ecuaciones se determinará el momento torsor a partir de la potencia a transmitir y velocidad del eje rotatorio.

$$H = \frac{2\pi T.n}{(33000)(12)} = \frac{F.V}{33000} = \frac{T.n}{63000} \quad \text{Ec. (2.10)}$$

$$T = \frac{63000H}{n} \quad \text{Ec. (2.11)}$$

En donde:

H: Potencia [HP]

T: momento torsión [lb.pulg]

F: Fuerza en la Superficie Exterior [lb]

V: Velocidad Periférica [pies/min]

n: Velocidad de Rotación [rpm]

En caso de usar unidades SI, se deberá aplicar la ecuación 2.12

$$P = T \cdot \omega \quad \text{Ec. (2.12)}$$

En donde:

P: Potencia [W]

T: momento de torsión [N.m]

ω : velocidad angular [rad/s]

2.4.4.5. Resistencia estática

RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Parte 2, Capítulo 5, Fallas resultantes de carga Estática, 8a Edición, México, McGraw HILL afirma que:

Al diseñar cualquier elemento de una máquina se deberán tener en cuenta realizar pruebas de resistencia del material que fue seleccionado, teniendo en cuenta su tamaño, tratamiento térmico, acabado superficial como también se las deberá someter a las mismas pruebas y condiciones de trabajo. (p.208 -228)

- **Factor de Seguridad**

Se la determinará mediante la ecuación 2.13

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{Ec. (2.13)}$$

En donde:

S_y: Resistencia del Material [MPa]

σ : Esfuerzo Máximo por Flexión [MPa]

2.4.4.6. Teoría del esfuerzo normal máximo

Nos dice que la falla ocurre cuando el esfuerzo principal mayor sea igual a la resistencia, suponiendo que se ordenan los tres esfuerzos principales para cualquier estado de esfuerzo en la forma:

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3 \quad \text{Ec. (2.14)}$$

Si la fluencia fuera el criterio de falla, esta teoría anticipa que el desperfecto sucede siempre que: (Materiales dúctiles)

$$\sigma_1 = S_{yt} \text{ o ya sea } \sigma_3 = -S_{yc} \quad \text{Ec. (2.15)}$$

En la que S_{yt} y S_{yc} son las resistencias de fluencia a la tensión y compresión. Al usar la resistencia última, como en el caso de los materiales frágiles, la falla ocurrirá siempre que: (Materiales frágiles)

$$\sigma_1 = S_{ut} \text{ o ya sea } \sigma_3 = -S_{uc} \quad \text{Ec. (2.16)}$$

En la que S_{ut} y S_{uc} son las resistencias últimas a la tensión y compresión. Su factor de seguridad se la determinará por la ecuación 2.17

$$n = \frac{S_y}{\sigma_1} \quad \text{Ec. (2.17)}$$

2.4.4.7. Teoría de esfuerzo cortante máximo

Nos dice que inicia la fluencia siempre que, en un elemento mecánico, el esfuerzo cortante máximo se vuelve igual al esfuerzo cortante máximo en una probeta a tensión cuando ese espécimen empieza a ceder.

El esfuerzo cortante máximo se lo determina por la ecuación 2.18

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{S}{2} \quad \text{Ec. (2.18)}$$

El esfuerzo cortante máximo por torsión pura se lo determina por la ecuación 2.19

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \quad \text{Ec. (2.19)}$$

La teoría del esfuerzo cortante máximo predice que la falla se producirá siempre que:

$$\tau_{max} = \frac{S_y}{2} \text{ o ya sea } \sigma_1 - \sigma_3 = S_y \quad \text{Ec. (2.20)}$$

Su factor de seguridad se determina por la ecuación 2.21

$$n = \frac{S_y}{\sigma_1 - \sigma_3} \quad \text{Ec. (2.21)}$$

2.4.4.8. Teoría de la energía de distorsión

Llamada también energía cortante o teoría de Von Mises Hencky, se la usa solo para definir el principio de fluencia, se la determina por la ecuación 2.22

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad \text{Ec. (2.22)}$$

En donde:

σ' : Esfuerzo de Von Mises [MPa]

σ_x : Esfuerzo por Flexión Máximo [MPa]

τ_{xy} : Esfuerzo por Torsión Máximo [MPa]

Su factor de seguridad se lo determina por la ecuación 2.23

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \text{Ec. (2.23)}$$

En donde:

σ' : Esfuerzo de Von Mises [MPa]

S_y : Resistencia del Material [MPa]

2.4.4.9. Diseño por resistencia a fatiga

RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Capítulo 6, Fallas por fatiga resultantes de carga variable, 8ª Edición, México, McGraw HILL afirma que:

“En la determinación de las propiedades de los materiales que se relacionan con el diagrama esfuerzo-deformación, la carga se aplica en forma gradual y así proporcionar suficiente tiempo con el fin que la deformación se desarrolle en su totalidad” (p.258-299).

Para predecir una falla por fatiga es necesario determinar el límite de resistencia de fatiga S_e' que tiene el material.

En Materiales Dúctiles (aceros)

$$S_e' = 0,5 S_{sut} \quad S_{sut} \leq 200 \text{ Kpsi (1400MPa)} \quad Ec. \quad (2.24)$$

$$S_e' = 100 \text{ Kpsi} \quad S_{sut} > 200 \text{ Kpsi (1400MPa)} \quad Ec. \quad (2.25)$$

En materiales Frágiles (hierros fundidos)

$$S_e' = 0,45 S_{sut} \quad S_{sut} \leq 88 \text{ Kpsi (600MPa)} \quad Ec. \quad (2.26)$$

$$S_e' = 40 \text{ Kpsi} \quad S_{sut} > 88 \text{ Kpsi (600MPa)} \quad Ec. \quad (2.27)$$

La resistencia de un material para un determinado número de ciclos, es decir su resistencia a fatiga se la determina por la ecuación 2.28

$$S_f = aN^b \quad Ec. (2.28)$$

En donde:

S_f : Resistencia a Fatiga [MPa]

N: Número de

a y b: constantes

Para calcular las constantes mencionadas usaremos las siguientes ecuaciones:

$$a = \frac{(f \cdot S_{sut})^2}{S_e} \quad Ec. (2.29)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{(f \cdot S_{ut})}{S_e} \quad \text{Ec. (2.30)}$$

En un análisis conservador usar, $S_{ut} < 70$ Kpsi, $f = 0.9$

2.4.4.10. Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga

Para las condiciones mencionadas se emplea una diversidad de factores de modificación, en la que cada uno de ellos corresponde a un solo efecto.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S_e' \quad (\text{Ec. 2.31})$$

En donde:

K_a : Factor de Modificación de la Condición Superficial

K_b : Factor de Modificación del Tamaño

K_c : Factor de Modificación de la Carga

K_d : Factor de Modificación de la Temperatura

K_e : Factor de Confiabilidad

K_f : Factor de Modificación de Efectos Varios

S_e : Límite de Resistencia a la Fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina en la geometría y condición de uso [MPa]

S_e' : Límite de Resistencia a la Fatiga en Vira Rotatoria [MPa]

- **Factor de Superficie K_a**

Dependerá de la calidad de acabado superficial y de la resistencia a tensión, Con el fin de determinar expresiones cuantitativas para acabados comunes de parte de máquinas, las coordenadas de los puntos de datos se recopilaron de una gráfica del límite de resistencia a la fatiga contra la resistencia última a la tensión y se la determina por la ecuación 2.32

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b \quad \text{Ec. (2.32)}$$

En donde:

S_{ut} : Resistencia Mínima a la Tensión [MPa]

a y b: Valores a leer en la siguiente tabla

Tabla 2. 1: Parámetros en el factor de la condición superficial

Surface Finish	Factor a		Exponent b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hotrolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8a Edición, México

- **Factor de tamaño K_b**

Los tamaños para flexión y torsión se los determina por la ecuación 2.33

$$K_b = \begin{cases} \left(\frac{d}{0.3}\right)^{-0.107} = 0,879d^{-0.107} & 0,11 \leq d \leq 2plg \\ 0,91d^{-0.157} & 2 \leq d \leq 10plg \\ \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0.107} = 1,24d^{-0.107} & 2,79 \leq d \leq 51mm \\ 1,51d^{-0.157} & 1 \leq d \leq 254mm \end{cases} \quad Ec. (2.33)$$

- **Factor de modificación de carga K_c**

Al realizar ensayos a fatiga con carga de flexión rotatoria, axial y de torsión, los límites de resistencia a la fatiga con S_{ut} se determinan en la siguiente tabla.

$$K_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0,85 & \text{axial} \\ 0,59 & \text{torsión} \end{cases}$$

- **Factor de temperatura K_a**

Cuando las temperaturas de operación son menores que la temperatura ambiente, la fractura frágil es una posibilidad fuerte, por lo que se necesita investigar primero.

Cuando las temperaturas de operación son mayores que la temperatura ambiente, primero se debe investigar la fluencia ya que la resistencia a ésta disminuye con rapidez con la temperatura, para ello podemos hacer uso de la siguiente tabla.

Tabla 2. 2: Efectos de la temperatura de Operación en resistencia a la tensión del acero

Temperature, °C	S_T/S_{RT}	Temperature, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1000	0.698
550	0.672	1100	0.567
600	0.549		

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8a Edición, México

- **Factor de confiabilidad K_e**

Los factores de confiabilidad estándar especificados se los menciona en la siguiente tabla.

Tabla 2. 3: Factores de Confiabilidad

Reliability, %	Transformation Variate z_α	Reliability Factor k_α
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8a Edición, México

- **Factor de efectos varios K_f**

Tiene el propósito de tomar en cuenta la reducción del límite de resistencia a la fatiga debido a todos los otros efectos, los esfuerzos residuales mejoran el límite de resistencia a la fatiga o lo afectan de manera negativa, si el esfuerzo residual en la superficie de la parte es de compresión, el límite de resistencia a la fatiga mejora.

2.4.4.11. Criterio de fallas por fatiga ante esfuerzos variables

Para las diversas componentes del esfuerzo asociadas con una parte sometida a esfuerzo fluctuante, se desea variar el esfuerzo medio y su amplitud, o componente alternante, para aprender algo acerca de resistencia a la fatiga de partes sometidas a esos esfuerzos.

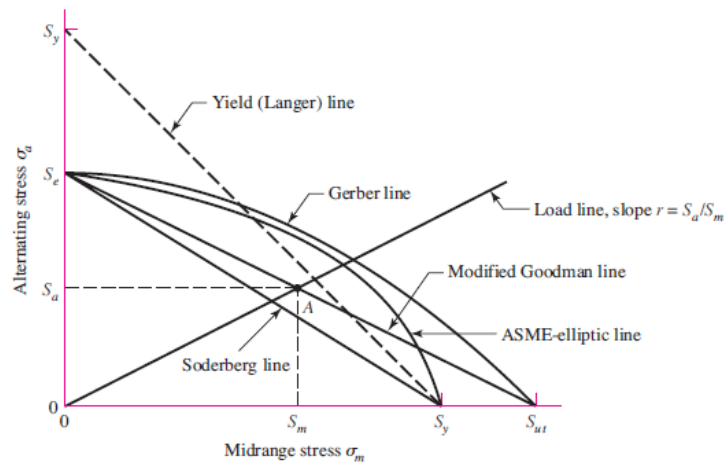


Figura 5: Diagrama de los Criterios de Falla a Fatiga

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8a Edición, México

En la figura 2.5 se muestran cinco criterios de fallas:

- Criterio de Falla de Soderberg
- Criterio de Falla de Goodman Modificado
- Criterio de Falla de Gerber
- Criterio de Falla ASME-Elíptica
- Criterio de Falla de Fluencia Estática de Langer

Las expresiones formales del factor de seguridad correspondiente a cada criterio de falla a fatiga se usarán las siguientes terminologías:

σ_a : Esfuerzo de Amplitud [MPa]

σ_m : Esfuerzo de Medio [MPa]

S_e : Límite de Resistencia a la Fatiga [MPa]

S_{ut} : Resistencia a la Tensión [MPa] (En función del Material)

A continuación se mostrará las ecuaciones para cada uno de los criterios de fallas mencionados anteriormente:

- **Criterio de Falla de Goodman Modificado y Langer**

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} \quad \text{Ec. (2.34)}$$

- **Criterio de Falla de Gerber y Langer**

$$n_f = \frac{1}{2} \left(\frac{S_{ut}}{\sigma_m} \right)^2 \frac{\sigma_a}{S_e} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2\sigma_m S_e}{S_{ut} \sigma_a} \right)^2} \right] \quad \text{Ec. (2.35)}$$

- **Criterio de Falla de ASME Elíptica y Langer**

$$n_f = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\sigma_a}{S_e} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_m}{S_{ut}} \right)^2}} \quad \text{Ec. (2.36)}$$

2.4.4.12. Cojinetes de rodamientos

RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Capítulo 11, Cojinetes de Contacto, 8ª Edición, México, 8ª Edición, México, McGraw HILL afirma que:

Los cojinetes se fabrican para soportar cargas puramente radiales, de empuje puro o una combinación de ambas.

Los cojinetes de rodamientos, cojinete de contacto directo y cojinete antifricción son aquellos en los que la carga principal se transmite a través de elementos que están en contacto de rodadura y no de deslizamiento.

En un cojinete de rodamiento la fricción inicial es aproximadamente igual al doble de la que hay a la velocidad de funcionamiento, por lo tanto, es despreciable en comparación con el rozamiento inicial de un cojinete de casquillo. (p.550-571)

- **Tipos de rodamientos**

- Rodamientos rígidos de bolas
- Rodamientos de rodillos cónicos
- Rodamientos de rodillos cilíndricos de empuje
- Rodamientos axiales de rodillos a rótula
- Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular
- Rodamientos de agujas
- Rodamientos de bolas a rótula
- Rodamientos de rodillos a rótula

- **Partes de un rodamiento**

En la figura mostrada a continuación se detalla las partes de un rodamiento de bolas y su nomenclatura técnica.

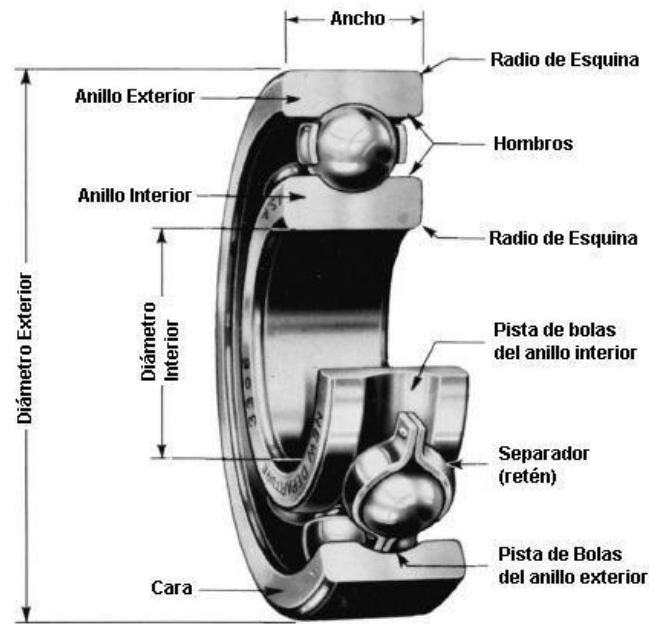


Figura 6: Nomenclatura de un cojinete

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8a Edición, México.

- **Cargas en los cojinetes**

Dos grupos de cojinetes idénticos probados con cargas diferentes F_1 y F_2 , tienen vidas L_1 y L_2 respectivamente, los mismos que son relacionados haciendo uso de la ecuación 2.37

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^a \quad \text{Ec. (2.37)}$$

En donde:

$a = 3$ para cojinetes de bolas

$a = 10/3$ para cojinetes de rodillos

Así como la capacidad de carga de un cojinete está dada por la ecuación 2.38

$$CR = F^a \sqrt{\left(\frac{L_D}{L_R} \right) \left(\frac{n_D}{n_R} \right)} \quad \text{Ec. (2.38)}$$

En donde:

CR = Capacidad de carga básica

F = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

LD = Vida útil requerida para el diseño

LR = 3000 horas de vida a 500 rpm

n_b = Revoluciones a trabajar el rodamiento

n_R = 500 rpm

- **Vida útil de un cojinete**

Se lo determina por el número de revoluciones totales o ya sea por las horas de trabajo con una velocidad constante, está dado por la ecuación 2.39

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60*n} \left(\frac{CR}{F}\right)^a \quad \text{Ec. (2.39)}$$

En donde:

L_{10h} = Duración nominal en millones de revoluciones

CR = Capacidad de carga básica

F = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

n = Velocidad constante de rotación en rpm

a = 3 para rodamientos de bolas

2.4.4.13. Transmisión por cadenas

INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”, Recuperado de (<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>) nos dice que:

Son la mejor opción para aplicaciones donde se quiera transmitir grandes pares de fuerza y donde los ejes de transmisión se muevan en un rango de velocidades de giro entre medias y bajas

Las transmisiones por cadenas son transmisiones robustas, que permiten trabajar en condiciones ambientales adversas y con temperaturas elevadas, aunque requieren de lubricación.

Además proporcionan una relación de transmisión fija entre las velocidades y ángulo de giro de los ejes de entrada y salida, lo que permite su aplicación en automoción y maquinaria en general que lo requiera, están divididas en:

Cadenas de transmisión de potencia: cuya aplicación es transmitir la potencia entre ejes que giran a unas determinadas velocidades.

Cadenas de manutención: o también llamadas cadenas transportadoras. Son un tipo de cadenas que gracias a una geometría específica de sus eslabones o enlaces le permiten desempeñar una función de transporte o arrastre de material.

Cadenas de carga: o también llamadas de bancos de fuerzas. Son cadenas que permiten transmitir grandes cargas, y son usadas, por ejemplo, para elevar grandes pesos, o accionar bancos de fuerza, entre otros usos.

- **Cadenas de transmisión de potencia**

Este tipo de cadenas de casquillos fijos, el casquillo no rota ni gira respecto a las placas interiores de la cadena.

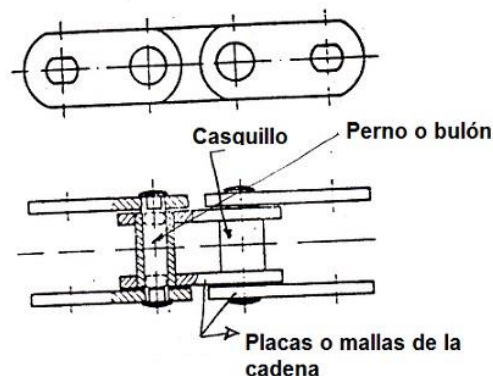


Figura 7: Cadena de casquillos fijos

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

En las cadenas de rodillos se monta un rodillo cilíndrico adicional montado sobre el casquillo de la cadena. Los rodillos se montan sueltos, de manera que pueden girar libremente sobre el casquillo. Esto mejora el rozamiento entre la cadena y la rueda dentada sobre la que engrana.

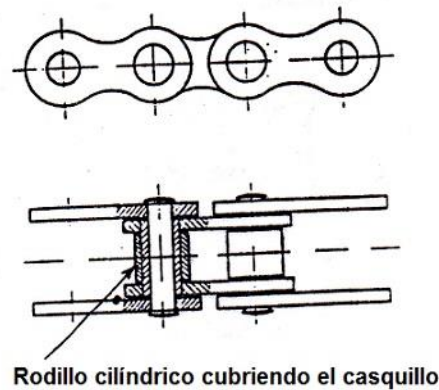


Figura 8: Cadena de rodillo

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

- **Cadenas de carga**

La misión principal de las cadenas de carga es la de poder transmitir elevados niveles de esfuerzos.

Para ello debe disponer de una mayor sección resistente que las cadenas de transmisión normales. Esto se consigue añadiendo más placas que unan los eslabones de la cadena.

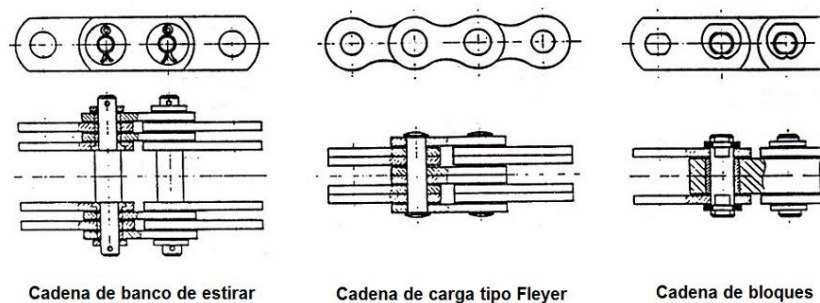


Figura 9: Tipos de cadenas de carga

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

- **Análisis Cinemático**

En toda cadena de transmisión, cada vez que se produce el engrane de un eslabón con la rueda dentada, se produce una variación tanto en la trayectoria como la velocidad del eslabón. Es lo que se conoce como "efecto poligonal".

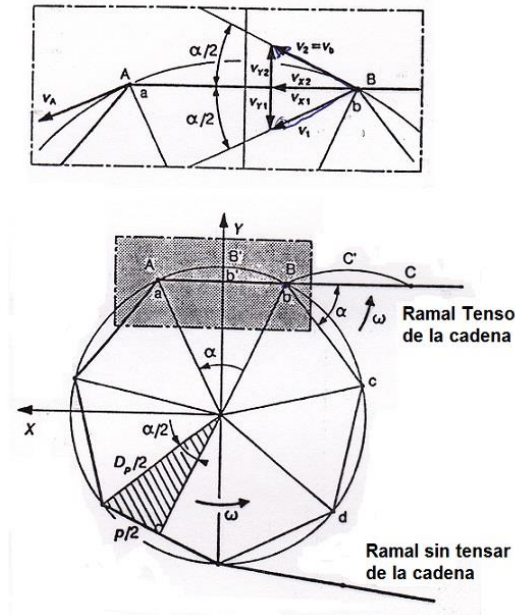


Figura 10: Movimiento de la cadena sobre la rueda dentada

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

En la figura anterior b, B representan puntos pertenecientes a la rueda y a la cadena respectivamente.

$$V_b = \frac{D_p \cdot \omega}{2} \quad \text{Ec. (2.40)}$$

En donde:

V_b : Velocidad Lineal de la Rueda

D_p : Diámetro Primitivo

ω : Velocidad Angular que Gira la Rueda dentada

Por otro lado, y debido al llamado efecto poligonal, la proyección horizontal de la velocidad del punto B de la cadena (v_{Bx}) varía a lo largo del arco de engrane. Esta

variación de la velocidad horizontal de la cadena se hace menor conforme aumenta el número de dientes (z) de la rueda.

En efecto, si aumenta el número de dientes (z) de la rueda, el ángulo α entre dientes disminuye, por lo que la geometría poligonal tiende a semejarse a una circunferencia, y el llamado efecto poligonal se atenúa por lo que la variación horizontal de la velocidad de la cadena (v_{Bx}) a lo largo del arco de engrane se hace menor.

No obstante, el número de dientes de la rueda no puede aumentar en demasía, dado que esto supone que la altura de los mismos se hace más pequeña y la posibilidad de desengranar la cadena, es decir, que se salga la cadena de la rueda dentada, será mayor.

En la práctica se suelen emplear los siguientes números de dientes tanto para la rueda menor (piñón) como para la rueda mayor.

Tabla 2. 4: Norma DIN 8196 Número de dientes normalmente empleados

Número de Dientes, Z	
Piñón o Rueda Menor	17 – 19 – 21 – 23 – 25
Rueda Mayor	38 – 57 – 76 – 95 – 114

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”, Recuperado de (<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>)

- **Transmisión de esfuerzos**

El valor del esfuerzo que transmite la cadena es máximo en la primera articulación del eslabón que engrana con la rueda por el ramal tenso de la cadena, y a partir de ahí este esfuerzo va gradualmente decreciendo conforme avanza por el arco de engrane hasta salir de la rueda por el ramal de la cadena que está menos tensado.

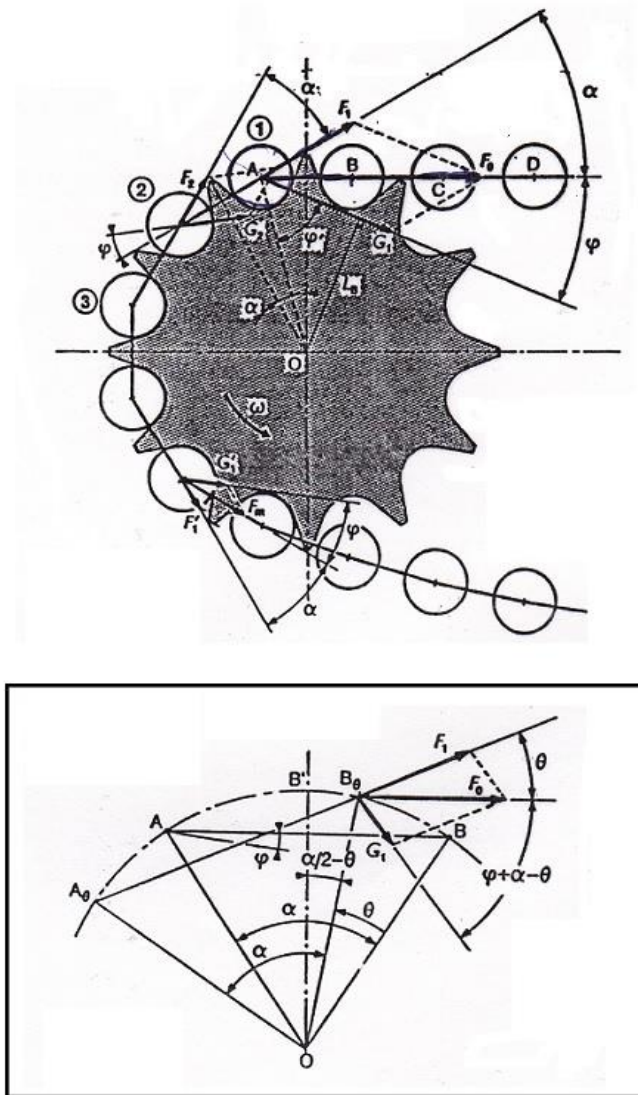


Figura 11: Esfuerzo durante el engrane de la cadena en la rueda

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

El esfuerzo máximo que soporta la cadena y que se origina en la primera articulación de la misma al engranar con el primer diente de la rueda al entrar en contacto, el esfuerzo que soporta la cadena en las siguientes articulaciones viene expresado por la ecuación 2.41:

$$F_n = F_o \left[\frac{\text{Sen}\phi}{\text{Sen}(\alpha+\phi)} \right] n \quad \text{Ec. (2.41)}$$

En donde:

F_n : Esfuerzo entre articulaciones

F_o : Esfuerzo máximo que soporta la cadena

n : Número de articulaciones de la cadena

Por otro lado, la cadena origina una reacción sobre la rueda dentada al engranar en los dientes, que viene expresada por:

$$G_n = F_o \left[\frac{\text{Sen}\phi}{\text{Sen}(\alpha+\phi)} \right] n - 1 \quad \text{Ec. (2.42)}$$

En donde:

G_n : Reacciones sobre la rueda

Ambos valores, tanto esfuerzos entre las articulaciones de la cadena (F_n) como las reacciones sobre la rueda (G_n), van decreciendo paulatinamente desde el ramal tenso de la cadena hacia el ramal menos tenso.

Se comprueba que en una de las articulaciones la reacción (G_n) sobre la rueda llega a ser radial, es decir, la articulación de la cadena aprieta el fondo de la rueda. En el resto de articulaciones la reacción de la cadena sobre la rueda se realiza sobre el flanco de los dientes.

El desgaste progresivo de los dientes hace que la reacción sobre el flanco se realice cada vez a una mayor altura, llegando el momento en que al ser la holgura tan importante la cadena salte el diente y se salga de la rueda.

Por otro lado, la composición del esfuerzo total (F_o) que soporta la cadena, incluye a su vez los siguientes tipos de esfuerzos según el origen:

$$F_o = F_u + F_c \quad \text{Ec. (2.43)}$$

En donde:

F_u : Esfuerzo útil asociado al par transmitido

F_c : Esfuerzo asociado a la fuerza centrífuga de la cadena

- **Potencia transmitida**

La potencia transmitida por la cadena viene determinada por:

$$P = F_u \cdot v \quad \text{Ec. (2.44)}$$

En donde:

P: Potencia transmitida

F_u: Esfuerzo Útil asociada a par de fuerza transmitida

v: Velocidad lineal promedio de la cadena

La velocidad lineal promedio de la cadena, que a su vez puede ser expresada en función de la velocidad angular de giro (ω) y el diámetro primitivo (D_p) de la rueda dentada como:

$$v = \frac{D_p \cdot \omega}{2} \quad \text{Ec. (2.45)}$$

No obstante, para el cálculo y diseño de las cadenas de transmisión se usará la potencia corregida de cálculo (P_c), obtenida a partir de la potencia transmitida (P) anterior afectada por unos coeficientes que tendrá en cuenta diversos aspectos del montaje y uso de la cadena:

$$P_c = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot P \quad \text{Ec. (2.46)}$$

A continuación se expone cómo obtener los valores de los anteriores coeficientes:

- **Coefficiente K₁**

Tiene en cuenta que el número de dientes de la rueda pequeña o piñón sea distinto de 19. En efecto, si el número de dientes del piñón es igual a 19 el coeficiente (K₁) toma de valor la unidad (K₁ = 1). En caso contrario, se puede tomar como primera aproximación para el valor de (K₁) la proporcionada por la siguiente expresión:

$$K_1 = \frac{19}{z} \quad \text{Ec. (2.47)}$$

En donde:

Z: Número de Dientes de la rueda pequeña o piñón.

Como segunda opción para calcular el coeficiente (K_1) se puede emplear la siguiente figura.

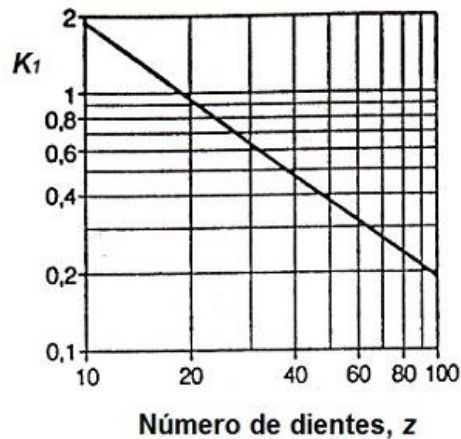


Figura 12: Coeficiente K_1

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

- **Coeficiente K_2**

Es el coeficiente de multiplicidad que tiene en cuenta el número de cadenas empleadas en la transmisión (si es simple, es decir, con una cadena, o bien si es una transmisión con doble cadena, o triple)

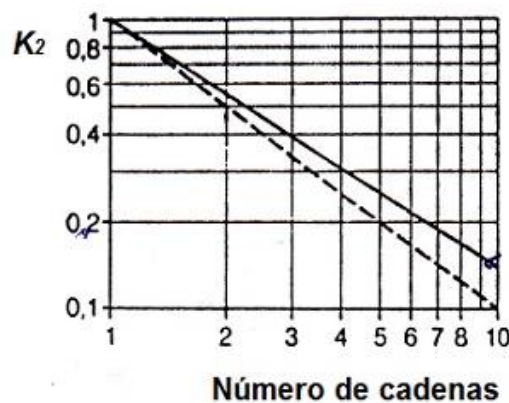


Figura 13: Coeficiente K_2

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

- **Coefficiente K_3**

Tiene en cuenta el número de eslabones o enlaces que conforman la cadena.

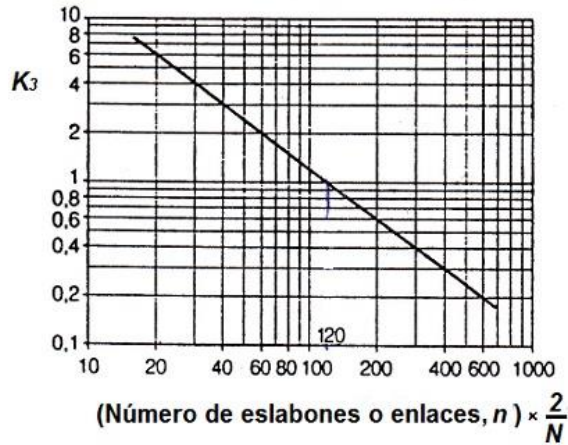


Figura 14: Coeficiente K_3

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

Siendo n el número de eslabones o enlaces de la cadena y N es el número de ruedas de la transmisión.

- **Coefficiente K_4**

Es el factor de servicio que tiene en cuenta las condiciones en que trabaja.

Coefficiente K_4, Factor de servicio				
Charges	Machines motrices	Moteur à combustion interne à transmission mécanique		
		hydraulique Moteur électrique et Turbine	4 cylindres et plus	moins de 4 cylindres
Régulières	Machines d'imprimerie Pompes et compresseurs centrifuges Calandreuses pour papier Escaliers roulants Agitateurs de liquides	1,00	1,10	1,30
Irégulières	Malaxeurs à béton Broyeurs à boulets Pompes et compresseurs à 3 pistons ou plus Presses, cisailles Agitateurs de solides Tamis vibrants	1,40	1,50	1,70
À coups	Excavatrices Raboteuses Broyeurs à marteaux et à cylindres Pompes et compresseurs à 1 piston Forage pétrolier	1,80	1,90	2,10

Tabla 2. 5: Coeficiente K_4

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

- **Coefficiente K_s**

Es el coeficiente de duración en función de la vida útil prevista para la cadena

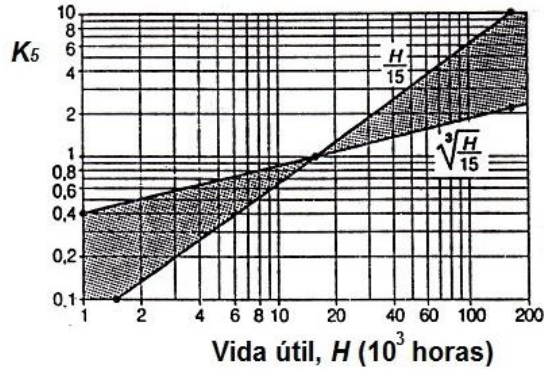


Figura 15: Coeficiente K_s

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

Una vez obtenido los valores de los distintos coeficientes se calcula el valor de la potencia corregida de cálculo (P_c) haciendo uso de la ecuación ya mencionada anteriormente.

Con el valor de la potencia corregida de cálculo (P_c) obtenida y la velocidad de giro de la rueda pequeña o piñón se entra al ANEXO A2 de las que se obtiene la serie y tipo de cadena necesaria y su paso.

2.4.5. Sistema de secado de estampados

Existen varias formas para el secado de estampados, al temperatura ambiente, secadora, plancha, o haciendo uso de un horno, pero se debe tener en cuenta que de esto depende un estampado de calidad. Luego de verificar el secado al tacto, si esto no se realiza o se realiza mal el estampado puede sangrar o salirse al momento del lavado.

Según el catálogo de Hornos para estampados Ideas y Recursos CROCETEX

Uno de los usos más comunes de hornos infrarrojos es como un dispositivo para que genere calor más rápido y más fácil que otros tipos de hornos.



Figura 16: Horno para serigrafía Infrarrojo Modelo D8-30

Fuente: Catálogo Ideas y recursos Crosetex (23 de Diciembre 2009)

Al igual que la radiación de microondas, radiación infrarroja puede utilizarse para básicamente cocinar, lo que permite para calefacción y para cocinar más rápido. Al menos un tipo de horno infrarrojo también utiliza convección más tradicional y conducción

Para usos comerciales e industriales, un horno infrarrojo normalmente se refiere a un dispositivo de calor grande en la que a menudo se colocan productos para la calefacción.

Este calentamiento se realiza generalmente para hornear sobre recubrimientos, productos laminados, y son muy utilizados en la serigrafía textil los hornos infrarrojos en este tipo de capacidad a menudo permiten calefacción muy rápido y preciso y pueden requerir menos energía que otros tipos de hornos.

2.4.5.1. Tipos de hornos se secado:

- **Horno alfa eléctrico:**

Este sistema está basado en el uso de resistencias eléctricas las cuales proporcionaran la temperatura adecuada para el secado de estampados cuanta con una cámara amplia y velocidad de banda regulable.



Figura 17: Horno Alfa Eléctrico FENIX

Fuente: Grupo Disma, Fenix máquinas para serigrafía

Características:

Fabricado en acero esmaltado

Medidas exteriores 106 x 300 x 90 cm.

Medida de cámara (área caliente) 180 x 20 x 90

6 resistencias tipo "u" de 2600 wats c / u

Control de velocidad digital

Sistema ahorrador de energía

Control de temperatura

Sistema regulador de altura

Consumo 30 amperes

Motor de 3 x 220 v ac

- **Horno alfa de gas**

Este sistema se basa en el uso de gas industrial cuenta con quemadores tipo flauta los cuales pueden ser regulables la velocidad de la banda es controlable también cuentan con un termómetro que indicara su temperatura en su interior.



Figura 18: Horno Alfa de Gas FENIX

Fuente: Grupo Disma, Fenix máquinas para serigrafía

Características:

Fabricado en acero esmaltado

Medidas exteriores 106 x 320 x 120 cm

Medida de cámara (área caliente) 180 x 20 x 90

Motor de 3 x 220 v ca

6 quemadores tipo flauta

Control de velocidad digital

Sistema ahorrador de energía

Termómetro

Alimentación de 220 volts

Consumo 5 amperes

- **Horno de banda sin fin**

Es uno de los hornos de gran demanda su principal característica es su banda de teflón la cual permite almacenar el calor y mantenerlo constante.



Figura 19: Horno de banda sin fin Air Blaze -Pony Dryer

Fuente: Screen Printing, Serigrafía Buestan

Características:

En varios tamaños

Control de temperatura digital

Regulador para la velocidad de la banda

Niveles de calor

Desarmable completamente

Pintura electrostática

Banda de teflón (Mantiene el calor constante)

2.4.6. Tipos de telas para estampados

Los textiles juegan un papel importante en nuestra vida cotidiana, todos deberíamos tener conocimiento sobre las fibras básicas y sus propiedades, las fibras textiles son utilizadas en un amplio rango de aplicaciones para cubrir, calentar, de adorno personal e incluso para mostrar la riqueza personal.

- **Algodón**

El algodón, la fibra natural más utilizada en ropa, crece en bolas alrededor de las semillas de la planta de algodón. Una sola fibra es una célula alargada que es una estructura similar a una cinta plana, trenzada, hueca.

Características:

- Resistencia de buena a moderada
- Muy poca elasticidad
- Poco flexible y propensa a las arrugas
- Confortable y suave
- Buena absorbencia
- Buen conductor de calor
- Daño por insectos, moho, descomposición y polillas
- Puede debilitarse por prolongada exposición a la luz solar

Aplicaciones:

- Ampliamente utilizado en un sin número de textiles
- Comúnmente utilizado en tejidos y ropa de punto
- Textiles del Hogar - toallas de baño, batas de baño, ropa de cama, spandex, etc.

- Se utiliza en combinación con otras fibras como rayón, poliéster, spandex, etc.

Tabla 2. 6: Propiedades técnicas del algodón

Propiedad	Características
Apariencia Microscópica	Plano, Retorcido y de cinta
Longitud	Fibra corva de rangos largos de 1 a 5,5 cm
Color	Si no es tratado es blanco cremoso en su forma natural
Lustre	Mediano, si no es tratado por lustre
Fuerza	Limpio, claro
Elasticidad	Bajo
Resistencia	Bajo
Absorción de Humedad	Excelente
Calor	Resistencia a fuego moderado, se descompone después de exposición prolongada a temperaturas de 180 °C / 320 °F o más
Inflamabilidad	Quemaduras con facilidad

Fuente: COATS, Conocimiento de Fibras Textiles

- **Nylon**

En el nylon, la sustancia que forma la fibra es una poliamida sintética de cadena larga en la que menos del 85% de los enlaces amida están unidos directamente a dos anillos aromáticos.

Los elementos carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno se combinan mediante procesos químicos en compuestos que reaccionan para formar moléculas de cadena larga, conocido químicamente como poliamidas y que se vuelven fibras. Hay varias formas de nylon. Cada una depende de la síntesis química.

Características:

- Alta resistencia
- Alta elongación y elasticidad
- Muy fuerte y durable
- Excelente resistencia a la abrasión
- Termoplástico
- Tiene la propiedad de ser muy brillante, semi-brillante o mate
- Resistente a insectos, hongos, moho y a la podredumbre

Aplicaciones:

- Ropa - pantys, calcetines, mallas, etc.
- Muebles del hogar
- Aplicaciones Industriales - parachutes, cuerda de neumáticos, sogas, bolsas de aire, mangueras, etc.

Tabla 2. 7: Propiedades técnicas del Nylon

Propiedad	Características
Apariencia Microscópica	Muy liso y uniforme
Longitud	Filamento
Color	Blanquecino
Lustre	Alto lustre natural que puede ser controlado
Fuerza	Excepcionalmente alto
Elasticidad	Excepcionalmente alto
Resistencia	Muy buena
Absorción de Humedad	3.8 %
Calor	Alta resistencia, se funde a 250 °C / 482 °F
Inflamabilidad	Se derrite lentamente, no soporta la combustión

Fuente: COATS, Conocimiento de Fibras Textiles

- **Poliéster**

La sustancia de formación de fibra es de cualquier polímero sintético de cadena larga compuesto por al menos 85% en peso de un ester de un ácido carboxílico aromático sustituido, pero no se limita a unidades de teraftalato sustituidos y unidades hidroxibenzoato de para-sustituidos.

Características:

- Termoplástico
- Buena fuerza
- Hidrófoba (no absorbente)

Tabla 2. 8: Propiedades técnicas del poliéster

Propiedad	Características
Apariencia Microscópica	Liso, uniforme, diferentes formas de sección
Longitud	Filamento
Color	Blanco
Lustre	Brillante o mate
Fuerza	Buena a excelente
Elasticidad	Regular a buena
Resistencia	Excelente
Absorción de Humedad	Menos del 1%
Calor	Reblandecimiento o se pegue con temperaturas por encima de 204 °C / 400 °F
Inflamabilidad	Se quema lentamente

Fuente: COATS, Conocimiento de Fibras Textiles

- **Spandex**

La sustancia de formación de fibras usada para producir spandex es de cualquier polímero sintético de cadena larga compuesto por al menos 85% de poliuretano segmentado. Cuando se produce esta fibra, las variaciones son posibles.

Los elementos básicos de nitrógeno, hidrógeno, carbono y oxígeno son sintetizados con otras sustancias a los compuestos de éster de etilo en cadenas de polímero de segmentos blandos o secciones que proporcionan estiramiento y segmentos duros que tienen la cadena junta.

Características:

- Alta elasticidad
- Confortable
- Alta retención de forma
- Durable

Aplicaciones:

- Nunca se usa solo, siempre se combina con otras fibras
- Prendas y artículos de vestir con stretch para mayor comodidad y ajuste
- Calcetería
- Corsetería
- Trajes de baño, ropa atlética y aeróbica
- Lencería, mallas y calcetines
- Prendas modeladoras, copas del sujetador
- Guantes

2.4.6.1. Tipos de tintas para serigrafía

KALIPO, Tintas para serigrafía textil. Recuperado de (<http://www.kalipo.com/tintas-textiles-emulsion-serigrafia/>) afirma que:

Básicamente las tintas textiles se dividen en 2 tipos: los plastisoles y las de base agua.

- **Tintas acuosas a base de agua**



Figura 20: Estampado con tinta acuosa a base de agua

Fuente: KALIPO, Tintas para serigrafía textil

Las tintas textiles que tienen agua como base de su composición entre otros elementos, aptas para prendas textiles de algodón y sus mezclas, sus cualidades comunes son que se secan a la interperie, polimerizan al aire, de ahí su denominación autorreticulante, que secan por si solas, no necesitan calor para su fijación, dicen que basta dejarlas secar 48 horas pero recomendando 6, 7 días para una completa fijación de por vida, después de un estampado y unos días de secado deben lavarlas para ver el resultado, también se pueden planchar, con una plancha casera o de transfer, poniendo un trapo encima y dando la vuelta a la camiseta, esto ayuda a dar un tacto más suave al estampado y mejorar aún más su fijación al tejido.

- **Tinta Plastisol**

Son tintas con base pvc, disolvente, trabajan muy bien sobre tejidos tanto sintéticos como naturales, para su tratamiento es necesario disponer de un amplio espacio

ventilado ya que para su lavado es necesario el uso de un disolvente especial para plastisol, tóxico y desde luego nada barato.



Figura 21: Estampado con tinta plastisol

Fuente: KALIPO, Tintas para serigrafía textil

Para su cura es necesaria la aplicación de calor, mediante un horno de secado o una plancha transfer con una temperatura de 180° durante varios segundos.

Bien es cierto el plastisol se puede curar con una pistola de calor (decapador de aire caliente) que alcanzan los 400°, pero no es una buena solución. Para secar un estampado de plastisol de forma correcta hay que aplicar la misma temperatura de cura 180° de forma homogénea y durante un tiempo determinado, 8 a 10 segundos así que la pistola de calor imagínense, lo podrás secar después de varios minutos y a veces incluso por fuera puede parecer que está curado pero por dentro la tinta sigue viva y al lavar la prenda se puede caer el estampado dando un resultado desastroso.

2.4.7. Sistema eléctrico

2.4.7.1. Motorreductor

El Portal de Mantenimiento Industrial, “Reductores y Motorreductores” S.F Recuperado de (<http://www.solomantenimiento.com/articulos/m-reductores-motorreductores.htm>) afirma que:

“Son elementos mecánicos muy adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que se necesiten reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura”.

Las ventajas de usar Reductores y/o Motorreductores son:

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor.
- Alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos.
- Poco espacio para el mecanismo.
- Poco tiempo de instalación y mantenimiento.
- Elemento seguro en todos los aspectos, muy protegido

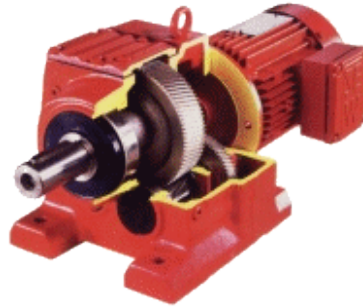


Figura 22: Estructura de un Motorreductor

Fuente: MECÁNICA INDUSTRIAL, (17 de Enero 2009) “Mantenimiento de Motorreductores”,

- **Características:**

Potencia, en HP, de entrada y de salida.

Velocidad, en RPM, de entrada y de salida.

PAR (o torque), a la salida del mismo, en KG/m.

Relación de reducción: índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

- **Características de trabajo a realizar**

Tipo de máquina motriz.

Tipos de acoplamiento entre máquina motriz, reductor y salida de carga.

Carga: uniforme, discontinua, con choque, con embrague, etc.

Duración de servicio: horas/día.

Nº de Arranques/hora.

- **Selección de potencia**

En el trabajo diario en la industria es muy difícil que se den las condiciones idóneas para el trabajo de un elemento como un Reductor o Motorreductor. Por lo tanto, para calcular la potencia que debe tener un Reductor a acoplar a una determinada Carga, la potencia requerida por la máquina accionada a través del Reductor se debe multiplicar por el FACTOR DE SERVICIO; el resultado se llamará Potencia de Elección.

Para el cálculo del Factor de Servicio se tendrán en cuenta las características específicas de trabajo a realizar, enumeradas en el apartado anterior

- **Mantenimiento**

Los engranajes, casquillos y rodamientos de los reductores y motorreductores están lubricados habitualmente por inmersión o impregnados en la grasa lubricante alojada en la carcasa principal. Por lo tanto, el Mantenimiento pasa por revisar el nivel de aceite antes de la puesta en marcha. La carcasa tendrá visibles los tapones de llenado, nivel y drenaje del lubricante, que deben estar bien sellados. Debe mantenerse especialmente limpio el orificio de ventilación; también debe respetarse el tipo de lubricante recomendado por el fabricante, que suele ser el más adecuado a su velocidad, potencia y materiales constructivos.

2.4.7.2. Variador de frecuencia

FRAILE MORA, JESUS (2008). MÁQUINAS ELÉCTRICAS (6ª Edición). MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A afirma que:

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad.

- **Funcionamiento:**

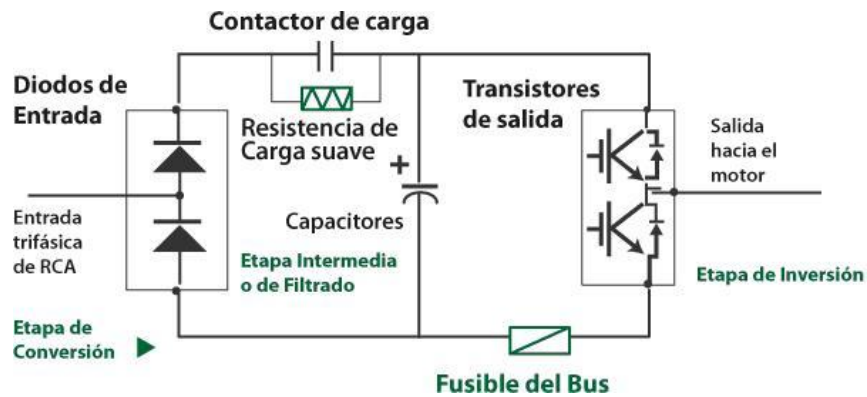


Figura 23: Diagrama de Funcionamiento de un variador de frecuencia

Fuente: LA ARAYA INGENIERIA, (9 de febrero de 2011) “Variadores de Frecuencia”

Se alimenta al equipo con un voltaje de corriente alterna (CA), el equipo primero convierte la CA en corriente directa (CD), por medio de un puente rectificador (diodos o SCR’s), este voltaje es filtrado por un banco de capacitores interno, con el fin de suavizar el voltaje rectificado y reducir la emisión de variaciones en la señal.

Posteriormente en la etapa de inversión, la cual está compuesta por transistores (IGBT), que encienden y apagan en determinada secuencia (enviando pulsos) para generar una forma de onda cuadrada de voltaje de CD a un frecuencia constante, y su valor promedio tiene la forma de onda senoidal de la frecuencia que se aplica al motor.

2.4.8. Sistema térmico

2.4.8.1. Resistencias eléctricas

TERMOKEW, S.F “Resistencias de calentamiento” Recuperado de (<http://www.termokew.mx/resistencias-calentamiento.php>) afirma que:

“Son elementos que se fabrican a base de níquel, donde la energía eléctrica se transforma en calor. Mediante la ley de joule podemos determinar la cantidad de calor que es capaz de entregar una resistencia”.

Esta cantidad de calor dependerá de la intensidad de tiempo que esté conectada.

De acuerdo a la ley de joule decimos que la cantidad de calor desprendido de una resistencia es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de corriente y directamente proporcional al valor de la resistencia y al tiempo.



Figura 24: Resistencias Eléctricas

Fuente: TERMOKEW, S.F “Resistencias de calentamiento” Recuperado de

- **Materiales que se ocupan en la fabricación de resistencias:**
 - Tubing de acero inoxidable tipo 304,316, incoloy 800, titanio y cobre.
 - Alambre nicromel tipo 8020.
 - Electroceramica (donde se aloja la bobina).
 - Terminales níquel - cromo, con fibra de vidrio para alta temperatura, malla de acero inoxidable y /o tubo plica.
 - Óxido de magnesio (este material hace el compactado de las resistencias).

2.4.8.2. Termocupla

La revista ELECTRO INDUSTRIA, editorial EMB Santiago-Chile, S.F “Termocuplas Fundamentos y Recomendaciones” Recuperado de (<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1502&edi=79>) afirma que:

Una termocupla se fabrica con dos alambres de distintos materiales unidos en un extremo (generalmente soldados). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño del orden de los milivoltios, el cual aumenta con la temperatura.

Normalmente, las termocuplas industriales se ofrecen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina). En uno de sus extremos, se encuentra la unión, y en el otro, el terminal eléctrico de los cables, protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

➤ Tipos de termocuplas

Existen una infinidad de tipos de termocuplas, pero casi el 90% de las utilizadas son del tipo J o del tipo K. En la tabla que se muestra a continuación aparecen algunas de las termocuplas más comunes.

Tabla 2. 9: Tipos de termocuplas

Tc	Cable + Aleación	Cable - Aleación	Rango (Min, Max) °C	Volts Max mV
J	Hierro	cobre/nickel	(-180, 750)	42.2
K	Nickel/cromo	Nickel/aluminio	(-180, 1372)	54.8
T	Cobre	cobre/nickel	(-250, 400)	20.8
R	87% Platino 13% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	21.09
S	90% Platino 10% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	18.68
B	70% Platino 30% Rhodio	94% Platino 6% Rhodio	(0, 1820)	13.814

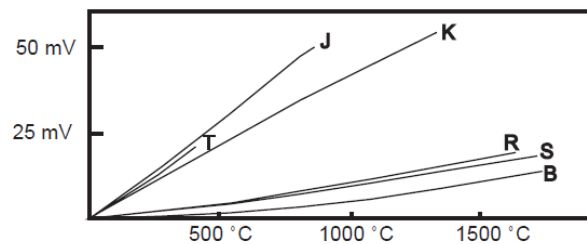
Fuente: ELECTRO INDUSTRIA, editorial EMB Santiago-Chile, S.F “Termocuplas Fundamentos y Recomendaciones”

Las termocuplas tipo J se usan principalmente en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales a bajas temperaturas (Zamac, Aluminio). Por su parte, la K se usa típicamente en fundiciones y hornos a temperaturas menores de 1.300°C, como, por ejemplo, fundiciones de cobre y hornos de tratamientos térmicos. En cambio, las termocuplas R, S y B se usan casi exclusivamente en la industria siderúrgica (fundición de acero).

➤ Linealización

La dependencia entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal. Por esto, el instrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, deberá efectuar la linealización, es decir, tomar el voltaje y, según el tipo, ver en tablas internas a qué temperatura corresponde.

Tabla 2. 10: Linealización de la termocupla



Fuente: ELECTRO INDUSTRIA, editorial EMB Santiago-Chile, S.F “Termocuplas Fundamentos y Recomendaciones”

2.4.8.3. Cinta transportadora de teflón

Son bandas especialmente ideadas para aplicaciones de alta temperatura, procesos de cocción de alimentos, aislamiento térmico y resistencia a productos químicos.

Estas bandas están hechas a partir de sustratos de fibra de vidrio tejida con un revestimiento de politetrafluoroetileno (PTFE) o teflón lo que le otorga una gran resistencia a rayados y adherencia, ideal para alimentos.



Figura 25: Banda de fibra de vidrio/teflón

Fuente: PROVECUADOR, “Bandas Transportadoras y de Transmisión, Cangilones, Equipos Magnéticos”, S.F.

La virtud principal de este material es que es prácticamente inerte, no reacciona con otras sustancias químicas. Esta carencia de reactividad hace que su toxicidad sea prácticamente nula; además posee resistencia a la alta tracción y desgaste.

Otra cualidad característica es su impermeabilidad, manteniendo sus cualidades en ambientes húmedos. No se altera por la acción de la luz y es capaz de soportar temperaturas desde $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+370\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.4.9. Tiempos de producción

CHASE, R., JACOBS, F., AQUILANO, N. “Administración de Producción y Operaciones”, Editorial McGraw-Hill; México, 2005 afirma que:

“El tiempo de producción abarca todo el proceso en que se elabora una determinada mercancía en una empresa, desde el momento en que entran hasta el momento que se termina el producto”.

2.4.9.1. Tiempos de secado

Productos Home (2012 Agosto 27). Horno de Secado. Recuperado de http://fenixonline.com.mx/Fenix/Productos/Entradas/2012/8/27_Hornos.html afirma que:

El secado en las impresiones sobre textil es fundamental, de ello depende el terminado de su producto, entre más rápido sea el proceso más productivo y rentable será su negocio. Para ello se debe hacer uso de hornos que aporten con calor y así lograr un secado más efectivo.

Puede acelerarse, mediante una aportación de aire caliente, aunque este método no es del todo aconsejable ya que la tinta se puede cuartear al mismo tiempo que se puede deformar el papel. Cada capa de tinta debe estar completamente seca antes de imprimir la siguiente.

El proceso de secado se puede manipular con la ayuda de diferentes disolventes, de esta manera, añadiendo disolventes lentos, se retrasa el secado de la tinta y por el contrario, con disolventes rápidos se acelera.

Ya un sistema más avanzado de secado es con UV o secado por radiación, este sistema cada día tiene más implantación ya que une las ventajas de una estabilidad total a una gran velocidad de secado

2.4.9.2. Curado de la tinta

Serigrafía Libertaria (S.F). Curado de la tinta. Recuperado de (<http://www.serigrafialibertaria.es/secado-y-curado-del-estampado/>) afirma que:

Este paso es el que consigue fijar la tinta a la prenda, obteniendo así una máxima durabilidad del estampado y un tacto suave y agradable.

Una vez haya secado la tinta, mínimo 24 horas, debemos planchar las prendas. Calentamos la plancha térmica a 160°-180° aprox., colocamos la prenda bien estirada, con el dibujo mirando hacia arriba y le cubrimos con papel transfer (siliconado) para evitar que la plancha toque directamente la tinta. Este papel también transfiere la temperatura a la prenda, facilitando el planchado (siempre la parte siliconada del papel irá tocando el dibujo). Una vez cubierto el diseño y

aplicando una presión media, procedemos a planchar la prenda durante aprox. 10 o 15 segundos.

2.4.10. Procesos de producción

CHASE R., AQUILANO, N. JACOBS R. “Administración de Producción y Operaciones”, 8va Edición, Editorial McGraw-Hill; México, 2000 afirma que:

“Tiene que ver con el diseño y el control de los sistemas responsable del uso productivo de materias primas, recursos humanos, equipos e instalaciones para el desarrollo de un producto o servicio” (p.28).

Se define como la transformación de recursos o elementos productivos en bienes y servicios mediante procesos necesarios hasta conseguir la transformación total de la materia prima en un producto comercial, es decir, parte de las funciones de la empresa encargada de generar o fabricar un bien físico o un bien intangible, el cual pueda ser sacado al mercado para su comercialización.

- **Producción:**

CHASE R., AQUILANO, N. JACOBS R. “Administración de Producción y Operaciones”, 8va Edición, Editorial McGraw-Hill; México, 2000 afirma que:

La producción consiste en hacer que los insumos lleguen a la Fábrica al mismo ritmo que se necesitan. Si los insumos son confiables, el fabricante podrá mantener niveles mucho más bajos de inventarios y aun así cumplir con las normas de surtido de pedido de los clientes.

- **Sistemas de producción:**

Un sistema de producción utiliza recursos operacionales para transformar insumos en algún tipo de resultado deseado. Un insumo puede ser una materia prima, un cliente o un producto terminado proveniente de otro sistema.

- **Productividad:**

Según CHASE, JACOBS, AQUILANO (2005), nos dice que: “La Productividad es la cualidad de ser productivos. Es un concepto que guía la administración de un sistema de producción y mide su éxito, cualidad que indica qué tan bien se están utilizando sus recursos”

El término productividad muchas veces se usa indebidamente y se ha aceptado como una simple medida de producción, y se expresa en términos de producto sobre insumo. La productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados. Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas. No así con el recurso humano o los trabajadores.

- **Importancia de la productividad**

Es importante en el cumplimiento de propósitos, ya sean comerciales o personales, uno de sus principales beneficios de un mayor incremento de la productividad son: la posibilidad de producir más en el futuro, usando los mismos o menores recursos, dependiendo de sus procesos de producción, tiempos y demanda comercial. El nivel económico puede hacerse más grande por una mejor demanda en el mercado comercial.

2.4.11. Organización de plantas industriales

Se lo define como el conjunto formado por máquinas, herramientas y equipos, colocados convenientemente en un espacio físico donde ocurre la transformación de la materia prima o energía, para la obtención de un producto o la prestación de un servicio, de acuerdo a un proceso básico pre establecido. (Chase, Jacobs, Aquilano; 2005).

2.5. Hipótesis

El sistema de secado de estampados de camisetas permitirá reducir los tiempos de producción en la Fábrica Technology.

2.6. Señalamiento de variables

2.6.1. Variable independiente

Sistema de secado de estampados

2.6.2. Variable dependiente

Reducir tiempos de producción

2.6.3. Término de relación

Permitirá

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la investigación

En la presente investigación prevalecerá lo cualitativo, ya que se interpretará el proceso de secado, el tiempo que toma realizarlo en comparación con otros métodos aplicados. También se aplicará un enfoque cuantitativo ya que se basará en especificaciones, normas y por medio de parámetros se buscará una alternativa para un sistema adecuado de secado de estampados. Por ello diremos que se usará un enfoque mixto para la presente investigación.

3.1.1. Modalidad Básica de la investigación

La modalidad de investigación es de carácter bibliográfico – documental y de campo

3.1.1.1. Investigación de campo

Se lo va realizar en las instalaciones de la Fábrica Technology ubicada en la Provincia Tungurahua Cantón Ambato, se requerirá la información adecuada en la que trabajará la máquina, para que así pueda tener un desempeño óptimo en su funcionamiento.

3.1.1.2. Investigación bibliográfica

La recolección de datos bibliográficos se dará que por medio de la utilización de diferentes libros de Ingeniería, Artículos, Catálogos, Folletos, normas, páginas web, podremos tener un mejor criterio y así obtener un concepto claro y aceptable pudiendo así ponerlo en práctica y aplicarlo el estudio de un sistema de secado de estampados, con el propósito de tener los instrumentos apropiados para una adecuada elaboración del proyecto.

3.1.1.3. Investigación experimental

Porque en el proceso de investigación del proyecto se deberán determinar los parámetros adecuados, con ello se logrará, un sistema de secado de estampados con un correcto desempeño, el cual también deberá someterse a pruebas de funcionamiento obteniendo información del proceso realizado en comparación con el proceso anterior.

3.2. Nivel o tipo de investigación

3.2.1. Investigación exploratoria

Se deberá basarse en estudios anteriores de máquinas similares, para poder tener una idea clara y precisa de un horno de estampados y hacer uso del sistema requerido por la fábrica.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Para la recolección de información que será necesaria para poder aplicarla dentro del proyecto, se usará instrumentos manuales para la medición de tiempos de secado, la cual se la detallara en una tablas comparativas, como también se deberá

realizar una observación directa ya que estamos realizando una investigación técnica, no se hará uso de instrumentos como encuestas o entrevistas con una población elevada.

Se tiene una población de 600 camisetas estampadas secas, está definida por el número promedio de prendas que se producen como máximo en un día normal de 8 horas de trabajo la información fue obtenido del análisis de la tabla 4.23

3.3.2. Muestra

Por medio de una guía de observación se tomará nota del tiempo de secado, en un minuto, una hora y en un día de trabajo establecido con ocho horas laborables, y por medio de un gráfico de barras se podrá representar la producción.

Por medio de un muestreo simple, durante las 8 horas laborables y de forma aleatoria se tomaron 40 camisetas estampadas secas la información fue obtenida del análisis de la tabla 4.23

3.4. Operacionalización de variables

3.4.1. Variable independiente: Sistema de secado de estampados

Tabla 3. 11 : Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Sistemas de Secado de Estampados: Su función principal es la de secar y controlar el producto estampado.	Secar Producto	¿Qué capacidad debe tener el sistema de secado?	Unidades > 10 Unidades = 10 Unidades < 10	Observación Directa
	Estampado	¿Qué temperatura se necesitará para el secado?	Temp. > 100°C Temp. = 100°C Temp. < 100°C	Hoja de Registro
	Control	¿Cuál será el control adecuado del sistema de secado?	On – Off PID PD	Bibliográfica

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

3.4.2. Variable dependiente: Reducir tiempos de producción

Tabla 3. 12: Operacionalización de la variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Reducir los tiempos de secado</p> <p>Operación de reducir al máximo el tiempo utilizado en la realización de una o varias operaciones.</p>	Tiempo	¿Qué tiempo se toma en la preparación de la materia prima?	<p>Tiempo > 60seg</p> <p>Tiempo = 60seg</p> <p>Tiempo < 60seg</p>	Tabla de datos
	Operaciones	¿Qué tiempo se requiere para el secado inicial de estampados?	<p>Tiempo > 60seg</p> <p>Tiempo = 60seg</p> <p>Tiempo < 60seg</p>	Tabla de datos
		¿Qué tiempo tomará la producción de 80 docenas de camisetas estampadas?	<p>Tiempo > 1 día</p> <p>Tiempo = 1 día</p> <p>Tiempo < 1 día</p>	Tabla de datos
		¿Qué tiempo se requiere para el secado total de estampados?	<p>Tiempo > 60seg</p> <p>Tiempo = 60seg</p> <p>Tiempo < 60seg</p>	Tabla de comparativa

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

3.5. Plan de recolección de información

En el desarrollo de la investigación se utilizará las técnicas de información citadas a continuación:

Observación directa y así estar en contacto con el estudio realizado.

También se usará una investigación bibliográfica y se hará uso de materiales como: cuaderno de notas y registros específicos, aquí se van a destacar los aspectos más relevantes que posteriormente nos serán de gran ayuda para desarrollo del estudio.

3.6. Procesamiento y análisis

Se realizará una revisión crítica de la información obtenida, para luego representarla de forma escrita, posteriormente se detallará la cantidad de secado de estampados en un determinado proceso y el tiempo que toma realizarlo, después se realizará una representación tabular para presentar los datos numéricos obtenidos ordenados en filas y columnas, con las especificaciones correspondientes.

3.7. Análisis e interpretación de los resultados

- ✓ Se realizará destacando la tendencia de acuerdo con los objetivos e hipótesis planteados en esta investigación.
- ✓ Se interpretará los resultados con apoyo del marco teórico.
- ✓ Comprobación de la hipótesis.
- ✓ Se establecerá conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

Con el propósito de dar un enfoque claro al tipo de secado, sistema de secado y tipo de secador que será utilizado en la mejora de producción de camisetas estampadas, se realizó un análisis de la información cuya investigación documental bibliográfica que se recopiló a través de revistas técnicas, páginas web que se relacionan con el secado de estampados, como también libros publicados en el internet; el cual permitió conformar algunas alternativas, los cuales se analizarán de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Costo
- Tecnología
- Espacio
- Cantidad de Prendas Estampadas
- Maniobrabilidad

4.1.1. Parámetros de funcionamiento

La máquina secadora de estampados seleccionada debe satisfacer las necesidades de mejora de producción, como también debe acoplarse al espacio disponible en la Fábrica Technology; por lo cual; es preciso establecer parámetros de diseño y funcionamiento de la máquina que se describen a continuación.

4.1.1.1. Parámetros de diseño

El parámetro mencionado parte de los requerimientos y especificaciones necesarias en el secado de estampados de la Fábrica Technology.

Por tanto la máquina seleccionada debe manejarse bajo los siguientes parámetros a mencionar:

4.1.1.2. Parámetros funcionales:

El sistema de secado seleccionado debe cumplir todas las exigencias para la cual fue desarrollada las cuales se detallan a continuación:

- La máquina trabajará de forma continua.
- Debe ser de fácil manejo, acoplamiento y mantenimiento sencillo.
- Tener un secado eficaz en corto tiempo con una producción confiable.

4.2. Interpretación de datos

4.2.1. Selección de un modelo adecuado de sistema de secado

4.2.1.1. Alternativas para un sistema de secado

Para una primera selección, se va a determinar los principales sistemas de secado que contribuirán con el problema los cuales son:

- A. Túnel de Secado UV
- B. Horno Alfa de Gas
- C. Horno Eléctrico

- **Selección del modelo adecuado del sistema de secado**

RIBA R. CARLES (2002), Diseño Concurrente, Universidad Politécnica de Catalunya, (226 páginas); para poder seleccionar el modelo adecuado hemos tomado el método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados.

➤ **Método ordinal corregido de criterios ponderados**

Por medio de este método se encontró la posible solución en base a tablas que sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad, y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Los criterios seleccionados se fortalecen entre ellos, para realizar las tablas se asigna la escala de valores mostrada a continuación.

Tabla 4. 13: Valores asignados para la tabulación de ponderaciones

- 1	Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas
- 0,5	Si el criterio de la filas es equivalente al de las columnas
- 0	Si el criterio de las filas en inferior al de las columnas

Fuente: RIBA R. CARLES (2002), Diseño Concurrente.

Luego, para cada criterio, se procede a sumar los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad (evitando así que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio.

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

Características:

Para la evaluación se ha tomado en cuenta los aspectos más significativos que se mencionan a continuación:

Costo: ya que la máquina a diseñarse deberá ser de menor costo comparada con una máquina adquirida en el mercado.

Tecnología: se tomó en cuenta este parámetro ya que la máquina va a prestar servicios en una fábrica que requiere adaptarse a nuevas tecnologías brindando así una producción de calidad.

Espacio: ya que deberá adaptarse fácilmente a las líneas de producción en su entorno disponible.

Número de Prendas: deberá cumplir satisfactoriamente con las exigencias y parámetros solicitados y así, reducir los tiempos de producción de manera significativa.

Manejo: debe ser de fácil manejo, para evitar conflictos al obrero al momento de hacer uso de la máquina.

Tabla 4. 14: Evaluación del peso específico de cada criterio

Costo > Tecnología > Espacio = Número de prendas > Manejo							
Criterio	Costo	Tecnología	Espacio	Número de prendas	Manejo	$\Sigma + 1$	Ponderado
Costo		1	1	1	1	5	0,33
Tecnología	0		1	1	1	4	0,27
Espacio	0	0		0,5	1	2,5	0,17
Número de prendas	0	0	0,5		1	2,5	0,17
Manejo	0	0	0	0		1	0,07
SUMA TOTAL						15	1,00

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

4.2.2. Costo

Va a depender de los mecanismos componentes de cada uno de los sistemas de secado.

4.2.2.1. Mod. A (Túnel de Secado UV)

Sus mecanismos componentes que forman parte de este sistema son los siguientes:

A1. Banda Transportadora: los elementos que conforman el movimiento de la banda se los mencionan a continuación:

Tabla 4. 15: Banda Transportadora costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Banda	Compra	975	1	975
Variador	Compra	450	1	450
Moto reductor	Compra	600	1	600
Ejes	Maquinado	35	2	70
Chumaceras	Compra	25	4	100
Suma Total				2195

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

A2. Fuente de Calor: está compuesta por los siguientes elementos:

Tabla 4. 16: Fuente de Calor costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Luz UV	Compra	295	1	295
Controlador de temperatura	Compra	200	1	200
Suma Total				495

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

A3. Estructura: se compone como se lo menciona a continuación:

Tabla 4. 17: Estructura costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Base	Maquinado	100	1	100
Cubierta superior	Maquinado	150	1	150
			Suma Total	250

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

A4. Total: para saber el costo final estimado se procederá a sumar el total de cada uno de los componentes de la máquina.

Tabla 4. 18: Túnel de Secado UV costo estimado

	Valor \$
Banda transportadora	2195
Fuente de calor	495
Estructura	250
Total	2940

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

4.2.2.2. Mod. B (Horno Alfa de Gas)

Sus mecanismos componentes que forman parte de este sistema son los siguientes; banda transportadora, fuente de calor, estructura.

B1. Banda Transportadora: los elementos que conforman el movimiento de la banda se los mencionan a continuación:

Tabla 4. 19: Banda Transportadora costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Banda	Compra	975	1	975
Variador	Compra	450	1	450
Motorreductor	Compra	750	1	750
Ejes	Maquinado	30	2	60
Chumaceras	Compra	30	4	120
Suma Total				2055

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

B2. Fuente de Calor: está compuesta por los siguientes elementos:

Tabla 4. 20: Fuente de Calor costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Quemadores tipo Flauta	Compra	50	6	300
Controlador de temperatura	Compra	180	1	180
Conductos de Cobre	Compra	30	6	180
Controlador de quemadores	Compra	5	6	30
Suma Total				630

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

B3. Estructura: se compone como se lo menciona a continuación:

Tabla 4. 21: Estructura costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Base	Maquinado	300	1	300
Cubierta superior	Maquinado	280	1	280
			Suma Total	580

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

B4. Total: para saber el costo final estimado procedemos a sumar el total de cada uno de los componentes de la máquina.

Tabla 4. 22 : Horno Alfa de Gas costo estimado.

	Valor \$
Banda transportadora	2055
Fuente de calor	630
Estructura	580
Total	3265

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

4.2.2.3. Mod. C (Horno Eléctrico)

Sus mecanismos componentes que forman parte de este sistema son los siguientes; banda transportadora, fuente de calor, estructura.

C1. Banda Transportadora: los elementos que conforman el movimiento de la banda se los mencionan a continuación:

Tabla 4. 23: Banda Transportadora costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Banda	Compra	875	1	875
Motorreductor	Compra	450	1	450
Variador	Compra	480	1	480
Potenciómetro	Compra	35	1	35
Ejes	Maquinado	30	2	60
Chumaceras	Compra	25	4	100
Suma total				2000

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

C2. Fuente de Calor: está compuesta por los siguientes elementos:

Tabla 4. 24: Fuente de Calor costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Resistencias Eléctricas	Compra	75	1	75
Contactores	Compra	1	40	40
Cable asbesto	Compra	4.50	5	22.50
Lana de fibra de vidrio	Compra	8	5	40
Termocupla	Compra	180	1	180
Suma Total				357.50

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

C3. Estructura: se compone como se lo menciona a continuación:

Tabla 4. 25: Estructura costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Base	Maquinado	100	1	100
Cubierta superior	Maquinado	150	1	150
Suma Total				2607.5

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

C4. Total: Procedemos a sumar el total de cada uno de los componentes de la máquina.

Tabla 4. 26: Horno Eléctrico costo estimado.

	Valor \$
Banda transportadora	910
Fuente de calor	450
Estructura	450
Total	2038

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)










Tabla 4. 27: Evaluación del Peso Específico del Criterio Costo

Mod. A = Mod. C > Mod. B					
Costo	Mod. A	Mod. B	Mod. C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Mod. A		1	0,5	2,5	0,42
Mod. B	0		0	1	0,17
Mod. C	0,5	1		2,5	0,42
			SUMA TOTAL	6	1

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

4.2.3. Tecnología

Tabla 4. 28: Tecnología de los componentes de cada alternativa

Tecnología	Está fundamentada en los equipos que conforman parte de los sistemas de funcionamiento		
	Mod. A	Mod. B	Mod. C
Generador de calor	Luz UV 	Quemador a gas 	Resistencia Eléctrica 
Controlador de temperatura	Digital 	Manual 	Digital, Análogo 
Controlador de velocidad banda transportadora	Variador de Frecuencia 	Variador de frecuencia 	Variador de frecuencia 

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Tabla 4. 29: Evaluación del Peso Específico del Criterio Tecnología

Mod. B=Mod. C > Mod. A					
Tecnología	Mod. A	Mod. B	Mod. C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Mod. A		0	0	1	0,17
Mod. B	1		0,5	2,5	0,42
Mod. C	1	0,5		2,5	0,42
SUMA TOTAL				6	1

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

4.2.4. Espacio

Tabla 4. 30: Espacio necesario para la máquina

Espacio	Su espacio dependerá de las características del sistema de secado		
	Mod. A	Mod. B	Mod. C
Altura (mm)	1500	1400	1050
Ancho (mm)	950	1060	940
Longitud (mm)	2500	3200	2400

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Tabla 4. 31: Evaluación Del Peso Específico del Criterio Espacio

Mod. B > Mod. A = Mod. C					
Espacio	Mod. A	Mod. B	Mod. C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Mod. A		0	0,5	1,5	0,25
Mod. B	1		1	3	0,5
Mod. C	0,5	0		1,5	0,25
SUMA TOTAL				6	1

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

4.2.5. Número de Prendas

Este parámetro va a depender de la producción que se realiza manualmente es decir deben satisfacer su demanda o más, lo cual podremos comprobar en la Tabla 4.32

Tabla 4. 32: Evaluación Del Peso Específico del Criterio Número de Prendas

Mod. A = Mod. B = Mod. C					
Espacio	Mod. A	Mod. B	Mod. C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Mod. A		0,5	0,5	2	0,33
Mod. B	0,5		0,5	2	0,33
Mod. C	0,5	0,5		2	0,33
SUMA TOTAL				6	1

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

4.2.6. Manejo

Para cada modelo tenemos su respectiva botonera de accionamiento para su control por lo cual su manejo resulta no ser complejo.

Tabla 4. 33: Evaluación Del Peso Específico del Criterio Manejo

Mod. A = Mod. B = Mod. C					
Manejo	Mod. A	Mod. B	Mod. C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Mod. A		0,5	0,5	2	0,33
Mod. B	0,5		0,5	2	0,33
Mod. C	0,5	0,5		2	0,33
SUMA TOTAL				6	1

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Después de haber realizado cada uno de los parámetros se procede al análisis para encontrar un sistema acorde a las necesidades presentadas.

Tabla 4. 34: Resultados de la Ponderación

Alternativas	Costo	Tecnología	Espacio	Número de Prendas	Manejo	Σ	Perspectivas
Mod. A	0,14	0,04	0,04	0,06	0,02	0,30	3
Mod. B	0,06	0,11	0,09	0,06	0,02	0,34	2
Mod. C	0,14	0,11	0,04	0,06	0,02	0,37	1

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Realizando el Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados, tenemos que la solución más viable para el estudio realizado es la alternativa Mod. C, por tener el valor más alto en el resultado final de la ponderación.

- **Descripción de la alternativa seleccionada**

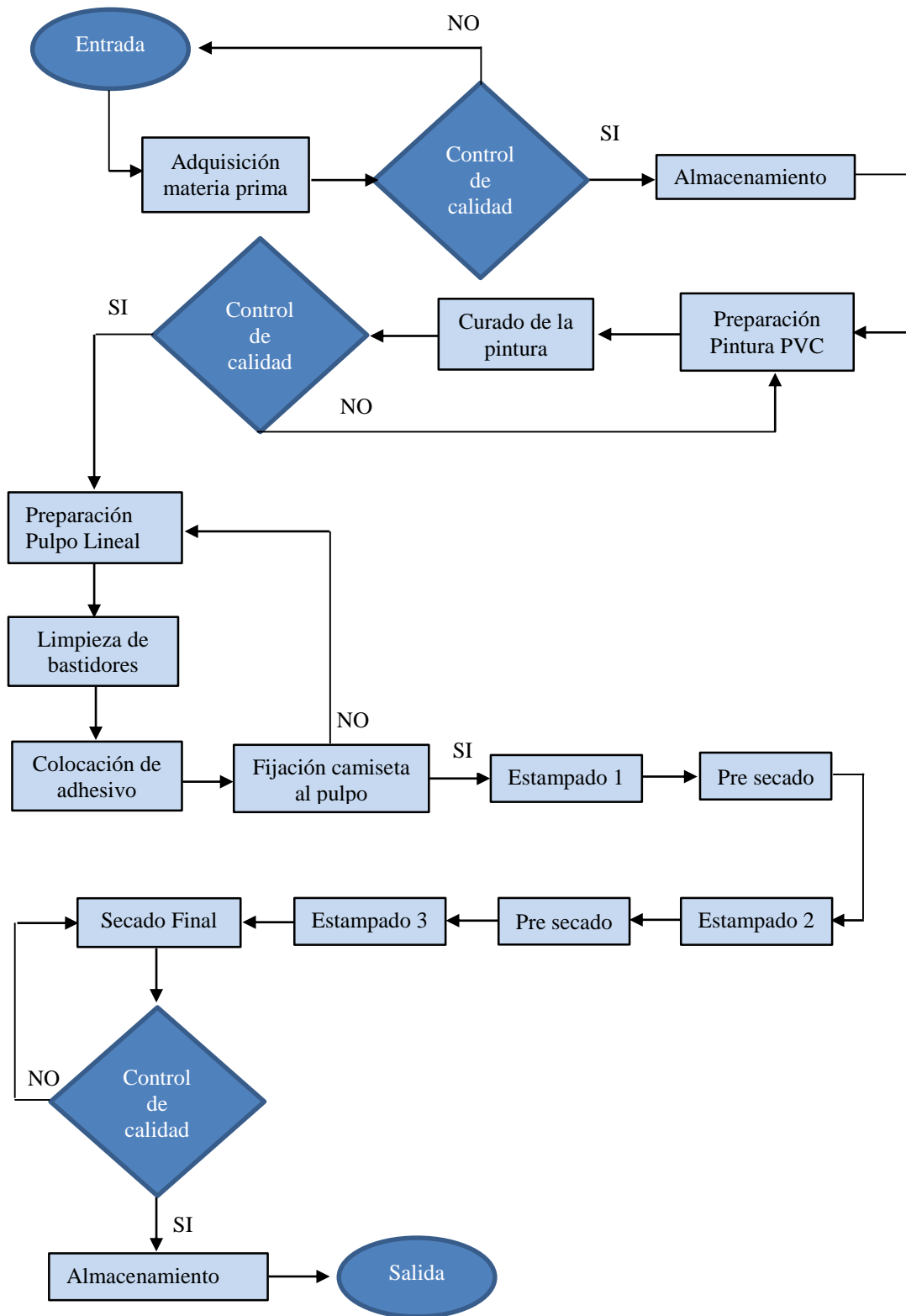
Después de haber realizado el análisis de ponderación, haciendo uso de la información obtenida en la investigación, la cual contribuirá en el mejoramiento de los tiempos de secado, se decidió que la mejor opción es un Horno Eléctrico, ya que esta máquina cumple satisfactoriamente con las necesidades del Sistema de Secado.

La máquina seleccionada es de fácil montaje, así como su espacio a usar no es de gran relevancia, su frecuencia de mantenimiento no presenta dificultad, su adaptación a las líneas de producción es mínima y el mejoramiento en los tiempos de producción es notable ya que trabajara en forma continua, un punto importante es que el costo de la máquina no es elevado considerando el aspecto contributivo de la misma.

El Horno Eléctrico, el cual consta de una banda transportadora de teflón con fibra de vidrio cuyos extremos están unidos con grapas de acero inoxidable y un pasador del mismo material, resistente a altas temperaturas, la velocidad del motorreductor

estará controlada por medio de un variador de frecuencia, para la cámara térmica se utilizará una resistencia eléctrica y una termocupla que controlara la temperatura adecuada de trabajo, el aislamiento de la cámara térmica estará forrada de lana de fibra de vidrio a más de un espacio entre paredes.

4.3. Flujograma de procesos de producción:



4.3.1. Cursograma de simbología del proceso de producción con secado manual

Descripción	Símbolos						Tiempo	Observación
	△	○	□	⇒	D	▽		
Adquisición materia prima	●							
Almacenamiento	●							
Limpieza de bastidores	●						0:06:18	Limpiar con solvente PVC
Trasporte aditivos de pintura							0:02:41	Llevar los aditivos hasta la mesa de curado de pintura
Preparación pintura PVC		●					0:01:28	Mezclar los aditivos junto con pintura
Transporte adhesivo para P.L							0:01:17	Llevar el adhesivo hasta el pulpo lineal
Preparación Pulpo Lineal		●					0:11:04	Colocar el adhesivo sobre todas las mesas del P.L
Transporte materia prima							0:01:38	Llevar la materia prima hasta las mesas del P.L
Ubicación en pulpo lineal de 24 brazos		●					0:09:36	Colocar la materia prima sobre las mesas del P.L
Estampado 1		●					0:00:09	Estampado primer color
Pre secado							0:00:15	
Estampado 2		●					0:00:11	Estampado segundo color
Pre secado							0:00:12	
Estampado 3		●					0:00:08	Estampado tercer color
Alineado		●					0:00:06	Colocar las prendas cerca del secador
Secado Final							0:00:49	Cada prenda deberá pasar por el secador
Almacenamiento		●					0:04:13	Colocar en estantes
							Σ 0:38:05	Proceso completo

Simbología	Significado
△	Almacenamiento
○	Operación a ser realizada
□	Inspección de control de calidad, cantidad, peso.
D	Espera por demora en el desarrollo
▽	Entrada de producto o materia que ingresa a la operación

4.4. Pruebas de secado

4.4.1. Secado manual

Para obtener los tiempos de secado que ayuden a comprobar la hipótesis planteada, se procedió a realizar experimentalmente distintas pruebas de secado de forma manual. En la Figura 4.1 podemos observar el secado de estampados en camisetas, realizado de forma manual.



Figura 26: Horno Alfa de Gas

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Los elementos que fueron tomados en cuenta, para determinar el tiempo que lleva realizar el secado de estampados, se los puede observar en la Tabla 4.23 y en la figura 27 se puede ver ilustrado las actividades que una persona realizada tomando en cuenta sus tiempos promedio.

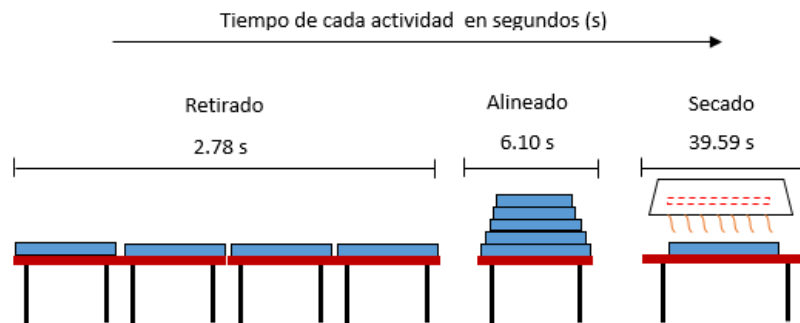



Figura 27: Actividades realizadas en el secado manual

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Tabla 4. 35: Prueba de Secado Manual

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE OBSERVACIÓN							
SECADO MANUAL							
Lugar: Fábrica Technology							
Investigador: Xavier Pacha							
N°	Tiempo de Secado Camisetas Estampadas				Camisetas Estampadas Secas		
	Retirado	Alineado	Secado	Tiempo (s)	1 Minuto	1 Hora	8 Horas
1	2,37	5,74	34,32	42,43	1,41	84,6	676,8
2	2,38	6,37	46,92	57,67	1,07	64,66	517,33
3	3,05	6,61	33,75	43,41	1,38	82,93	663,44
4	2,87	5,89	41,40	50,16	1,19	71,77	574,16
5	2,60	6,82	55,40	64,82	0,92	55,53	444,30
6	218	5,21	46,25	53,64	1,11	67,11	536,91
7	3,60	6,52	31,59	41,71	1,43	86,31	690,48
8	2,79	6,65	45,25	54,69	1,09	65,82	526,60
9	2,31	5,57	35,73	43,61	1,37	82,54	660,48
10	2,54	5,8	42,28	50,62	1,18	71,11	568,94

11	3,12	6,36	38,22	47,70	1,25	75,47	603,77
12	3,15	5,68	36,17	45,00	1,33	80,00	640,00
13	2,17	6,16	32,15	40,48	1,48	88,93	71146
14	2,85	5,88	36,13	44,86	1,33	80,24	641,99
15	2,16	5,69	35,87	43,72	1,37	82,34	658,73
16	2,45	7,02	40,82	50,29	1,19	71,58	572,67
17	2,09	6,83	32,65	41,57	1,44	86,60	692,80
18	3,73	5,97	49,30	59,00	1,01	61,01	488,13
19	2,87	5,89	32,65	41,41	1,44	86,93	695,48
20	2,37	6,53	37,02	45,92	1,30	78,39	627,17
21	3,05	6,84	33,19	43,08	1,39	83,56	668,52
22	2,88	7,01	38,46	48,35	1,24	74,45	595,65
23	2,56	6,82	38,87	48,25	1,24	74,61	596,89
24	2,89	5,65	34,8	43,34	1,38	83,06	664,51
25	3,02	5,43	46,70	55,15	1,08	65,27	522,21
26	2,62	5,99	42,16	50,77	1,18	70,90	567,26
27	2,92	6,08	43,10	52,10	1,15	69,09	552,78
28	3,22	5,55	38,9	47,67	1,25	75,51	604,15
29	2,55	6,02	38,42	46,99	1,27	76,61	612,89
30	2,87	6,81	36,24	45,92	1,30	78,39	627,17
31	2,64	6,70	43,50	52,84	1,13	68,13	545,04
32	2,68	5,34	40,61	48,63	1,23	74,02	592,22
33	1,89	6,35	36,80	45,04	1,33	79,92	639,43
34	2,97	5,74	39,86	48,57	1,23	74,11	592,95
35	3,65	5,82	42,8	52,27	1,14	68,87	550,98
36	3,02	5,3	37,33	45,65	1,31	78,86	630,88
37	2,47	5,54	39,71	47,72	1,25	75,44	603,52
38	3,86	6,87	41,11	51,84	1,15	69,44	555,55
39	3,61	5,68	47,16	56,45	1,06	63,77	510,18
40	2,38	5,34	40,31	48,03	1,24	74,95	599,62
V.P	2,78	6,10	39,59	48,48	1,25	75,08	600,65

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Después de haber obtenido los tiempos de secado manual por medio de las pruebas realizadas, se procedió a realizar un promedio del tiempo y producción, el cual conllevaría realizar el secado de la forma que actualmente se lo realiza es decir de forma manual.

Tabla 4. 36: Prueba de Secado Manual

SECADO MANUAL				
TIEMPO DE SECADO (SEGUNDOS)		PRODUCCIÓN		
1 CAMISETA		(CAMISETAS ESTAMPADAS SECAS)		
		1 minuto	1 hora	8 horas
VALOR PROMEDIO	48,48	1	75	600

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

4.4.2. Secado en el horno eléctrico

Para realizar las pruebas con el sistema de secado de horno eléctrico se va a tomar dos puntos de referencia, el primer punto será la entrada de la cámara térmica y el segundo punto será a la salida, teniendo en cuenta que la camiseta deberá salir completamente de la cámara térmica.

Las pruebas de secado de camisetas estampadas que fueron realizadas haciendo uso del horno eléctrico se las realizó tomando en cuenta los factores tiempo y temperatura, ya que si el tiempo en que se demore en salir la camiseta estampada de la cámara térmica es menor a 10 segundos se tendrá un secado deficiente de la misma manera si el tiempo de salida es mayor a 45 segundos la optimización de tiempos de secado de camisetas estampadas habrá fallado.

Al hablar del factor temperatura diremos que si es menor a 100 °C la camiseta no tendrá un secado óptimo del estampado, así como; si la temperatura de secado es mayor a 160 °C se tendrá un secado excesivo e incluso la prenda se podría echar a perder.

Por los factores mencionados el sistema de secado de horno eléctrico, consta de un potenciómetro con el cual se podrá controlar la velocidad de giro adecuada.

Como también para poder controlar el rango de temperatura de la cámara térmica se instaló una termocupla con la cual se podrá establecer su secado idóneo con rangos mínimo y máximo.

Para la prueba de los elementos que forman parte del horno eléctrico se realizaron análisis y los rangos de temperatura y tiempos más eficientes se los menciona en la tabla 4.25 los 24 datos fueron tomados de la capacidad que tiene el pulpo lineal en el cual se realizan los estampados (pulpo lineal de 1 docena por cada lado) así como en la figura 28 se puede observar los procedimientos que una persona realiza en cada actividad tomando en cuenta sus tiempos medios.

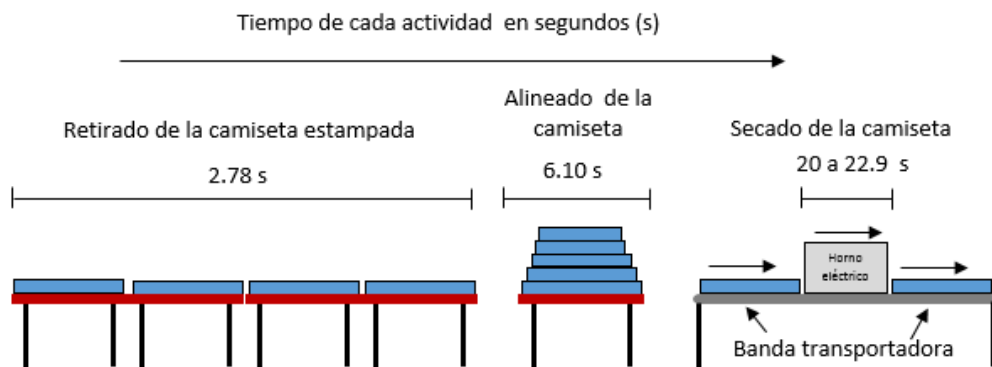



Figura 28: Actividades realizadas con el horno eléctrico

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Tabla 4. 37: Prueba de secado con el horno eléctrico

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE OBSERVACIÓN						
SECADO HORNO ELÉCTRICO						
Lugar: Fábrica Technology						
Investigador: Xavier Pacha						
	Tiempo de Secado Camisetas Estampadas			Producción		
	Frecuencia de salida (Hz)	Temperatura °C	Tiempo (segundos)	(Camisetas inspección)		
Ítem	B. transportadora	Termocupla	1 camiseta	1 Minuto	1 Hora	8 Horas
1	10	90	38.6	1	60	480
2	10.5	93	37.9	1	60	480
3	11	95	37.1	1	60	480
4	12.2	97	35.9	1	60	480
5	13.6	100	35.2	1	60	480
6	14	102	34	1	60	480
7	15	105	33.6	1	60	480
8	16.7	107	32.5	1	60	480
9	17.3	110	31.7	1	60	480
10	18.6	112	30	2	120	960
11	19	115	28.3	2	120	960
12	20	117	27.7	2	120	960
13	18	117.5	26.8	2	120	960
14	18.4	118	25.01	2	120	960
15	19.6	120	23.4	2	120	960
16	20	120.2	22.7	2	120	960
17	21.5	125	21.5	2	120	960
18	22.9	125.5	20	3	180	1440
19	23.4	130	19.7	3	180	1440

20	24.3	135	18.8	3	180	1440
21	24.8	135.5	18.1	3	180	1440
22	25.2	140	17.6	3	180	1440
23	28.6	150	15.8	3	180	1440
24	30.4	160	14.7	4	240	1920
V.P	19.8	117.48	26.94	2	117	940

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

4.5. Interpretación de datos

Los resultados obtenidos anteriormente serán de gran ayuda, ya que por medio de ello podremos realizar una tabla comparativa y verificar los tiempos de secado de cada sistema.

En el gráfico 4.1 se muestra por medio de un sistema de barras, los valores medios de secado de camisetas estampadas de forma manual que fueron obtenidos anteriormente en la tabla 4.23

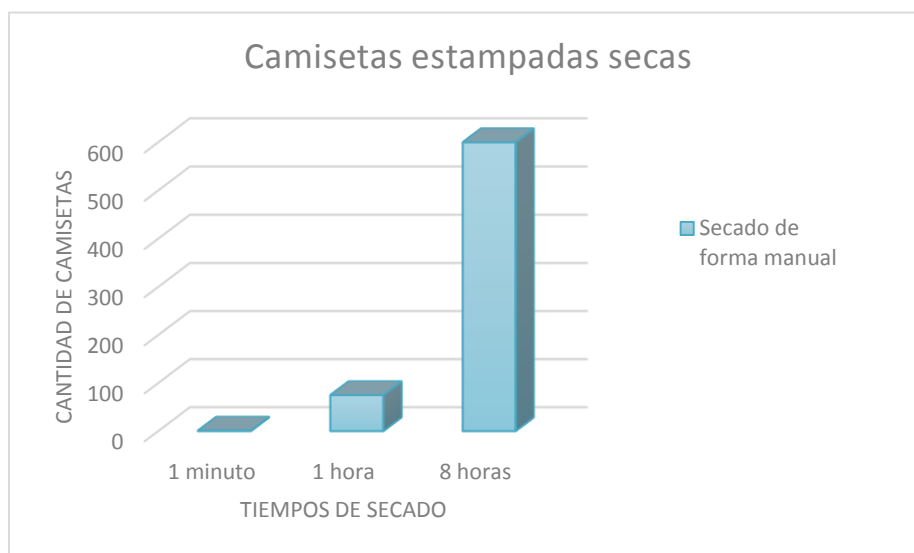


Gráfico 1: Cantidad de camisetas estampadas secas (forma manual)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

En el gráfico 4.2 se muestra por medio de un sistema de barras, los valores medios de secado de camisetas estampadas por medio del horno eléctrico que fueron obtenidos anteriormente en la tabla 4.25

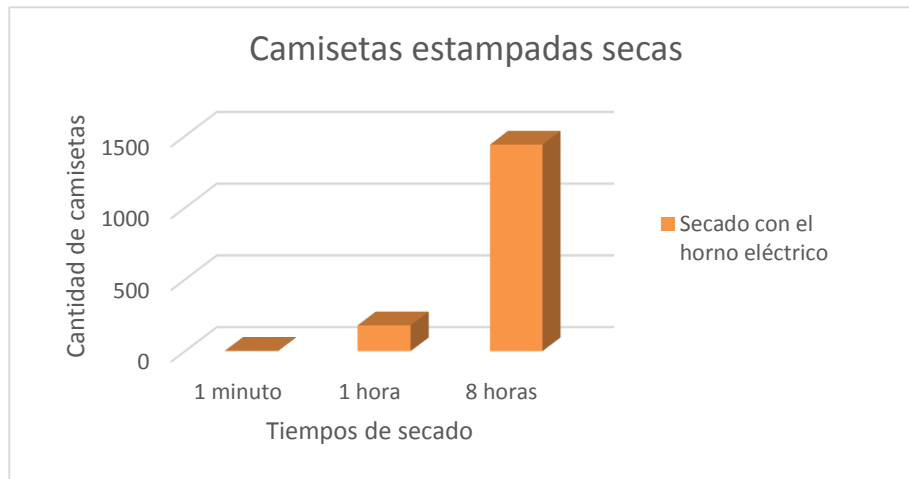


Gráfico 2: Cantidad de camisetas estampadas secas (horno eléctrico)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Con los resultados obtenidos podemos observar que haciendo uso del horno eléctrico para el secado de camisetas estampadas, se puede reducir notablemente los tiempos de secado.

4.6. Verificación de la hipótesis

Mediante la investigación que se realizó y con la máquina seleccionada por medio de la ponderación realizada anteriormente se eligió un horno eléctrico con el cual se realizaron pruebas de secado de camisetas estampadas para ver su capacidad de producción, la misma que fue comparada con la forma de secado manual mostrada en la tabla 4.26

Tabla 4. 38: Comparación de los tipos de secado

PRODUCCIÓN DEL SECADO DE CAMISETAS ESTAMPADAS			
Tipo de secado	CAMISETAS ESTAMPADAS SECAS		
	1 minuto	1 hora	8 horas
Secado manual	1	75	600
Secado horno eléctrico	3	180	1440

Elaborado: Investigador (Xavier Pacha)

En el gráfico 3 se puede observar la comparación de camisetas estampadas secas de forma manual y usando el horno eléctrico.

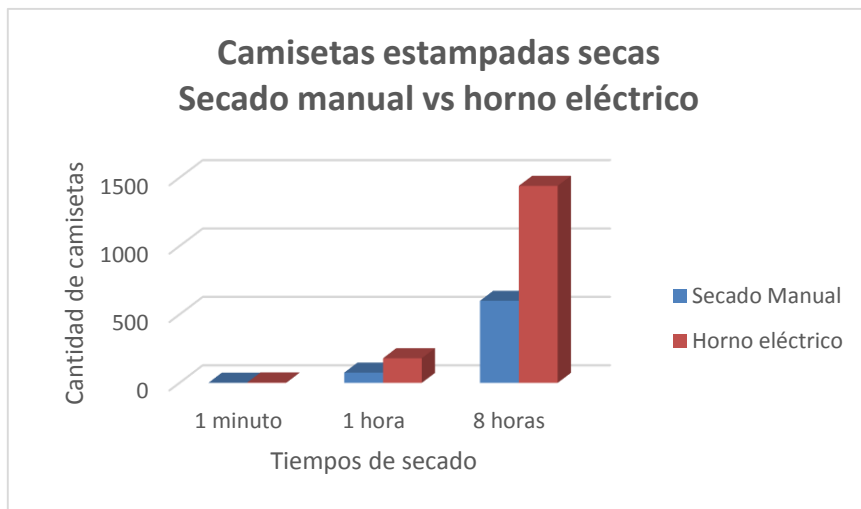


Gráfico 3: Secado manual vs horno eléctrico

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

4.6.1. Cursograma de simbología del proceso de producción secado con horno eléctrico

Descripción	Símbolos						Tiempo	Observación
	△	○	□	⇒	▷	▽		
Adquisición materia prima	●							
Almacenamiento	●							
Limpieza de bastidores		●					0:06:18	Limpiar con solvente PVC
Trasporte aditivos de pintura				●			0:02:41	Llevar los aditivos hasta la mesa de curado de pintura
Preparación pintura PVC		●					0:01:28	Mezclar los aditivos junto con pintura
Transporte adhesivo para P.L				●			0:01:17	Llevar el adhesivo hasta el pulpo lineal
Preparación Pulpo Lineal		●					0:11:04	Colocar el adhesivo sobre todas las mesas del P.L
Transporte materia prima				●			0:01:38	Llevar la materia prima hasta las mesas del P.L
Ubicación en pulpo lineal de 24 brazos		●					0:09:36	Colocar la materia prima sobre las mesas del P.L
Estampado 1		●					0:00:09	Estampado primer color
Estampado 2				●			0:00:11	Estampado segundo color
Estampado 3		●					0:00:08	Estampado tercer color
Alineado		●					0:00:06	Colocar las prendas cerca del secador
Secado Final Horno eléctrico				●			0:00:22	Cada prenda deberá pasar por el secador
Almacenamiento		●					0:04:13	Colocar en estantes
							Σ 0:37:51	Proceso completo

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Mediante los parámetros que fueron establecidos en el subíndice 4.1 se pudo llegar a elegir un sistema de secado, que pueda cumplir satisfactoriamente con las necesidades establecidas.
- Del análisis de ponderación establecido en la tabla 4.22 se llegó a constituir como mejor opción un Horno Eléctrico, ya que este obtuvo mayor puntaje de acuerdo a los criterios de selección, su construcción y mantenimiento no son complicados, se adapta fácilmente a las líneas de producción y su costo es menor comparado con las otras opciones planteadas.
- Por medio de la termocupla se podrá controlar la temperatura de forma automática, encendiendo y apagando la resistencia eléctrica de acuerdo, a alta y baja temperatura, establecidas previamente a las cuales debe funcionar el Horno Eléctrico.
- Por medio de las pruebas realizadas se estableció que la temperatura idónea para el secado de camisetas estampadas es de 125.5 °C y su frecuencia de salida es de 22.9 Hz, con estos parámetros se tiene un secado completo y uniforme de la prenda.
- Con la implementación del horno eléctrico a las líneas de producción, se puede decir que su demanda de secado de 80 docenas de camisetas estampadas, se la

puede efectuar en un día normal de trabajo de 8 horas laborables sin ningún inconveniente como se detalla en la tabla 4.25

- Para saber si la resistencia eléctrica se encuentra o no activa, se implementó dos luces piloto, una verde la cual se accionará cuando la resistencia permanezca encendida y una roja la cual nos indicará que la resistencia se encuentra apagada.
- Para evitar la pérdida de energía calorífica se colocó una cubierta de lana de fibra de vidrio en todas las paredes de la cámara, así como también a más del aislante térmico mencionado se consideró prudente dejar un espacio de aire entre paredes.
- Con la implementación del horno eléctrico incrementó el número de camisetas secas al doble, en comparación con el secado de forma manual, es decir aumento en un 100% sin necesidad de incrementar el tiempo de labores.

5.2. Recomendaciones

- Se debe seleccionar una máquina de acuerdo a las necesidades y al tipo de material con el cual va a trabajar, el ambiente en el cual se desempeñara; así como se debe tomar en cuenta que deberá trabajar de forma continua y con resultados de secados óptimos y de calidad.
- Al establecer la velocidad a la cual va a girar la banda se recomienda tener muy en cuenta la frecuencia ya que si se trabaja con valores muy bajos el motorreductor tendera a sobrecalentarse ya que su ventilación no es la adecuada.
- Para la elección de mandos se recomienda colocar luces piloto con colores comprensibles para sus operadores, fáciles de diferenciar uno del otro de acuerdo a su operación que vaya realizar.

- Para aprovechar el espacio disponible de la banda se recomienda espacios prudentes (10 a 15 cm) ya que la longitud del horno es suficiente para alojar a las prendas una detrás de otra.
- Se recomienda colocar contactores de acuerdo a las resistencias eléctricas que se vayan a usar, y evitar que sufran un quebranto y la pérdida de la misma en caso de sufrir una sobrecarga de energía.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

Diseño y construcción de un horno eléctrico para el proceso de secado de camisetas estampadas en la Fábrica Technology de la Provincia de Tungurahua Cantón Ambato.

6.1. Datos informativos

6.1.1. Institución ejecutora

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

6.1.2. Beneficiarios

Fábrica Technology

Sistema de Secado

Talento humano de la fábrica

6.1.3. Ubicación

Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato

6.1.4. Tiempo estimado para la ejecución

Inicio: Noviembre 2014

Fin: Mayo 2015

6.1.5. Equipo técnico responsable

Pacha Azogue Edwin Xavier, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

6.1.6. Costo

El diseño y construcción del horno eléctrico tiene un costo de 3450 dólares que fue obtenido mediante el análisis de la tabla 6.11

6.2. Antecedentes de la propuesta

De acuerdo a la investigación realizada se establece la necesidad de implementar un sistema de secado que colabora en la eficiencia del proceso de estampados en la Fábrica Technology.

El horno eléctrico, se seleccionó mediante un análisis de ponderación, ya que existen diferentes tipos y alternativas de sistemas de secado. El horno eléctrico resulto ser el más adecuado ya que sus características técnicas y de funcionamiento se acoplan sin presentar inconvenientes, así como; su fácil adaptación a las líneas de producción, fácil montaje y mantenimiento respectivamente, su costo de fabricación no elevado y su facilidad de funcionamiento lo hace idóneo para trabajar en el sistema de secado.

6.3. Justificación

Se ha visto que el mercado competitivo crece a diario y la constante tendencia de mejorar la calidad del producto ofrecido, lo cual implica el hacer uso de nuevas tecnologías, lo cual justifica la importancia del desarrollo de este proyecto, ya que con la implementación de un sistema de secado se ofrece una actualización de maquinaria a la fábrica de estampados.

Por otra parte con el diseño de esta máquina, se pretende incentivar en el desarrollo de nuevas ideas y adaptación a líneas de producción maquinaria que permita contribuir con los productores nacionales. Así como es de gran aporte para mejorar y reducir tiempos de secado y cumplir estándares de calidad, que mejora sus procesos de producción y reduce sus costos de manufactura.

6.4. Objetivos

6.4.1. Objetivo general

Diseñar un Horno Eléctrico de secado de estampados de camisetas para reducir los tiempos de producción en la Fábrica Technology.

6.4.2. Objetivos específicos

- Establecer y determinar los principales aspectos que son considerados en la elección de un sistema de secado de estampados de camisetas.
- Elegir los elementos mecánicos adecuados para el buen desempeño de la máquina seleccionada.
- Evaluar el sistema propuesto para realizar el secado de estampados de camisetas.

6.5. Análisis de factibilidad

En el diseño y construcción del Horno Eléctrico, para el sistema de secado de camisetas estampadas es posible realizarlo. Pues es conocido que hoy en día el mercado está dotado de sistemas relacionados con lo propuesto, es por ello; que se podrá aprovechar sus parámetros de funcionamiento e implementar el diseño en el cual se aplicó conocimientos propios, así como; tecnología existente en nuestro medio, para el desarrollo óptimo del sistema. El presente proyecto, fue desarrollado, ya que cuenta con la predisposición innovadora de la fábrica Technology, quien proporcionará el espacio físico necesario para la ubicación e instalación en un punto clave, donde la máquina puede adaptarse con facilidad a las líneas de producción.

Cabe mencionar la importancia de tener en cuenta parámetros de diseño para la construcción de un horno eléctrico, como lo es; el tiempo de giro que tendrá la banda transportadora, su potencia, temperatura idónea para el secado y la producción requerida por el usuario.

Para el desarrollo de este proyecto se presenta la facilidad de la obtención de los materiales que serán usados para su construcción, ya que en nuestro medio suelen ser muy comerciales, para su accionamiento se usaron elementos de nueva tecnología que están acorde al desarrollo de la máquina y que garantiza su óptimo funcionamiento.

Es así, que con en el desarrollo de la propuesta planteada, se puede mejorar su capacidad de producción en un menor tiempo, como también el secado que se obtendrá es de manera uniforme, mas no, como se lo realiza de forma manual.

6.6. Fundamentación

Los factores que fueron tomados en cuenta para el diseño y construcción de la máquina, son de suma importancia, por lo cual la información recolectada en los capítulos anteriores es de gran ayuda, ya que su funcionamiento depende de cada uno de los elementos que conforman el sistema.

6.6.1. Dimensiones del horno eléctrico

Al diseñar una máquina se tomó en cuenta algunos requerimientos importantes como; reducir esfuerzo físico del operario, mantener una buena visión operario-maquinaria, accionamiento fiable, debe ser eficaz y proporcionar límite de errores reducidos al momento de hacer uso de ella, seguridad a todo momento, cumpliendo con lo mencionado y tomando en cuenta el espacio disponible con el que se contará en la Fábrica Technology se puede decir que sus dimensiones serán las siguientes:

➤ **Estructura**

Longitud: 2400 mm

Altura: 750 mm

Ancho: 940 mm

➤ **Cámara de Secado**

Longitud: 1100 mm

Altura: 300 mm

Ancho: 940 mm

➤ **Dimensiones totales**

Longitud: 2400 mm

Altura: 1050 mm

Ancho: 940 mm

6.6.2. Potencia necesaria

Es importante la determinación de la potencia que se encarga de dar movimiento a la banda transportadora junto con el peso de las camisetas, teniendo en cuenta el tiempo de giro que es necesario para un secado óptimo de las prendas.

6.6.3. Características del material en el horno eléctrico

Para la construcción del Horno Eléctrico se usó un material que cumpla con las características físicas y mecánicas de acuerdo al trabajo que este vaya a realizar, ya que de este parámetro depende el buen desempeño evitando así que se produzcan contratiempos o retrasos en el proceso de secado.

6.6.4. Características del material a secar

El Horno Eléctrico está destinado a realizar el secado de camisetas en las tallas encontradas comúnmente en el mercado como lo son, talla S, talla M, talla L sus

características entendiéndose con esto su longitud, ancho, material y peso se las detalla a continuación:



Figura 29: Forma de tomar las medidas de una camiseta

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Tabla 6. 39: Características del material a secar

Talla	Material	Longitud (m)	Ancho (m)	Peso (Kg)
X	Algodón	0.62	0.64	0.115
M	Algodón	0.70	0.72	0.136
L	Algodón	0.78	0.80	0.158

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.6.5. Vida útil de horno eléctrico

Está ligado al material seleccionado para su construcción de acuerdo a las condiciones de funcionamiento requeridas, como también al montaje y lugar en el cual funcionará, a su mantenimiento periódico de acuerdo a las horas de trabajo establecidas, es importante trabajar con materiales que con el tiempo y uso se mantengan.

6.6.6. Mantenimiento

Está relacionado con el diseño y horas de trabajo de la máquina, el mantenimiento debe ser rápido, de bajo costo y sobre todo que no se le haga de manera frecuente ya que esto implicaría paros en la línea de producción y lógicamente pérdidas económicas.

6.6.7. Costo

Este parámetro es importante, ya que se debe realizar un estudio de su diseño, optando así por la mejor elección, es así; que con el desarrollo de la investigación se busca disminuir su costo de construcción y hacer factible su implementación.

6.6.8. Flexibilidad

En este punto cabe mencionar que la máquina va a tener que implementarse con facilidad a las líneas de producción y debe presentar disposición de adaptación y de ser posible posteriormente mejorar su diseño con avances tecnológicos.

6.6.9. Sistemas constituyentes del horno eléctrico

El Horno Eléctrico para secado de camisetas estampados está constituido por sistemas que fueron diseños para realizar un secado uniforme, eficaz y rápido que pueda satisfacer las necesidades y mejorar su producción.

Los sistemas que lo conforman se los describe a continuación:

- **Sistema térmico**

Está conformado por resistencias eléctricas las cuáles serán las encargadas de generar el calor necesario para el secado, el cual estará aislado por medio de una capa de fibra de vidrio, colocado en cada una de sus paredes evitando así la fuga o pérdida de calor.

- **Sistema de la banda transportadora**

Este sistema está compuesto por la cinta transportadora que está diseñada a base de teflón ya que debe resistir a altas temperaturas, la cual será guiada por un eje motriz y un eje conducido, los mismos que estarán colocados en chumaceras colocadas respectivamente sobre la estructura metálica.

- **Sistema eléctrico**

Es el encargado de energizar a los componentes eléctricos y así poder accionar la banda horizontal la cual es la encargada de transportar las camisetas hacia la cámara térmica y así realizar el secado continuo del estampado.

6.7. Cálculos:

A. Motriz

6.7.1. Inercia

Para poder saber cuál es la potencia requerida por el motor que será utilizado para poder dar movimiento a la banda transportadora, es de suma importancia saber las inercias de todos los elementos los cuales se encontrarán en movimiento.

Tabla 6. 40: Cálculo de Inercias

Elemento	Datos	Fórmula	Unidades	Valor
Eje del motorreductor	m: 0.217 Kg r: 0.0127 m L: 0.055 m	$I = \frac{1}{4}m(r^2 + \frac{L^2}{3})$	Kg.m ²	6.345 x 10 ⁻⁵
Catarina motriz	m = 0.135 Kg r = 0.0335 m	$I = \frac{mr^2}{2}$	Kg.m ²	7.5x10 ⁻⁵
Catarina Conducida	m = 0.236 Kg r = 0.0425 m	$I = \frac{mr^2}{2}$	Kg.m ²	2.13x10 ⁻⁴

Eje motriz	m: 3.912 Kg r: 0.0127 m L: 0.99 m	$I = \frac{1}{4}m(r^2 + \frac{L^2}{3})$	Kg.m ²	0.319
Eje conducido	m: 3.636 Kg r: 0.0127 m L: 0.92 m	$I = \frac{1}{4}m(r^2 + \frac{L^2}{3})$	Kg.m ²	0.2568
Rodillo motriz	m: 9.571 Kg d _{ext} : 0.1143 m d _{int} : 0.0254 m	$I = \frac{m}{8}(d_{ext}^2 + d_{int}^2)$	Kg.m ²	0.0164
Rodillo conducido	m: 9.571 Kg d _{ext} : 0.1143 m d _{int} : 0.0254 m	$I = \frac{m}{8}(d_{ext}^2 + d_{int}^2)$	Kg.m ²	0.0164
Total			Kg.m ²	0.608

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.7.2. Velocidad angular

Para determinar la velocidad angular a la que debe girar el elemento del sistema, se hará uso de la ecuación 6.4

$$\omega = \frac{v}{r} \quad \text{Ec. (6.4)}$$

En donde:

ω : Velocidad Angular [rad/s]

v: Velocidad Lineal [m/s]

r: Radio [m]

Teniendo en cuenta el tiempo que la prenda debe permanecer en la cámara térmica y la velocidad lineal asumida será de 6 m/min como también se utilizará el diámetro del eje el cual es el encargado de dar movimiento al sistema.

Datos:

v: 6 m/min

r: 0.0127 m

Entonces por medio de la ecuación 6.4 se ha obtenido una velocidad angular de:

$$\omega = 472.44 \text{ rad/min}$$

$$\omega = 7.87 \text{ rad/s}$$

$$\omega = 75 \text{ rpm}$$

Entonces se utilizará una velocidad angular de 7.87 rad/s

6.7.3. Aceleración angular

Para poder determinar la aceleración angular del sistema vamos a hacer uso de la ecuación 6.5 que se la menciona a continuación.

$$\omega = \omega_0 + \alpha t \quad \text{Ec. (6.5)}$$

En donde:

ω : Velocidad Angular [rad/s]

ω_0 : Velocidad Angular Inicial [rad/s]

α : Aceleración Angular [rad/s²]

t: Tiempo [s]

Cabe mencionar que los elementos móviles antes de ser expuestos a la aceleración se encuentran en reposo, por lo cual entendemos que se su velocidad inicial angular será cero previamente hasta que el sistema pueda llegar a su velocidad angular requerida, que también se la podría definir como velocidad de arranque, tomando en cuenta las consideraciones del diseño de la máquina podríamos decir que se tomará 0.5 segundos hasta que pueda llegar a tomar su aceleración constante para cumplir con su trabajo.

Tomando en cuenta lo mencionado procedemos a realizar el cálculo

Datos:

$$\omega = 7.87 \text{ rad/seg}$$

$$\omega_0 = 0 \text{ (parte del reposo)}$$

$$t = 0.5 \text{ s}$$

Haciendo uso de la ecuación 6.5 se tiene una aceleración angular de:

$$\alpha = 15.74 \text{ rad/s}^2$$

6.7.4. Torque

El torque viene determinado por la ecuación 6.6 la cual nos dice que:

$$T = I \cdot \alpha \qquad \text{Ec. (6.6)}$$

En donde:

T: Torque [N.m]

I: Inercia del Sistema [kg.m²]

α : Aceleración Angular [rad/s²]

Datos:

$$I = 0.608 \text{ Kg.m}^2$$

$$\alpha = 15.74 \text{ rad/s}^2$$

Se tiene un torque de:

$$T = 9.58 \text{ N.m}$$

6.7.5. Potencia requerida

Para poder accionar a cada uno de los elementos móviles los cuales conforman el sistema se va a hacer uso de la ecuación 2.12 con la cual se determina la potencia requerida.

Datos:

$$T = 9.58 \text{ N.m}$$

$$\omega = 7.87 \text{ rad/s}$$

Entonces se tiene una potencia de:

$$P_{\text{requerida}} = 75.43 \text{ W}$$

$$P_{\text{requerida}} = 0.102 \text{ HP}$$

6.7.6. Potencia del motor

Según Ingeniería Eléctrica y Tecnología, (Abril 2009) “Guía en línea de cálculos eléctricos (motor)” Recuperado de (<http://fidelsmc.blogspot.com/2009/04/guia-en-linea-calculos-electricos-motor.html>)

Al realizar el cálculo de la potencia de un motor hay que tomar en cuenta factores como, vibraciones, mala posición del motor, banda mal tensada, es por ello que se deberá tener muy en cuenta el factor de servicio para manejarlo de una forma segura se recomienda usar, un factor de servicio de 2 también recomienda usar un factor de eficiencia entre 80% y 95% teniendo en cuenta las pérdida por fricción, para el sistema se usará un rendimiento de 85%.

La potencia del motor se determina por medio de la ecuación 6.7

$$P_{\text{motor}} = \frac{P_{\text{requerida}}}{n} \quad \text{Ec. (6.7)}$$

En donde:

n: Eficiencia

$$P_{\text{requerida}} = 0.102 \text{ HP}$$

$$fs = 2$$

$$n = 0.85$$

Entonces se tiene una potencia de:

$$P_{\text{motor}} = 0.129 \text{ HP} \cdot f_s$$

$$P_{\text{motor}} = 0.237 \text{ HP}$$

Ya realizado el cálculo y determinada la potencia necesaria del motor, teniendo en cuenta la disponibilidad de adquisición en nuestro medio se ha optado por adquirir un motorreductor trifásico de ½ HP y 1720 rpm con una relación de 20 a 1, entonces la salida que nos proporciona el motorreductor es de 86 rpm datos obtenidos del ANEXO B1, al cual también se añadirá un variador de frecuencia para así poder establecer y controlar la velocidad que necesite el sistema de secado.

6.7.7. Banda transportadora

6.7.7.1. Tensión de la banda transportadora

Su sentido de giro así como las tensiones producidas por la banda se puede observar en la figura 6.9

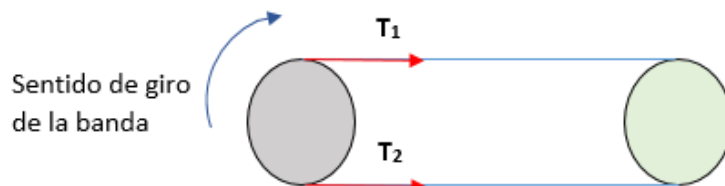


Figura 30: Tensiones de la banda

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.7.7.2. Fuerza de accionamiento

Para poder determinar las tensiones de la banda, procederemos a realizar el cálculo de la fuerza de accionamiento por medio de la ecuación 6.8

$$F = \frac{75 \cdot P_{\text{requerida}}}{v} \quad \text{Ec. (6.8)}$$

En donde:

F: Fuerza [Kg]

P_{requerida}: Potencia Total Requerida [HP]

v: velocidad de la banda [m/s]

Datos:

P_{requerida} = 0.102 HP

v = 0.1 m/s

Realizando los cálculos se tiene una fuerza de:

F = 76.5 Kg

6.7.7.3. Tensión 1

Tensión producida a la entrada del eje motriz o conductor.

$$T_1 = F \left(1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right) \quad \text{Ec. (6.9)}$$

En donde:

T₁ = Tensión [Kg]

F = Fuerza de accionamiento [Kg]

μ = Coeficiente de Rozamiento Banda y Tambor Motriz

α = Ángulo del Tambor Motriz Abrazado por la Banda

Datos:

F = 76.5 Kg

μ = 0.1

α = π

Entonces se tiene una tensión de:

T = 283.75 Kg

6.7.7.4. Tensión 2

Tensión producida a la salida del eje motriz o conductor.

$$T_2 = F \left(\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right) \quad \text{Ec. (6.10)}$$

En donde:

T_2 = Tensión [Kg]

F = Fuerza de accionamiento [Kg]

μ = Coeficiente de Rozamiento Banda y Tambor Motriz

α = Ángulo del Tambor Motriz Abrazado por la Banda

Datos:

F = 76.5 Kg

μ = 0.1

α = π

Entonces se tiene una tensión de:

T = 207.25 Kg

6.7.7.5. Peso de la banda

Peso de la banda obtenida por medio de la balanza 4 Kg/m

Ahora para determinar el peso de la banda se lo hará por medio de la ecuación 6.11

$$P_B = B(1.15 + e + P_l + z) \quad \text{Ec. (6.11)}$$

En donde:

P_B : Peso de la Banda [Kg/m]

B: Ancho de la Banda [m]

e: Espesor de la Banda [m] leído en el anexo

P_1 : Peso por m^2 de la banda [Kg/m^2]

z : Número de Capas Textiles

Datos:

$B = 0.80$

$e = 0.002$ mm

$P_1 = 0.88$ m^2

$z = 3$

Realizando las operaciones se tiene un peso de $P_B = 4.02$ Kg/m

6.7.7.6. Capacidad de la banda

Está determinada por el número de camisetas que van a ser llevadas hasta la cámara térmica en donde se realiza el secado del estampado, de acuerdo a las dimensiones establecidas tanto para la cinta transportadora como para la cámara térmica y de acuerdo a las dimensiones de las camisetas, también hay que tomar en cuenta la velocidad a la cual avanza la banda transportadora.

Medidas de la camiseta (tomaremos la talla mayor):

- Longitud: 0.78 m
- Ancho: 0.80 m
- Peso: 0.158 Kg/m

Con la banda transportadora en movimiento se asumirá que cada camiseta se colocará 0.07 m después de la anterior, con la medida de la camiseta y el espacio de colocación entre ellas, tendremos que cada camiseta usará 0.85m de la banda transportadora la cual tiene una longitud de 2.40 m entonces podemos decir que puede abarcar 3 camisetas.

Entonces se tiene una capacidad de 0.474 Kg/m .

Una vez realizado los cálculos de los parámetros necesarios y sobre todo teniendo en cuenta la resistencia a la temperatura de secado necesaria se procederá a la selección de la banda (ANEXO A1)

6.7.8. Sistema de transmisión

Este sistema de transmisión tiene como objetivo reducir las revoluciones entregadas por el motorreductor a las revoluciones que necesita la banda transportadora, de acuerdo a lo mencionado se tiene la siguiente relación:

- Velocidad angular entregada por el motorreductor (entrada): 86 rpm
- Velocidad angular requerida por la banda (salida): 75 rpm
- Relación de reducción: 1.3

6.7.8.1. Catarinas

Para la selección de las catarinas debemos tener en cuenta la relación de velocidad angular entregada y requerida, así como la relación de reducción es para ello se usará la ecuación 6.12

$$m_c = \frac{Z_2}{Z_1} \quad \text{Ec. (6.12)}$$

En donde:

m_c : Relación de Transmisión por Cadena

Z_1 : Dientes Catarina Motriz

Z_2 : Dientes Catarina Conducida

Para cumplir con la relación:

$$m_c = \frac{Z_2}{Z_1} = 1.3$$

Según la norma DIN 8196 los siguientes números de dientes para el piñón son preferidos: 17, 19, 21, 23, 25, 38, 57, 76, 95, 114. Se recomienda que el número de dientes del piñón sea impar ya que así se logra que los dientes del piñón, engranen con distintos eslabones de la cadena, por consiguiente se distribuye mejor el desgaste.

Datos:

$Z_1 = 15$ dientes

$Z_2 = 20$ dientes

Entonces tenemos una relación de:

$m_c = 1.3$ que satisface a la relación de reducción necesitada

6.7.8.2. Potencia corregida

Previamente se deberá realizar el cálculo de cada uno de los coeficientes que serán usados en el cálculo.

Coefficiente K_1 : tiene en cuenta que el número de dientes de la rueda pequeña o piñón sea distinto de 19, En efecto, si el número de dientes del piñón es igual a 19 el coeficiente (K_1) toma de valor la unidad ($K_1 = 1$). En caso contrario, se puede tomar como primera aproximación para el valor de (K_1) la proporcionada por la siguiente expresión:

Datos:

$Z = 15$

$$K_1 = \frac{19}{15} = 1.26$$

Entonces tenemos un factor $K_1 = 1.26$

También se lo puede obtener haciendo uso de la figura 12

Coefficiente K_2

Es el coeficiente de multiplicidad que tiene en cuenta el número de cadenas empleadas en la transmisión, que en este caso al tratarse de una cadena simple vale la unidad, según la figura 13

$$K_2 = 1 \text{ (leído en tabla)}$$

Coefficiente K_3

Tiene en cuenta el número de eslabones o enlaces que conforman la cadena.

En esta primera iteración del cálculo, al carecer de información sobre la longitud que saldrá de la cadena, se va a suponer una cadena de 80 eslabones, con lo que el coeficiente toma el valor unidad, según la figura 14

$$K_3 = 1.5 \text{ (leído en la figura 14)}$$

Coefficiente K_4

Es el factor de servicio. En este caso al tratarse de un motor eléctrico como máquina conductora o motriz, y banda transportadora para secado de estampados como máquina conducida, de la tabla 2.5 resulta un coeficiente de servicio de:

$$K_4 = 1 \text{ (leído en tabla)}$$

Coefficiente K_5

Es el coeficiente de duración en función de la vida útil prevista para la cadena. En este caso, se asumirá una duración de 20000 horas suponiendo que la máquina trabaje las 24 horas del día, por lo que de la figura 15 resulta un coeficiente de:

$K_5 = 1.3$ (leído en la figura 15)

Entonces tenemos una potencia de $P = 0.45 \text{ Kw}$ (ANEXO B1)

Una vez obtenido los valores de los coeficientes necesarios, se procederá a realizar el cálculo de la potencia corregida determina por la ecuación 2.46,

Datos:

$K_1 = 1.26$

$K_2 = 1$

$K_3 = 1.5$

$K_4 = 1$

$K_5 = 1.3$

$P = 0.45 \text{ Kw}$

Se obtiene una Potencia corregida de $P_c = 1.1 \text{ Kw}$

6.7.8.3. Selección del tipo de cadena

La selección del tipo de cadena se realiza utilizando el ANEXO A2, entrando en ella con los siguientes valores:

Potencia corregida de cálculo (P_c): 1.1 Kw

Cadena simple

Velocidad de giro de la catarina motriz: 86 rpm

Con estos valores resulta una cadena Tipo 08B; de paso $p = 12.7 \text{ mm}$

6.7.8.4. Diámetro de las catarinas

Según la lista de formulaciones se puede obtener los diámetros primitivos (D_p) de las catarinas mediante la expresión:

$$D_p = \frac{p}{\left(\frac{\pi}{2}\right)} \quad \text{Ec. (6.13)}$$

En donde:

p: Paso en mm

Z: Número de dientes

Entonces se tiene que:

Catarina motriz:

Datos:

p: 12.7

Z: 15

Haciendo uso de la ecuación se tiene:

$$D_p = 60.6 \text{ mm}$$

Catarina conducida:

Datos:

p: 12.7

Z: 20 mm

Haciendo uso de la ecuación se tiene:

$$D_p = 80.8 \text{ mm}$$

6.7.8.5. Longitud de la cadena

Está determinada por medio de la ecuación 6.14

$$L_p = \left(\frac{Z_1 + Z_2}{2} \right) + (Z_2 - Z_1) \cdot \frac{\beta}{\pi} + O_1 O_2 \cdot \cos \beta \cdot \frac{2}{p} \quad \text{Ec. (6.14)}$$

En donde:

L_p : Longitud/paso de la cadena [mm]

Z_1 : Número de dientes de la catarina motriz

Z_2 : Número de dientes de la catarina conducida

p: paso

O_1O_2 : Distancia entre centros de las catarinas

β : es el ángulo de contacto, en radianes, se lo obtiene mediante la ecuación 6.15

$$\beta = \text{Sen}^{-1}\left(\frac{R_2 - R_1}{O_1O_2}\right) \quad \text{Ec. (6.15)}$$

Siendo R_2 y R_1 los respectivos radios de la catarina motriz y conducida.

Realizando las operaciones se tiene:

$$\beta = 0.03$$

$$L_p = 64.74$$

La expresión L/p (longitud/paso de la cadena) indica el número de eslabones con que cuenta la cadena, y debe ser un número entero, por lo que habrá que ajustar la distancia entre centros O_1O_2 para que esto se cumpla. En la tabla 6.2 se indican los resultados de aplicar la expresión anterior en un proceso que es iterativo:

Tabla 6. 41: Iteración de número de eslabones

O_1O_2 mm	β radianes	L/p (número de eslabones)
300	0.03	64.74
295	0.03	64

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Por lo tanto se obtiene una cadena de las siguientes características:

Longitud total (L): 812.8 mm, que se obtiene multiplicando el número de eslabones obtenidos (64) por el paso (12.7 mm.)

Distancia entre centros de las ruedas (O_1O_2): 295 mm

Con la longitud real de la cadena ($L = 812.8 \text{ mm}$) y su número de eslabones ($n = 64$) se recalcula el coeficiente K_3 que tiene en cuenta el número de eslabones o enlaces que conforman a la cadena. Volviendo a la figura 14 resulta,

$$K_3 = 1.8$$

Con este valor se vuelve a recalcular la potencia corregida de cálculo (P_c):

De nuevo, la selección del tipo de cadena se realiza utilizando el ANEXO A2 entrando con los siguientes valores:

Potencia corregida de cálculo (P_c): 1.3

Cadena simple;

Velocidad de giro de la catarina motriz: 86 rpm

Con estos valores resulta de nuevo una cadena Tipo 08B, paso: 12.7 mm

6.7.8.6. Comprobación de la velocidad lineal

Según la lista de formulaciones que aparecen en el ANEXO A3 se puede obtener el valor de la velocidad lineal promedio (v) de la cadena a partir de la siguiente expresión

$$v = \frac{p \cdot Z_i \cdot N_i}{60} \quad \text{Ec. (6.16)}$$

En donde:

p : Paso de la Cadena [m]

Z_i : Número de Dientes de la catarina i considerada

N_i : Velocidad de Giro (en r.p.m.) de la catarina i Considerada.

Para este caso se usará la catarina motriz:

Datos:

p : 12.7 mm; 0.0127 m

Z_1 : 15

$N_1: 86$

Entonces se tiene una velocidad lineal de:

$$v = 0.27 \text{ m/s}$$

Este valor es inferior a los 28 m/s que marca como límite máximo en el ANEXO A4 de velocidades máximas en cadenas, que para una cadena de paso 12.7 mm marca los siguientes valores límites:

Tabla 6. 42: Extracto del ANEXO A4, tabla de velocidades máximas de la cadena

Paso de la cadena (mm)	Velocidad de giro máximo (rpm)	Velocidad lineal máxima (m/s)
12.7	7000	28

Fuente: INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”

6.7.8.7. Comprobación de la fuerza total que soporta la cadena

Según la lista de formulaciones que aparecen en el ANEXO A3 se puede obtener el valor de la fuerza útil (F_u) que desarrolla la cadena a partir de la ecuación 6.17

$$F_u = \frac{P}{v} \quad \text{Ec. (6.17)}$$

En donde:

F_u : Fuerza útil que desarrolla la cadena [N]

P: Potencia transmitida [W]

v: Velocidad lineal promedio [m/s]

Datos:

P: 0.45 Kw (450 W)

v: 0.27 m/s

Realizando las operaciones se tiene una fuerza útil desarrollado por la cadena de:

$F_u: 1666.6 \text{ N}$

La fuerza centrífuga de la cadena (F_c), viene determinado por la ecuación 6.18

$$F_c = M \cdot v^2 \quad \text{Ec. (6.18)}$$

En donde:

M: Masa unitaria de la cadena [kg/m]

v: Velocidad lineal promedio

De la tabla de características técnicas para cadena simple de rodillos que se incluye en el ANEXO A5 se puede obtener que para una cadena Tipo 08B y paso 12.7 mm resultan las siguientes características:

$M = 0.70 \text{ Kg/m}$

Carga de Rotura = 1820 Kp

Sustituyendo los valores obtenidos resulta una fuerza centrífuga de la cadena de:

$$F_c = 0.051 \text{ N}$$

Haciendo uso de la ecuación 2.43 se tiene una fuerza total de:

$$F_o = 1666.65 \text{ N}$$

Ahora se puede determinar el coeficiente de seguridad por medio de la ecuación 6.19

$$C_s = \frac{10000}{F_o} \quad \text{Ec. (6.19)}$$

En donde $F_o = 169.89 \text{ kp}$

Entonces se tiene un valor $C_s = 58.86$

Se considera para una buena práctica disponer de un coeficiente de seguridad de al menos $C_s > 12$, por lo que se cumple con la cadena seleccionada.

6.7.8.8. Comprobación de la presión máxima de contacto

Según la lista de formulaciones que aparecen en el ANEXO A3 la presión de contacto (P_s) que ejerce la cadena sobre el flanco del diente de la catarina se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$P_s = \frac{F_o}{d.l} \quad \text{Ec. (6.20)}$$

En donde:

F_o : Fuerza total que transmite la cadena

d : Diámetro del perno (bulón o eje) de la cadena

l : Longitud del casquillo de la cadena

En las tablas de características de la cadena que se incluyen en el ANEXO A5 también aparece como el ancho del eslabón interior, para una cadena Tipo 08B y paso 12.7 mm los parámetros anteriores:

Diámetro del perno o eje: 4.45 mm

Longitud del casquillo o anchura del eslabón interior: 11.30 mm

Datos:

$$F_o = 1666.65 \text{ N}$$

$$d = 0.00445 \text{ m}$$

$$l = 0.0113 \text{ m}$$

Sustituyendo, resulta una presión o tensión de contacto de: $P_s = 33.14 \text{ MPa}$

Valor que es inferior a la $P_{S\text{Máx}} = 39 \text{ MPa}$, según se puede extraer de la tabla con las presiones máximas admisibles en las articulaciones del ANEXO A6.

Por lo tanto, la cadena seleccionada **CUMPLE**.

6.7.8.9. Resultado final

Cadena:

Serie: 08B

Paso: 12.7 mm

Tipo: cadena simple de rodillos

Desarrollo o longitud: 812.8 mm

Nº de eslabones o enlaces: 64

Distancia entre centros de las ruedas: 295 mm

Catarina motriz:

Número de dientes: 15

Diámetro primitivo: 60.06 mm

Catarina conducida:

Número de dientes: 20

Diámetro primitivo: 80.08 mm

6.7.9. Posición de los ejes de la banda transportadora

La posición del eje del motor, así como el eje motriz de la banda transportadora nos ayudará a determinar a cuantos grados se encuentran ubicadas las tensiones de las catarinas.

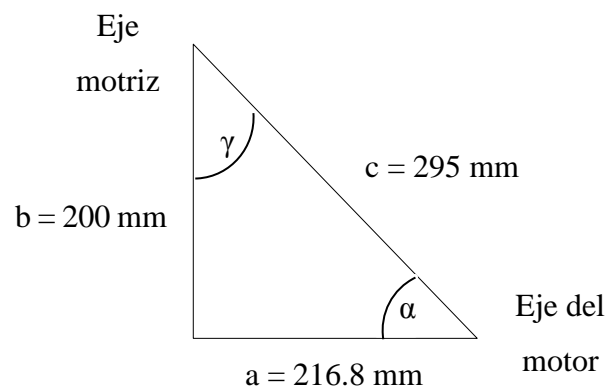


Figura 31: Momentos torsores

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

$$\sin \gamma = \frac{a}{c}$$

$$\gamma = 43.7^\circ$$

6.7.10. Diseño del eje motriz de la banda transportadora

En la figura 32 el diseño del eje se encuentra acoplado a una catarina, la misma que será accionada por el movimiento de la cadena, que a su vez es accionada por la catarina del motorreductor, el eje será el que de movimiento a la banda transportadora para llevar las camisetas hacia la cámara térmica.

6.7.10.1. Momento torsor

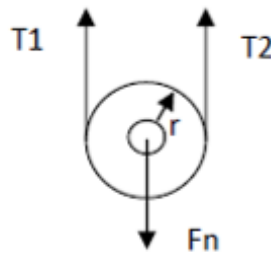


Figura 32: Momentos torsores

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

El momento torsionante que es la fuerza que va a actuar sobre nuestro sistema de catarinas que va a ser el que nos sirva para el cálculo de los ejes, y de la fuerza que actúan en el sistema se lo determina por la ecuación:

$$M_t = \frac{63025.P}{n} \quad \text{Ec. (6.21)}$$

En donde:

M_t : Momento torsor [lb.pulg]

P: Potencia [HP]

n: velocidad de la catarina [rpm]

Datos:

P: ½ HP

n: 75 rpm

Realizando las operaciones se tiene un momento torsor de:

$$M_t = 420.2 \text{ lb.pulg}$$

$$M_t = 47.49 \text{ N.m}$$

Se procede a calcular las fuerzas que intervienen en su diseño:

Datos:

Eficiencia de la cadena $n_f = 97\%$

P = ½ HP

Relación: 1.3

Radio catarina: 1.32 pulg.

Entonces por definición se tiene:

$$\frac{T_1}{T_2} = 1.3 \text{ ; Entonces } T_1 = 1.3 T_2$$

$$M_t = (T_1 - T_2).r \text{ ; Entonces } M_t = (1.3T_2 - T_2).r$$

$$M_t = (0.3 T_2).r \text{ ; Entonces } T_2 = \frac{M_t}{0.3(r)}$$

Realizando las operaciones se tiene:

$$T_2 = 1061.1 \text{ lb}$$

$$T_1 = 1379.4 \text{ lb}$$

La fuerza normal se la calcula con la ecuación 6.22

$$F_n = T_1 + T_2 \quad \text{Ec. (6.22)}$$

Realizando las operaciones se tiene una fuerza normal de:

$$F_n = 2440.5 \text{ lb}$$

$$F_n = 1109.3 \text{ Kg.}$$

La fuerza tangencial se la calcula con la ecuación 6.23

$$F_t = \frac{M_t}{r} \quad \text{Ec. (6.23)}$$

Realizando las operaciones se tiene una fuerza tangencial de:

$$F_t = 318.3 \text{ lb}$$

6.7.10.2. Descomposición de las fuerzas de la banda transportadora

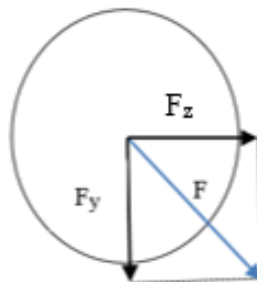


Figura 33: Descomposición de fuerzas

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

$$F = F_1 + F_2$$

$$F = 283.75 + 207.25$$

$$F = 491 \text{ Kg}$$

$$\sin 43.7 = \frac{F_z}{F}$$

$$F_z = 491 \cdot \sin 43.7$$

$$F_z = 339.2 \text{ Kg}$$

$$\cos 43.7 = \frac{F_y}{F}$$

$$F_y = 491 \cdot \cos 43.7$$

$$F_y = 354.9 \text{ Kg}$$

6.7.10.3. Reacciones y diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje motriz

Plano (x ; y)

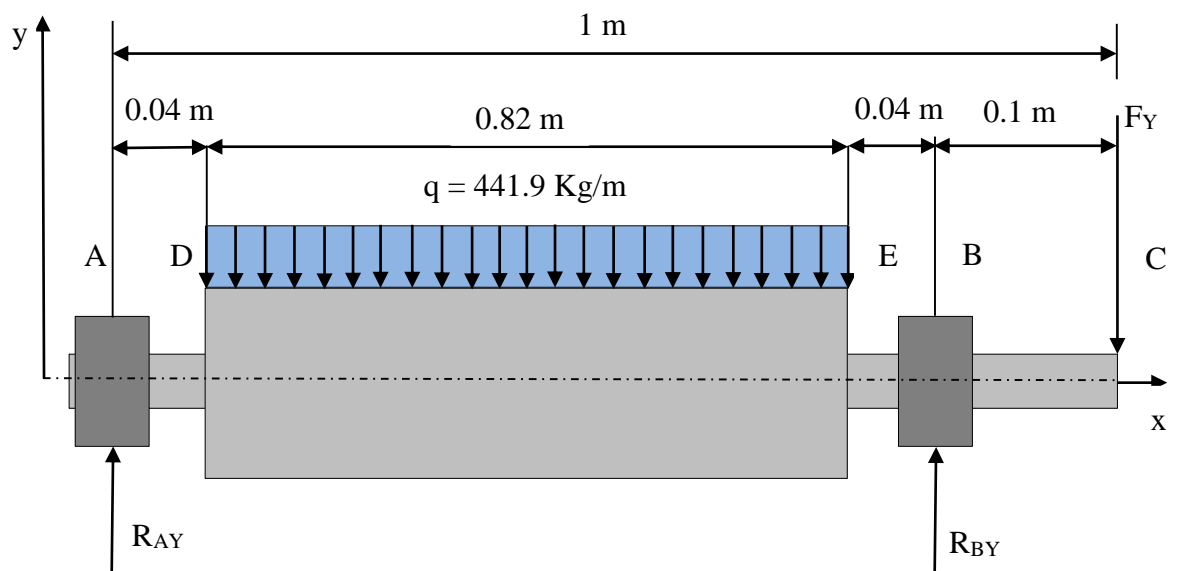


Figura 34: Descomposición de las fuerzas del eje motriz plano (x;y)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

$$\odot + \Sigma MA = 0$$

$$F_y(1m) + (441.9 \text{ Kg/m})(0.82 m)(0.45 m) - R_{BY}(0.9 m) = 0$$

$$(354.9 \text{ Kg})(1m) + (163.06 \text{ Kg} \cdot m) - R_{BY}(0.9 m) = 0$$

$$R_{BY} = 575.5 \text{ Kg}$$

$$\uparrow +\Sigma F_y = 0$$

$$R_{AY} + R_{BY} - (441.9 \text{ Kg/m})(0.82 \text{ m}) - F_y = 0$$

$$R_{AY} = -575.5 \text{ Kg} + 362.35 \text{ Kg} + 354.9 \text{ Kg}$$

$$R_{AY} = 141.75 \text{ Kg}$$

- **Fuerzas cortantes**

$$V_{AI} = 0$$

$$V_{AD} = 0 + R_{AY}$$

$$V_{AD} = 0 + 141.75 \text{ kg}$$

$$V_{AD} = 141.75 \text{ kg}$$

$$V_{DI} = V_{DA} + 0$$

$$V_{DI} = 141.75 \text{ kg} + 0$$

$$V_{DI} = 141.75 \text{ kg}$$

$$V_{DD} = V_{DI} + 0$$

$$V_{DD} = 141.75 \text{ kg} + 0$$

$$V_{DD} = 141.75 \text{ kg}$$

$$V_{EI} = V_{DD} - (441.9 \text{ Kg/m})(0.82 \text{ m})$$

$$V_{EI} = 141.75 \text{ kg} - 362.35 \text{ Kg}$$

$$V_{EI} = -220.6 \text{ kg}$$

$$V_{ED} = V_{EI} + 0$$

$$V_{ED} = -220.6 \text{ kg} + 0$$

$$V_{ED} = -220.6 \text{ kg}$$

$$V_{BI} = V_{ED} + 0$$

$$V_{BI} = -220.6 \text{ kg} + 0$$

$$V_{BI} = -220.6 \text{ kg}$$

$$V_{BD} = V_{BI} + R_{BY}$$

$$V_{BD} = -220.6 \text{ kg} + 575.5 \text{ Kg}$$

$$V_{BD} = 354.9 \text{ kg}$$

$$V_{CI} = V_{BD} + 0$$

$$V_{CI} = 354.9 \text{ Kg} + 0$$

$$V_{CI} = 354.9 \text{ Kg}$$

$$V_{CD} = V_{CI} - F_y$$

$$V_{CD} = 354.9 \text{ Kg} - 354.9 \text{ Kg}$$

$$V_{CD} = 0$$

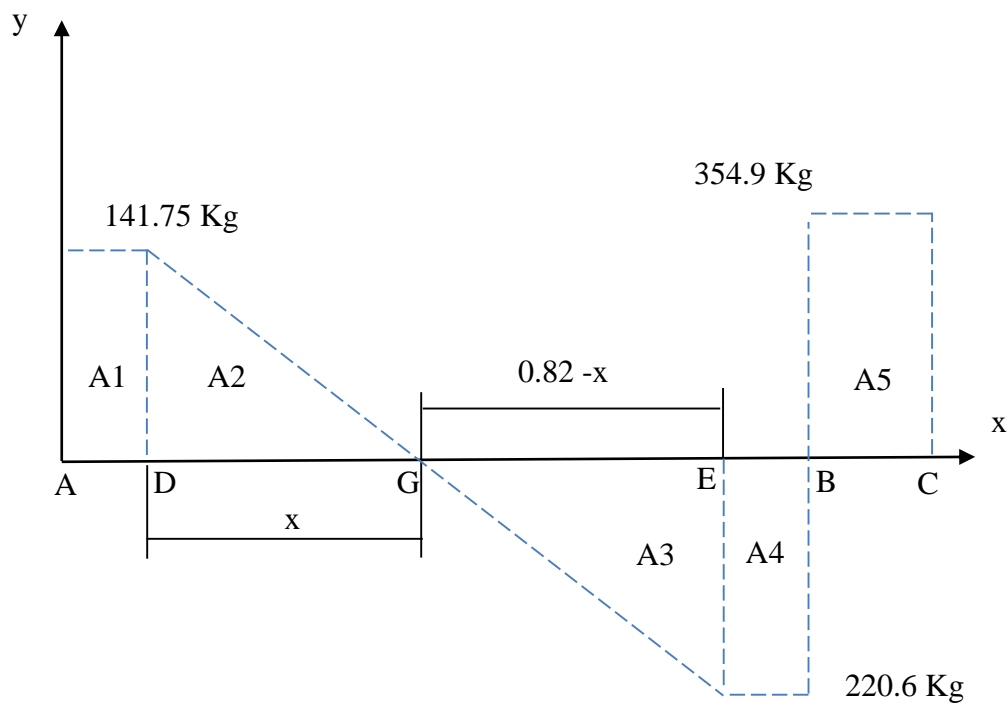


Figura 35: Diagrama de la fuerza cortante del eje motriz plano (x;y)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

➤ **Método de las áreas**

$$\frac{141.75 \text{ Kg}}{x} = \frac{220.6 \text{ Kg}}{0.82 \text{ m} - x}$$

$$116.24 \text{ m} - 141.75 x = 220.6 x$$

$$x = 0.32 \text{ m}$$

$$A_1 = (0.04)(141.75)$$

$$A_1 = 5.67 (+)$$

$$A_2 = \frac{(0.32)(141.75)}{2}$$

$$A_2 = 22.73 (+)$$

$$A_3 = \frac{(0.5)(220.6)}{2}$$

$$A_3 = 55.15 (-)$$

$$A_4 = (0.04)(220.6)$$

$$A_4 = 8.824 (-)$$

$$A_5 = (0.1)(354.9)$$

$$A_5 = 35.49 (+)$$

➤ **Momento Flector**

$$M_A = 0$$

$$M_D = 0 + A_1$$

$$M_D = 0 + 5.67$$

$$M_D = 5.67$$

$$M_G = M_D + A_2$$

$$M_G = 5.67 + 22.73$$

$$M_G = 28.4$$

$$M_E = M_G + A_3$$

$$M_E = 28.4 - 55.15$$

$$M_E = -26.75$$

$$M_B = M_E + A_4$$

$$M_B = -26.75 - 8.824$$

$$M_B = -35.49$$

$$M_C = M_B + A_5$$

$$M_C = -35.49 + 35.49$$

$$M_C = 0$$

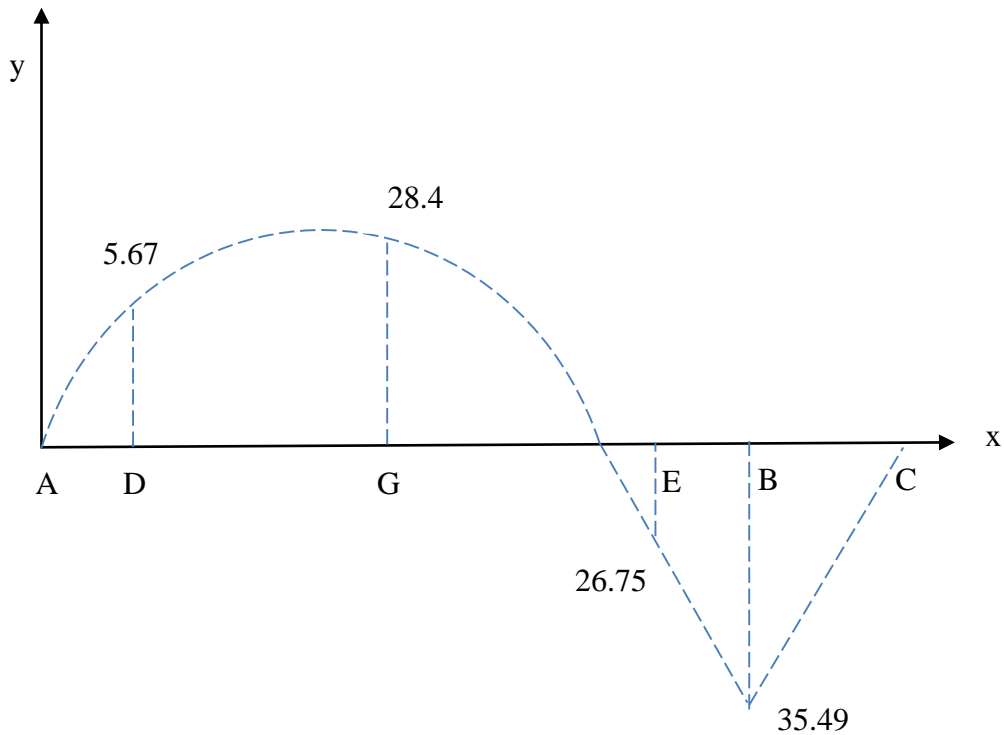


Figura 36: Diagrama del momento flector del eje motriz plano (x;y)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Plano (x ; z)

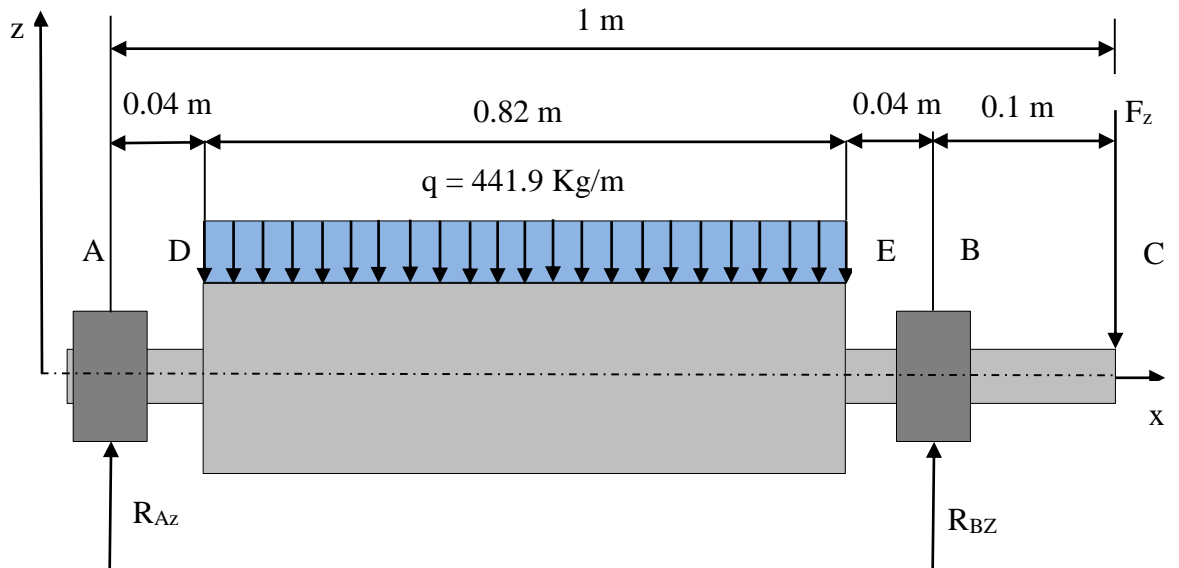


Figura 37: Descomposición de las fuerzas del eje motriz plano (x;z)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

$$\curvearrowright + \Sigma MA = 0$$

$$F_z(1m) + (441.9 \text{ Kg/m})(0.82 m)(0.45 m) - R_{BZ}(0.9 m) = 0$$

$$(339.2 \text{ Kg})(1m) + (163.06 \text{ Kg.m}) - R_{BZ}(0.9 m) = 0$$

$$R_{BZ} = 558.1 \text{ Kg}$$

$$\uparrow + \Sigma F_y = 0$$

$$R_{AZ} + R_{BZ} - 441.9 \text{ Kg/m} (0.82 m) - F_z = 0$$

$$R_{AZ} = - 558.1 \text{ Kg} + 362.35 \text{ Kg} + 339.2 \text{ Kg}$$

$$R_{AZ} = 143.45 \text{ Kg}$$

- **Fuerzas cortantes**

$$V_{AI} = 0$$

$$V_{AD} = 0 + R_{AZ}$$

$$V_{AD} = 0 + 143.45 \text{ kg}$$

$$V_{AD} = 143.45 \text{ kg}$$

$$V_{DI} = V_{DA} + 0$$

$$V_{DI} = 143.45 \text{ kg} + 0$$

$$V_{DI} = 143.45 \text{ kg}$$

$$V_{DD} = V_{DI} + 0$$

$$V_{DD} = 143.45 \text{ kg} + 0$$

$$V_{DD} = 143.45 \text{ kg}$$

$$V_{EI} = V_{DD} - (441.9 \text{ Kg/m})(0.82 \text{ m})$$

$$V_{EI} = 143.45 \text{ kg} - 362.35 \text{ Kg}$$

$$V_{EI} = -218.9 \text{ kg}$$

$$V_{ED} = V_{EI} + 0$$

$$V_{ED} = -218.9 \text{ kg} + 0$$

$$V_{ED} = -218.9 \text{ kg}$$

$$V_{BI} = V_{ED} + 0$$

$$V_{BI} = -218.9 \text{ kg} + 0$$

$$V_{BI} = -218.9 \text{ kg}$$

$$V_{BD} = V_{BI} + R_{BZ}$$

$$V_{BD} = -218.9 \text{ kg} + 558.1 \text{ Kg}$$

$$V_{BD} = 339.2 \text{ kg}$$

$$V_{CI} = V_{BD} + 0$$

$$V_{CI} = 339.2 \text{ Kg} + 0$$

$$V_{CI} = 339.2 \text{ Kg}$$

$$V_{CD} = V_{CI} - F_z$$

$$V_{CD} = 339.2 \text{ Kg} - 339.2 \text{ Kg}$$

$$V_{CD} = 0$$

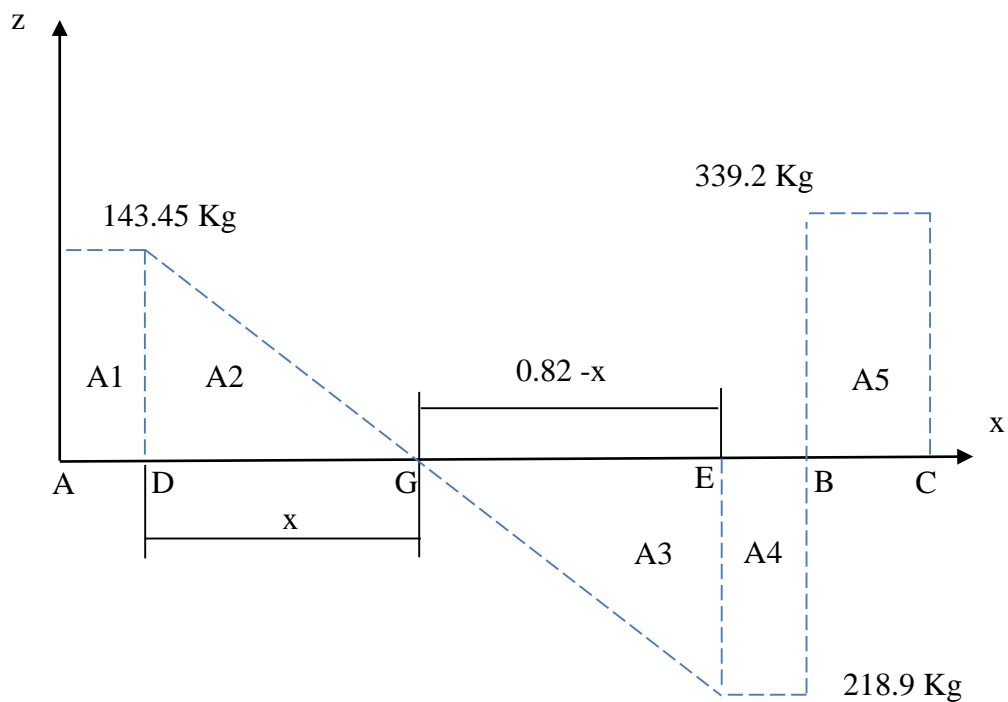


Figura 38: Diagrama de la fuerza cortante del eje motriz plano (x;z)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

➤ **Método de las áreas**

$$\frac{143.45 \text{ Kg}}{x} = \frac{218.9 \text{ Kg}}{0.82 \text{ m} - x}$$

$$117.63 \text{ m} - 143.45 x = 218.9 x$$

$$x = 0.32 \text{ m}$$

$$A_1 = (0.04)(143.45)$$

$$A_1 = 5.74 (+)$$

$$A_2 = \frac{(0.32)(143.45)}{2}$$

$$A_2 = 22.95 (+)$$

$$A_3 = \frac{(0.5)(218.9)}{2}$$

$$A_3 = 54.73 (-)$$

$$A_4 = (0.04)(218.9)$$

$$A_4 = 8.76 (-)$$

$$A_5 = (0.1)(339.2)$$

$$A_5 = 33.92 (+)$$

➤ **Momento flector**

$$M_A = 0$$

$$M_D = 0 + A_1$$

$$M_D = 0 + 5.74$$

$$M_D = 5.74$$

$$M_G = M_D + A_2$$

$$M_G = 5.74 + 22.95$$

$$M_G = 28.69$$

$$M_E = M_G + A_3$$

$$M_E = 28.69 - 54.73$$

$$M_E = -26.04$$

$$M_B = M_E + A_4$$

$$M_B = -26.04 - 8.76$$

$$M_B = -33.92$$

$$M_C = M_B + A_5$$

$$M_C = -33.92 + 33.92$$

$$M_C = 0$$

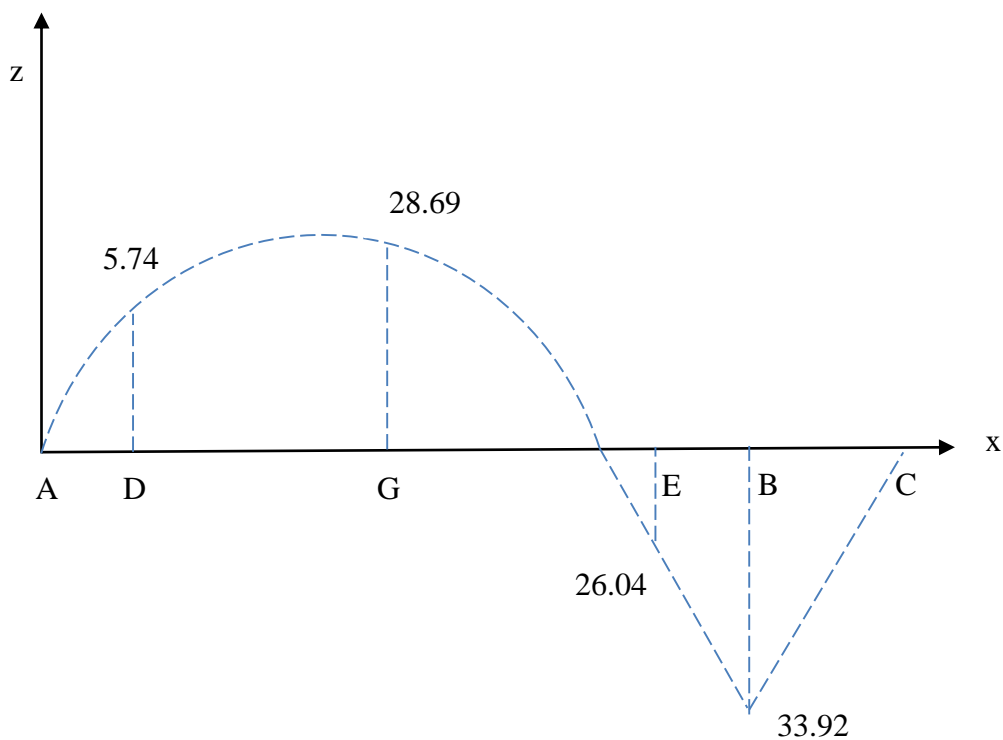


Figura 39: Diagrama del momento flector del eje motriz plano (x;z)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Determinación del momento máximo por medio de la sumatoria de momentos en cada uno de los puntos.

$$M_A = 0i + 0j + 0k$$

$$M_D = 0i + 5.67j + 5.74k$$

$$M_G = 0i + 28.4j + 28.69k$$

$$M_E = 0i - 26.75j - 26.04k$$

$$M_B = 0i - 35.49j - 33.92k$$

$$M_C = 0i + 0j + 0k$$

$$M_A = 0$$

$$M_D = 8.06$$

$$M_G = 40.36$$

$$M_E = 37.33$$

$$M_B = 49$$

$$M_C = 0$$

$$M_{MÁXIMO} = 48.09 \text{ Kg. m}$$

$$M_{MÁXIMO} = 471 \text{ N. m}$$

6.7.10.4. Diseño estático

Para el diseño se considera que el eje estará sometido a flexión y torsión entonces tendrá una carga estática para ello utilizaremos un acero AISI 1020 laminado en caliente, se asume un factor de seguridad $\eta=2.8$ el material mencionado existente en el mercado y es fácil de adquirirlo, ya que es muy utilizado en la fabricación de elementos de maquinarias que no estén sometidos grandes esfuerzos.

Para diámetro del eje motriz y su determinación se utilizará la teoría de energía de la distorsión llamada también teoría de Von Misses.

6.7.10.5. Esfuerzo máximo por flexión

El esfuerzo máximo por flexión está determinado por la ecuación 6.24

$$\sigma_x = \frac{32.M}{\pi.d^3} \quad \text{Ec. (6.24)}$$

En donde:

σ_x : Tensión de flexión

M: Momento Flector Máximo

d: Diámetro del Eje

Realizando las operaciones con M: 471 N.m se tiene:

$$\sigma_x = \frac{32(471 \text{ N.m})}{\pi \cdot d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{4797.5 \text{ N.m}}{d^3}$$

6.7.10.6. Esfuerzo máximo por torsión

$$\tau_{xy} = \frac{16.T}{\pi.d^3} \quad \text{Ec. (6.25)}$$

En donde:

τ_{xy} : Tensión por Tensión

T: Momento Torsor Máximo

d: Diámetro del Eje

Realizando las operaciones con T: 47.49 N.m tenemos,

$$\tau_{xy} = \frac{16(47.49)}{\pi \cdot d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{241.8 \text{ N.m}}{d^3}$$

Para determinar el diámetro del eje motriz se utilizará la teoría de Von Misses ecuación 2.22

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{4797.5}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{241.8}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma' = \frac{4815.8 \text{ N.m}}{d^3}$$

Por medio de la ecuación 2.23 se tiene que:

$$\frac{S_y}{n} = \frac{4905 \text{ N.m}}{d^3}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{(2.8)(4905) \text{ N.m}}{210 \times 10^6 \text{ N/m}^2}}$$

Realizando las operaciones se tiene un diámetro motriz de: $d = 0.03 \text{ m} = 30 \text{ mm}$

6.7.10.7. Diseño Dinámico

Aquí procederemos a determinar el diámetro del eje sometido a fatiga, para lo cual tendrá en cuenta el material que es un acero AISI 1020 laminado en caliente, la velocidad del eje que estará trabajando a 75 rpm, así como los ciclos que dará durante 24 horas continuas que serán 108000 ciclos, también se asume un factor de seguridad $n = 2.8$. Para los factores $K_a.K_b.K_c.K_d.K_e.K_f = 0.3$ asumido, ya que no se conoce el diámetro del eje.

6.7.10.8. Límite de resistencia a fatiga

Por medio del ANEXO A7 se tiene una resistencia a la tensión $S_{ut} = 380 \text{ MPa}$, para un acero AISI 1020 laminado en caliente.

Haciendo uso de la ecuación 2.24 para materiales dúctiles (aceros), obtendremos un límite de resistencia a fatiga de:

$$S_e' = 0.5(380) \text{ MPa}$$

$$S_e' = 190 \text{ MPa}$$

Tomando en cuenta factores que modifican el límite de resistencia a fatiga mencionados en la ecuación 2.31 tenemos que:

$$S_e = 0.3(190)MPa$$

$$S_e = 57 MPa$$

6.7.10.9. Resistencia a fatiga del eje motriz

Está determinada por medio de la ecuación 2.28, y los factores que intervienen en la ecuación mencionada (a y b) serán determinados por la ecuación 2.29 y 2.30 respectivamente, así como el factor f que también interviene en la ecuación fue leída del ANEXO A8

$$a = 2052 MPa$$

$$b = - 0.259$$

$$f = 0.9$$

$$S_f = 185.14 MPa$$

Para la estimación del diámetro se usa el criterio de Goodman, es bueno para el diseño inicial puesto que es simple y conservador.

A partir del ANEXO A17 estima $K_t = 1.7$ y $K_{ts} = 1.5$; supongamos que $K_f = K_{fs} = K_t = K_{ts}$.

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left(\frac{2(K_f \cdot Ma)}{S_e} + \frac{[3(K_{fs} \cdot Tm)^2]^{1/2}}{S_{ut}} \right) \right\}^{1/3}$$

$$d = \left\{ \frac{16(2.8)}{\pi} \left(\frac{2(1.7)(28.09)}{57 \times 10^6} + \frac{[3((1.5)(354.9))^2]^{1/2}}{380 \times 10^6} \right) \right\}^{1/3}$$

$$d = 0.032 m = 32 mm$$

Una vez realizado los cálculos del diámetro sometido a resistencia estática y a fatiga se ha seleccionado un eje de 1 plg en acero AISI 1020 laminado en caliente, que es un material comercial y muy usado en el diseño de maquinaria.

6.7.11. Eje conducido de la banda transportadora

El eje conducido se encuentra apoyado en sus extremos.

6.7.11.1. Reacciones y diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje conducido

Plano (x ; y)

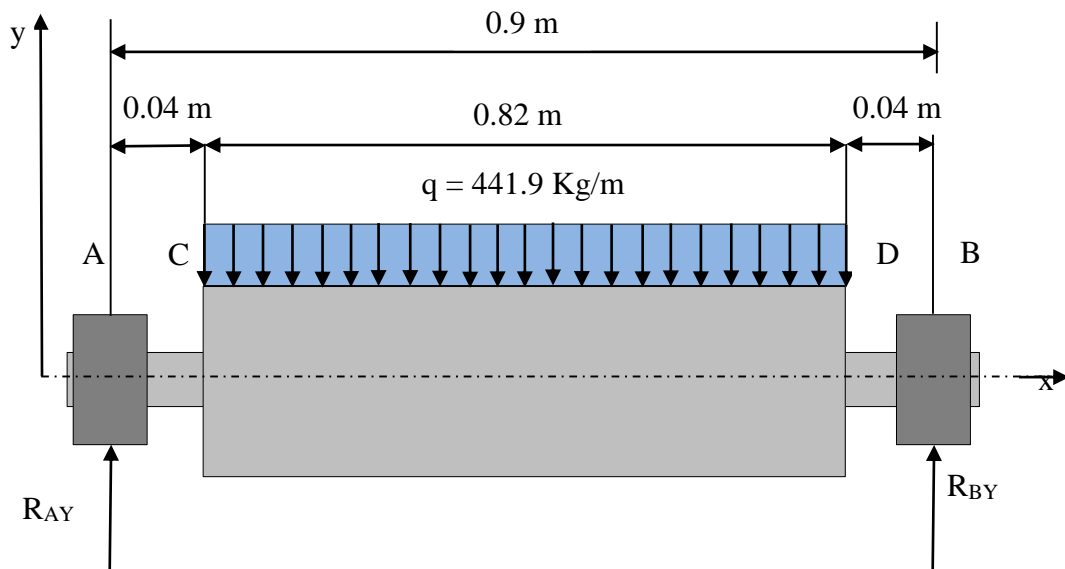


Figura 40: Descomposición de las fuerzas del eje conducido plano (x;y)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

$$\sum \mathcal{C} + \sum MA = 0$$

$$(441.9 \text{ Kg/m})(0.82 \text{ m})(0.45 \text{ m}) - R_{BY}(0.9 \text{ m}) = 0$$

$$(163.06 \text{ Kg.m}) - R_{BY}(0.9 \text{ m}) = 0$$

$$R_{BY} = 181.18 \text{ Kg}$$

$$\uparrow +\Sigma F_y = 0$$

$$R_{AY} + R_{BY} - (441.9 \text{ Kg/m})(0.82 \text{ m}) = 0$$

$$R_{AY} = -181.18 \text{ Kg} + 362.35 \text{ Kg}$$

$$R_{AY} = 181.18 \text{ Kg}$$

- **Fuerzas cortantes**

$$V_{AI} = 0$$

$$V_{AD} = 0 + R_{AY}$$

$$V_{AD} = 0 + 181.18 \text{ kg}$$

$$V_{AD} = 181.18 \text{ kg}$$

$$V_{CI} = V_{DA} + 0$$

$$V_{CI} = 181.18 \text{ kg} + 0$$

$$V_{CI} = 181.18 \text{ kg}$$

$$V_{CD} = V_{CI} + 0$$

$$V_{CD} = 181.18 \text{ kg} + 0$$

$$V_{CD} = 181.18 \text{ kg}$$

$$V_{DI} = V_{CD} - (441.9 \text{ Kg/m})(0.82 \text{ m})$$

$$V_{DI} = 181.18 \text{ kg} - 362.35 \text{ Kg}$$

$$V_{DI} = -181.18 \text{ kg}$$

$$V_{DD} = V_{DI} + 0$$

$$V_{DD} = -181.18 \text{ kg} + 0$$

$$V_{DD} = -181.18 \text{ kg}$$

$$V_{BI} = V_{DD} + 0$$

$$V_{BI} = -181.18 \text{ kg} + 0$$

$$V_{BI} = -181.18 \text{ kg}$$

$$V_{BD} = V_{BI} + R_{BY}$$

$$V_{BD} = -181.18 \text{ kg} + 181.18 \text{ Kg}$$

$$V_{BD} = 0$$

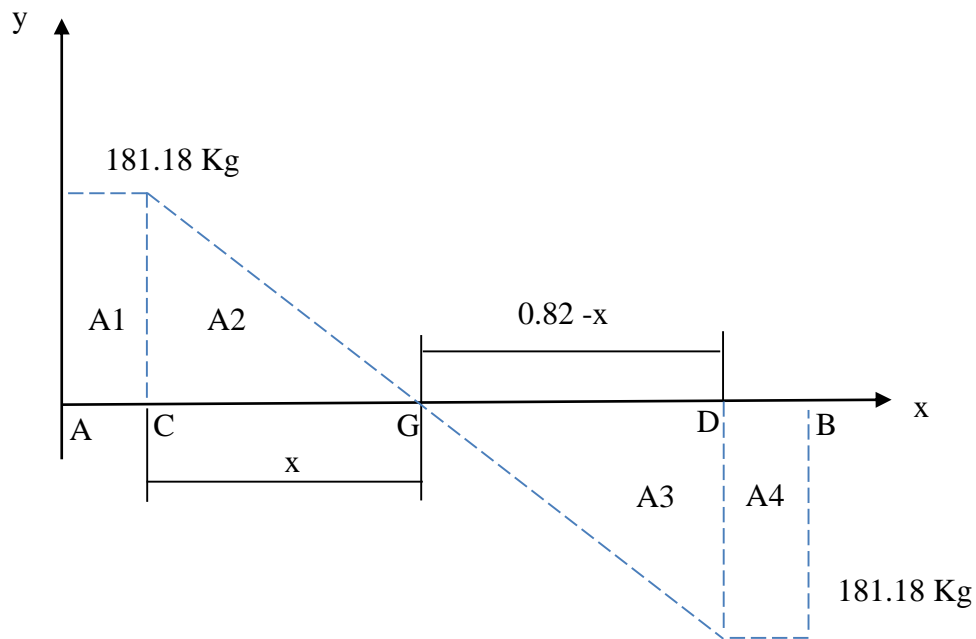


Figura 41: Diagrama de la fuerza cortante del eje conducido plano (x;y)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

➤ **Método de las áreas**

$$\frac{181.18 \text{ Kg}}{x} = \frac{181.18 \text{ Kg}}{0.82 \text{ m} - x}$$

$$148.56 \text{ m} - 181.18x = 181.18 x$$

$$x = 0.41 \text{ m}$$

$$A_1 = (0.04)(181.18)$$

$$A_1 = 7.25 (+)$$

$$A_2 = \frac{(0.41)(181.18)}{2}$$

$$A_2 = 37.14 (+)$$

$$A_3 = \frac{(0.41)(181.18)}{2}$$

$$A_3 = 37.14 (-)$$

$$A_4 = (0.04)(181.18)$$

$$A_4 = 7.25 (-)$$

➤ **Momento Flector**

$$M_A = 0$$

$$M_C = 0 + A_1$$

$$M_C = 0 + 7.25$$

$$M_C = 7.25$$

$$M_G = M_C + A_2$$

$$M_G = 7.25 + 37.14$$

$$M_G = 44.39$$

$$M_D = M_G + A_3$$

$$M_D = 44.39 - 37.14$$

$$M_D = 7.25$$

$$M_B = M_D + A_4$$

$$M_B = 7.25 - 7.25$$

$$M_B = 0$$

$$M_{MÁXIMO} = 44.39 \text{ Kg.m}$$

$$M_{MÁXIMO} = 435.46 \text{ N.m}$$

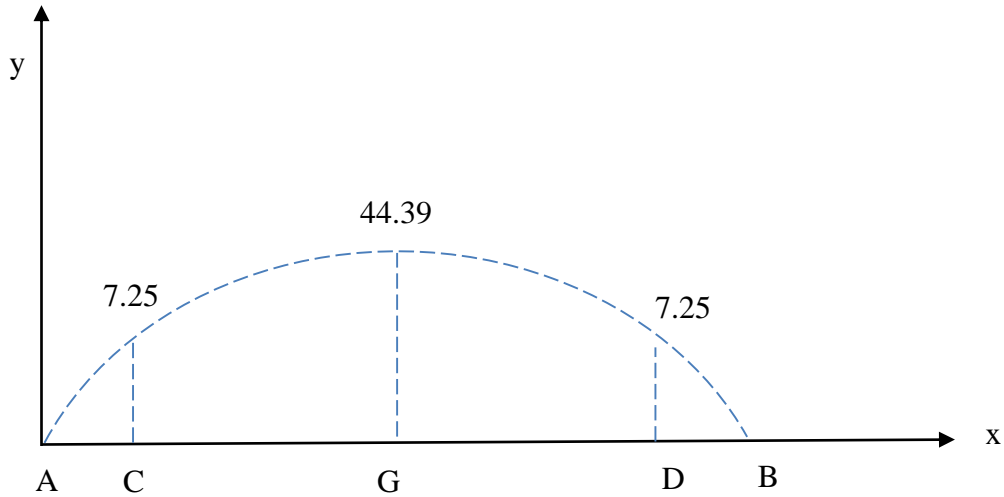


Figura 42: Diagrama del momento flector del eje conducido plano (x;y)

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.7.11.2. Diseño estático

Para el diseño se considera los parámetros que fueron establecidos en el eje motriz ya que cumplen con funciones similares.

6.7.11.3. Esfuerzo máximo por flexión

El esfuerzo máximo por flexión está determinado por la ecuación 6.24

$$\sigma_x = \frac{32.M}{\pi.d^3} \quad \text{Ec. (6.24)}$$

En donde:

σ_x : Tensión de flexión

M: Momento Flector Máximo

d: Diámetro del Eje

Realizando las operaciones con M: 435.46 N.m tenemos,

$$\sigma_x = \frac{32(435.46 \text{ N.m})}{\pi \cdot d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{4435.6 \text{ N.m}}{d^3}$$

Para el diseño del eje conducido se trabajará con un factor de seguridad $n = 2.8$

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$2.8 = \frac{210 \times 10^6 \text{ N.m}^2}{\frac{4435.6 \text{ N.m}}{d^3}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{(2.8)(4435.6 \text{ N.m})}{210 \times 10^6 \text{ N.m}^2}}$$

$$d = 0.26 \text{ m}$$

6.7.11.4. Diseño Dinámico

Se considera los mismos factores del eje motriz sometido a fatiga, para lo cual tendrá en cuenta el material que es un acero AISI 1020 laminado en caliente, la velocidad del eje que estará trabajando a 75 rpm, así como los ciclos que dará durante 24 horas continuas que serán 108000 ciclos, también se asumirá un factor de seguridad $n = 2.8$. Para los factores $K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f = 0.3$ asumido, ya que no se conoce el diámetro del eje.

6.7.11.5. Límite de resistencia a fatiga

Haciendo uso del ANEXO A7 tenemos una resistencia a la tensión $S_{ut} = 380 \text{ MPa}$, para un acero AISI 1020 laminado en caliente.

Haciendo uso de la ecuación 2.24 para materiales dúctiles (aceros), obtendremos un límite de resistencia a fatiga de:

$$S_e' = 0.5(380)MPa$$

$$S_e' = 190 MPa$$

Tomando en cuenta factores que modifican el límite de resistencia a fatiga mencionados en la ecuación 2.31 tenemos que:

$$S_e = 0.3(190)MPa$$

$$S_e = 57 MPa$$

6.7.11.6. Resistencia a fatiga

Está determinada por medio de la ecuación 2.28, y los factores que intervienen en la ecuación mencionada (a y b) serán determinados por la ecuación 2.29 y 2.30 respectivamente, así como el factor f que también interviene en la ecuación fue leída del ANEXO 8

$$a = 2052 MPa$$

$$b = - 0.259$$

$$f = 0.9$$

$$Sf = 185.14 MPa$$

A partir del ANEXO A17 estima $K_t = 1.7$ y $K_{ts} = 1.5$; supongamos que $K_f = K_{fs} = K_t = K_{ts}$.

$$d = \left\{ \frac{16(2.8)}{\pi} \left(\frac{2(1.7)(44.39)}{57 \times 10^6} + \frac{[3((1.5)(181.18))^2]^{1/2}}{380 \times 10^6} \right) \right\}^{1/3}$$

$$d = 0.03 m = 31 mm$$

Una vez realizado los cálculos del diámetro sometido a resistencia estática y a fatiga se ha seleccionado un eje de 1 plg en acero AISI 1020 laminado en caliente, que es un material comercial y muy usado en el diseño de maquinaria.

6.7.12. Rodamientos

El sistema de banda de transportación está conformado por un eje motriz y un eje conducido, los cuales estarán ubicados sobre rodamientos, para la selección de los mismos se debe considerar algunos aspectos.

- Velocidad del eje motriz y conducido, $n = 75$ rpm
- Temperatura de funcionamiento, $T = 80^{\circ}$ C
- Funcionamiento lento
- Confiabilidad, $R = 95\%$
- Factor de servicio, $s = 1$
- Lubricación ISO VG 100 EP

6.7.12.1. Eje motriz

En la figura 6.22 se muestran las cargas radiales que deberán soportar los rodamientos.

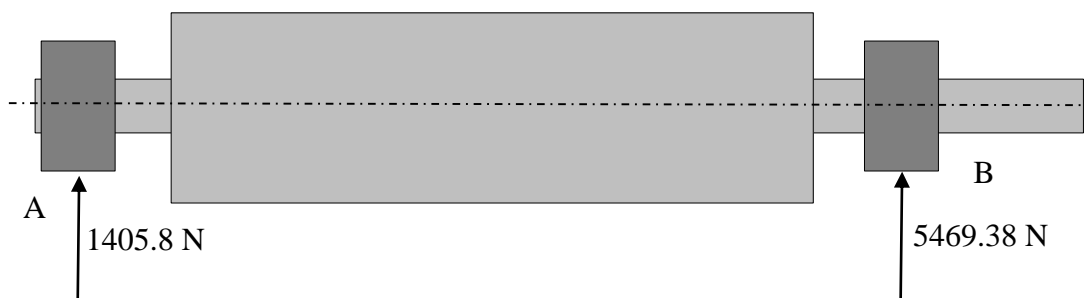


Figura 43: Fuerzas radiales eje motriz

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.7.12.2. Análisis para la selección del rodamiento A

➤ Capacidad de carga estática

Se la determina por la ecuación 6.26

$$C_o = S_o \cdot P_o \quad \text{Ec. (6.26)}$$

En donde:

C_o : Capacidad de carga estática [KN]

S_o : Factor de seguridad estático

P_o : Carga estática equivalente [KN]

Datos:

$P_o = F_r$ (Por ser carga radial pura)

$P_o = 1.4058 \text{ KN}$

$S_o = 0.5$ (Leído del ANEXO A10 pág. 77)

Realizando los cálculos se tiene:

$C_o = 0.7029 \text{ KN}$

➤ Capacidad de carga dinámica

Se la determina por medio de la ecuación 6.27 mencionada a continuación.

$$C = P^p \sqrt{\frac{(L_{10h})(n)(60)}{100000 (a_1)(a_{23})}} \quad \text{Ec. (6.27)}$$

En donde:

C : Capacidad de carga dinámica

L_{10h} : Vida nominal

P : Carga dinámica equivalente

p : Exponente de vida

n : velocidad [rpm]

Datos:

Factor de cálculo $a_{23} = 1.8$ (valor asumido)

Factor de duración $a_1 = 0.62$ (Leído en ANEXO A12)

$L_{10h} = 50000$ horas (leído en ANEXO A11 pág. 72)

p : 3 (para rodamientos de bolas)

$P = 1405.8$ N

$n = 75$ rpm

Realizando los cálculos se tiene:

$C = 8243.2$ N

Una vez determinada la capacidad de carga se selecciona del ANEXO A13 (Catálogo General SKF) el siguiente rodamiento.

Rodamiento rígido de bolas: 16005 ($d = 25$ mm; $D = 47$ mm; $B = 8$ mm)

Comprobación:

$$d_m = \frac{d+D}{2} \quad \text{Ec. (6.28)}$$

$$d_m = \frac{25 + 47}{2}$$

$$d_m = 36 \text{ mm}$$

$V_1 = 190$ mm²/seg; leído del Anexo A14 (con el d_m y velocidad de giro del eje)

$V = 25$ mm²/seg; leído del ANEXO A15 (con T en función del lubricante)

Para determinar el factor K se realiza la operación

$$K = \frac{V}{V_1}$$

$$K = 0.13$$

Con el valor del factor K obtenemos el valor de a_{23} leído del ANEXO A16

$$a_{23} = 0.15$$

Con el nuevo valor del factor a_{23} se tiene que:

$$C = 18872.23 \text{ N}$$

Una vez determinada la capacidad de carga se selecciona del ANEXO A13 (Catálogo General SKF) el siguiente rodamiento.

Rodamiento rígido de bolas: 6205 ETN9 ($d = 25 \text{ mm}$; $D = 52 \text{ mm}$; $B = 15 \text{ mm}$)

Entonces para el diseño de la banda transportadora y su eje motriz se usó un rodamiento rígido de bolas 6205 ETN9 de pared.

6.7.12.3. Análisis para la selección del rodamiento B

➤ Capacidad de carga estática

Se la determina por la ecuación 6.26

Datos:

$$P_o = F_r \text{ (Por ser carga radial pura)}$$

$$P_o = 5.469 \text{ KN}$$

$$S_o = 0.5 \text{ (Leído del ANEXO A10 pág. 77)}$$

Realizando los cálculos se tiene:

$$C_o = 2.734 \text{ KN}$$

➤ Capacidad de carga dinámica

Se la determina por medio de la ecuación 6.27 mencionada a continuación.

En donde:

C: Capacidad de carga dinámica

L_{10h} : Vida nominal

P: Carga dinámica equivalente

p: Exponente de vida

n: velocidad [rpm]

Datos:

Factor de cálculo $a_{23} = 1.8$ (valor asumido)

Factor de duración $a_1 = 0.62$ (Leído en ANEXO A12)

$L_{10h} = 50000$ horas (leído en ANEXO A11 pág. 72)

p: 3 (para rodamientos de bolas)

$P = 2734.6$ N

$n = 75$ rpm

Realizando los cálculos tenemos:

$C = 16034.9$ N

Una vez determinada la capacidad de carga se selecciona del ANEXO A13 (Catálogo General SKF) el siguiente rodamiento.

Rodamiento rígido de bolas: 6205 ($d = 25$ mm; $D = 52$ mm; $B = 15$ mm)

Comprobación:

$$d_m = \frac{25 + 52}{2}$$

$$d_m = 38.5 \text{ mm}$$

$V_1 = 180$ mm²/seg; leído del ANEXO A14 (con el d_m y velocidad de giro del eje)

$V = 25$ mm²/seg; leído del ANEXO A15 (con T en función del lubricante)

Para determinar el factor K realizamos la operación

$$K = \frac{V}{V_1}$$

$$K = 0.14$$

Con el valor del factor K obtenemos el valor de a_{23} leído del ANEXO A16

$$a_{23} = 0.17$$

Con el nuevo valor del factor a_{23} tenemos que:

$$C = 19564.8 \text{ N}$$

Una vez determinada la capacidad de carga se selecciona del ANEXO A13 (Catálogo General SKF) el siguiente rodamiento.

Rodamiento rígido de bolas: 6205 ETN9 ($d = 25 \text{ mm}$; $D = 52 \text{ mm}$; $B = 15 \text{ mm}$)

Entonces para el diseño de la banda transportadora y su eje motriz se usó un rodamiento rígido de bolas 6205 ETN9 de piso.

6.7.12.4. Eje conducido

En la figura 6.23 se muestran las cargas radiales que deberán soportar los rodamientos.

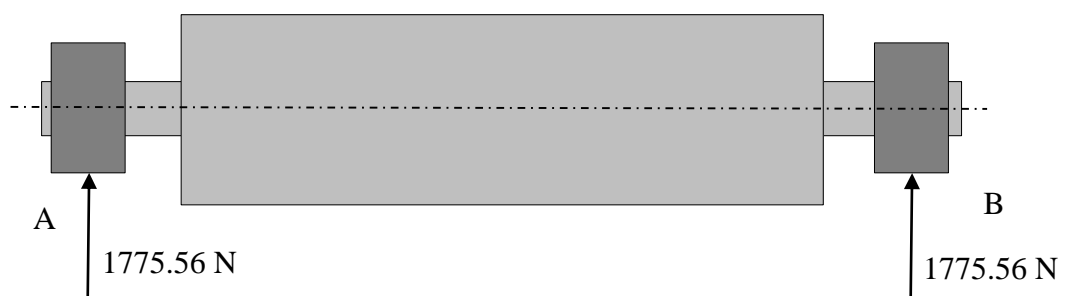


Figura 44: Fuerzas radiales eje motriz

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.7.12.5. Análisis para la selección del rodamiento A y B

➤ Capacidad de carga estática

Se determina por la ecuación 6.26

En donde:

C_o : Capacidad de carga estática [KN]

S_o : Factor de seguridad estático

P_o : Carga estática equivalente [KN]

Datos:

$P_o = F_r$ (Por ser carga radial pura)

$P_o = 1.775 \text{ KN}$

$S_o = 0.5$ (Leído del ANEXO A10 pág. 77)

Realizando los cálculos se tiene: $C_o = 0.887 \text{ KN}$

➤ **Capacidad de carga dinámica**

Se determina por medio de la ecuación 6.27 mencionada a continuación.

En donde:

C : Capacidad de carga dinámica

L_{10h} : Vida nominal

P : Carga dinámica equivalente

p : Exponente de vida

n : velocidad [rpm]

Datos:

Factor de cálculo $a_{23} = 1.8$ (valor asumido)

Factor de duración $a_1 = 0.62$ (Leído en ANEXO A12)

$L_{10h} = 50000$ horas (leído en ANEXO A11 pág. 72)

p : 3 (para rodamientos de bolas)

$P = 1775 \text{ N}$

$n = 75 \text{ rpm}$

Realizando los cálculos se tiene:

$$C = 10408.09 \text{ N}$$

Una vez determinada la capacidad de carga se selecciona del ANEXO A13 (Catálogo General SKF) el siguiente rodamiento.

Rodamiento rígido de bolas: 98205 ($d = 25 \text{ mm}$; $D = 52 \text{ mm}$; $B = 9 \text{ mm}$)

Comprobación:

$$d_m = \frac{25 + 52}{2}$$

$$d_m = 38.5 \text{ mm}$$

$V_1 = 250 \text{ mm}^2/\text{seg}$; leído del ANEXO A14 (con el d_m y velocidad de giro del eje)

$V = 25 \text{ mm}^2/\text{seg}$; leído del ANEXO A15 (con T en función del lubricante)

Para determinar el factor K se realiza la operación

$$K = \frac{V}{V_1}$$

$$K = 0.1$$

Con el valor del factor K se obtiene el valor de a_{23} leído del ANEXO A16

$$a_{23} = 0.1$$

Con el nuevo valor del factor a_{23} se tiene que: $C = 27276.9 \text{ N}$

Una vez determinada la capacidad de carga se selecciona del ANEXO A13 (Catálogo General SKF) el siguiente rodamiento.

Rodamiento rígido de bolas: 6305 ETN9 ($d = 25 \text{ mm}$; $D = 62 \text{ mm}$; $B = 17 \text{ mm}$)

Entonces para el diseño y construcción de la banda transportadora y su eje conducido se usó un rodamiento rígido de bolas 6305 ETN9 de pared y como se puede observar en la figura 6.23 las cargas son las mismas por lo que los rodamientos serán los mismos.

6.7.13. Estructura de la banda transportadora

En el diseño de la estructura se determina los perfiles o tubos estructurales, los cuales servirán para la instalación o acoplamiento de los accesorios necesarios usados para el funcionamiento del sistema de secado, el análisis de la viga se lo realizará como una viga con sus apoyos fijos.

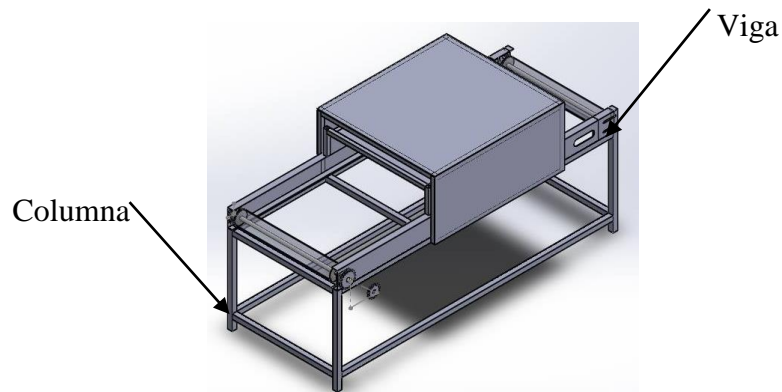


Figura 45: Estructura

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Tabla 6. 43: Carga de la viga

Cargas que soporta la viga	
Elemento	Peso (Kg)
Eje motriz	13.5
Eje conducido	13.2
Cámara térmica	15
Banda transportadora	4
Camisetas	0.158
	45.8

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.7.13.1. Reacciones y diagramas de fuerza cortante y momento flector

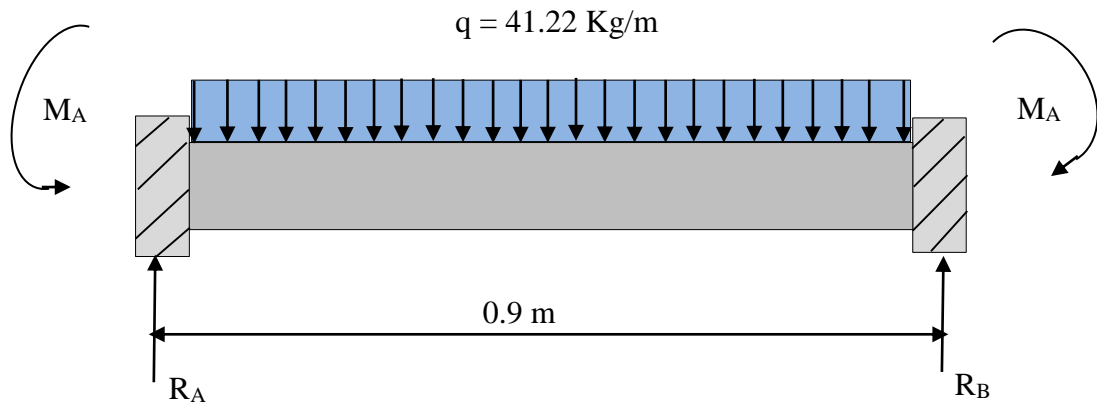


Figura 46: Diagrama de reacciones y momentos de la viga

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

$$\circlearrowleft + \Sigma MA = 0$$

$$(41.22 \text{ Kg/m})(0.9 \text{ m})(0.45 \text{ m}) - R_{BY}(0.9 \text{ m}) = 0$$

$$(163.06 \text{ Kg.m}) - R_{BY}(0.9 \text{ m}) = 0$$

$$R_{BY} = 18.54 \text{ Kg}$$

$$\uparrow + \Sigma F_y = 0$$

$$R_{AY} + R_{BY} - (41.22 \text{ Kg/m})(0.9 \text{ m}) = 0$$

$$R_{AY} = -18.54 \text{ Kg} + 37.098 \text{ Kg}$$

$$R_{AY} = 18.54 \text{ Kg}$$

- **Fuerzas cortantes**

$$V_{AI} = 0$$

$$V_{AB} = 0 + R_{AY}$$

$$V_{AB} = 0 + 18.54 \text{ kg}$$

$$V_{AB} = 18.54 \text{ kg}$$

$$V_{BA} = V_{AB} - (41.22 \text{ Kg/m})(0.9 \text{ m})$$

$$V_{BA} = 18.54 - 37.098$$

$$V_{BA} = -18.54 \text{ kg}$$

$$V_{BI} = V_{BA} + R_{BY}$$

$$V_{BI} = -18.54 + 18.54$$

$$V_{BI} = 0$$

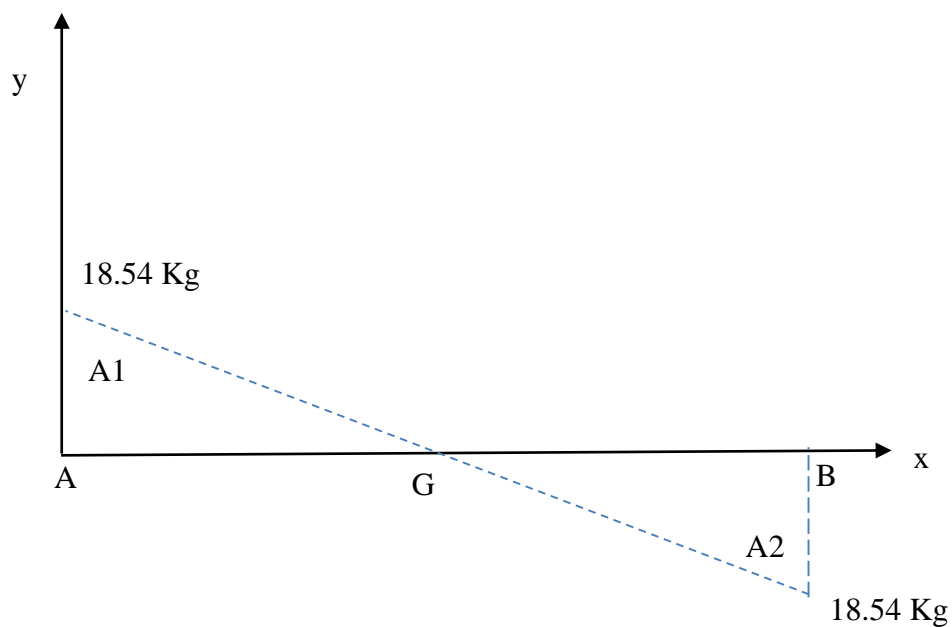


Figura 47: Diagrama de la fuerza cortante de la viga

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

➤ **Método de las áreas**

$$\frac{18.54 \text{ Kg}}{x} = \frac{18.54 \text{ Kg}}{0.9 \text{ m} - x}$$

$$16.686 \text{ m} - 18.54x = 18.54 x$$

$$x = 0.45 \text{ m}$$

$$A_1 = \frac{(0.45)(18.54)}{2}$$

$$A_1 = 4.17 \text{ Kg.m (+)}$$

$$A_2 = \frac{(0.45)(18.54)}{2}$$

$$A_2 = 4.17 \text{ Kg.m (-)}$$

$$M_A = \frac{q \cdot l^2}{12}$$

$$M_A = \frac{(41.22)(0.9^2)}{12}$$

$$M_A = 2.7 \text{ Kg.m}$$

$$M_A = 24.26 \text{ N.m}$$

➤ **Momento flector**

$$M_A = -2.7 \text{ Kg.m}$$

$$M_G = M_A + A_1$$

$$M_G = -2.7 \text{ Kg.m} + 4.17 \text{ Kg.m}$$

$$M_G = 1.47 \text{ Kg.m}$$

$$M_B = M_G - A_2$$

$$M_B = 1.47 \text{ Kg.m} - 4.17 \text{ Kg.m}$$

$$M_B = -2.7 \text{ Kg.m}$$

$$M_{MÁXIMO} = 1.47 \text{ Kg.m} = 14.42 \text{ N.m}$$

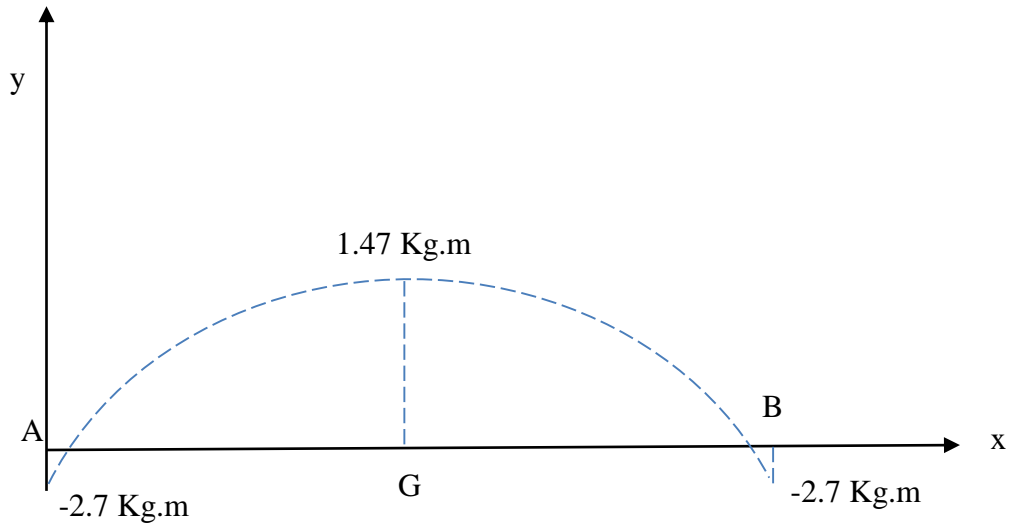


Figura 48: Diagrama del momento flector de la viga

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

➤ **Esfuerzo permisible**

$$F_b = (0.6)(36 \text{ Kpsi})$$

$$F_b = 24.6 \text{ Kpsi}$$

$$F_b = 169.67 \text{ MPa}$$

➤ **Módulo de Sección**

Se determina por medio de la ecuación 6.29

$$S = \frac{M_{MAX}}{F_b} \quad \text{Ec. (6.29)}$$

Realizando las operaciones se tiene que:

$$S = 8.49 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$S = 0.084 \text{ cm}^3$$

Una vez calcula la sección vamos a seleccionar un perfil del ANEXO A17

$$A = 150 \text{ mm}$$

$$B = 50 \text{ mm}$$

$$e = 2 \text{ mm}$$

$$P_{1m} = 3.82 \text{ Kg/m}$$

$$S = 2.8 \text{ cm}^3$$

$$P_{2.4m} = 9.168 \text{ Kg/m}$$

Comprobación:

$$q = 41.22 \text{ Kg/m} + 9.68 \text{ Kg/m}$$

$$q = 50.38 \text{ Kg/m}$$

$$R_A = R_B$$

$$R_A = \frac{q \cdot l}{2}$$

$$R_A = \frac{(50.38)(0.9)}{2}$$

$$R_A = 22.67 \text{ Kg}$$

$$R_A = 222.17 \text{ N}$$

$$M_A = M_B$$

$$M_A = \frac{q \cdot l^2}{12}$$

$$M_A = \frac{(50.38)(0.9^2)}{12}$$

$$M_A = 3.4 \text{ Kg.m}$$

$$M_A = 33.32 \text{ N.m}$$

$$A_1 = \frac{(0.45)(22.67)}{2}$$

$$A_1 = 5.1 \text{ Kg.m (+)}$$

$$A_2 = \frac{(0.45)(22.67)}{2}$$

$$A_2 = -5.1 \text{ Kg.m (-)}$$

➤ **Momento flector**

$$M_A = -3.4 \text{ Kg.m}$$

$$M_G = M_A + A_1$$

$$M_G = -3.4 \text{ Kg.m} + 5.1 \text{ Kg.m}$$

$$M_G = 1.7 \text{ Kg.m}$$

$$M_B = M_G - A_2$$

$$M_B = 1.7 \text{ Kg.m} - 5.1 \text{ Kg.m}$$

$$M_B = -3.4 \text{ Kg.m}$$

$$M_{MÁXIMO} = 1.7 \text{ Kg.m} = 16.67 \text{ N.m}$$

Módulo de sección:

$$S = \frac{16.67 \text{ N.m}}{169.67 \times 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$S = 9.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$S = 0.098 \text{ cm}^3$$

$$0.84 \text{ cm}^3 < 0.098 \text{ cm}^3 \quad \text{CUMPLE}$$

➤ **Factor de seguridad**

$$n = \frac{S_y}{F_b}$$

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{169.67 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.48$$

➤ Estructura

Tabla 6. 44: Carga de la estructura

Cargas que soporta la estructura 1	
Elemento	Peso (Kg)
Eje y rodillo motriz	12.69
Chumacera	0.545
motorreductor	3
Soporte motorreductor	0.085
Catarina motriz	0.135
Catarina conducida	0.18
Cadena	0.165
Cubierta de transmisión	0.456
Camisetas	0.158
	17.4

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

$$q = 17.4 \text{ Kg.} = 0.0382 \text{ Klb}$$

El análisis se lo realizará como una columna cargada a compresión axial.

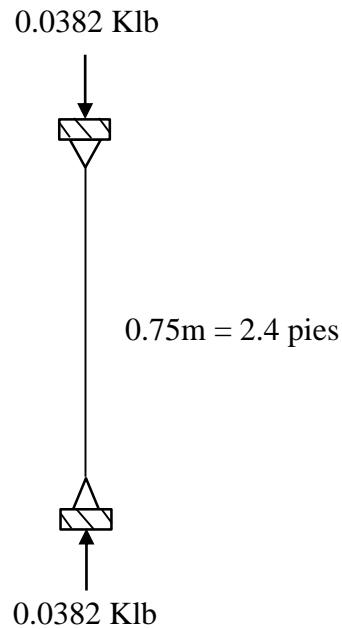


Figura 49: Diagrama de la columna

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Para realizar el análisis se va a asumir una relación de esbeltez:

$$\frac{K.l}{r} = 50$$

Del ANEXO A19 se obtiene el esfuerzo permisible

$$F_a = 18.38 \text{ Klb/plg}^2$$

Por medio de la ecuación 6.30 se determina el área

$$P = F_a \cdot A \quad \text{Ec. (6.30)}$$

En donde:

P: Carga que soporta la columna

F_a: Esfuerzo permisible

A: Área

$$A = \frac{0.0382 \text{ Klb}}{18.38 \text{ Klb/plg}^2}$$

Realizando las operaciones se tiene un área de:

$$A = 0.002 \text{ plg}^2$$

Una vez determinada el área, hacemos usos del ANEXO A20 para elegir un tubo estructural.

Tubo estructural cuadrado de: 40x1.5 (A= 2.25 cm²; I= 5.48 cm⁴)

Por medio de la ecuación 6.31 se va a determinar el radio de giro.

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Ec. (6.31)}$$

En donde:

r: Radio de giro

I: Inercia

A: Área

Realizando las operaciones se tiene un radio de giro de:

$$r = 1.56 \text{ cm} = 0.6 \text{ plg.}$$

Una vez determinado el radio de giro se realiza la comprobación si el tubo estructural cumple.

$$\frac{K.l}{r} = \frac{(1)(2.4)(12)}{0.6 \text{ plg.}} = 48$$

Del ANEXO A19 se obtiene el esfuerzo permisible

$$F_a = 18.47 \text{ Klb/plg}^2$$

Por medio de la ecuación 6.30 se tiene

$$P = 6.44 \text{ Klb}$$

$$6.44 \text{ Klb} > 0.0382 \text{ Klb} \quad \text{CUMPLE}$$

➤ **Factor de seguridad**

$$n = \frac{S_y}{F_a}$$

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{127.39 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.9$$

6.7.14. Cámara térmica

La potencia del horno se obtiene mediante la cantidad de calor que será necesaria para el calentamiento de la carga por unidad de tiempo, teniendo en cuenta las pérdidas por acumulación de calor por la conducción en las paredes, también se debe tomar en cuenta las pérdidas debido a la convección debido a la parte exterior del horno.

Los parámetros que se tomaran en cuenta son:

- Temperatura
- Dimensiones internas de la cámara
- Propiedades del aislamiento térmico
- Clase, peso y dimensiones de la carga

6.7.14.1. Temperatura

El horno que se va a diseñar será utilizado para el secado de camisetas estampadas y tendrá una temperatura de trabajo máxima de 200 °C.

6.7.14.2. Dimensiones interiores de la cámara

Las dimensiones internas de la cámara son:

Ancho: 0.86 m

Altura: 0.20 m

Profundidad: 1m

Con estas medidas tendremos un volumen interior de la cámara de 0.172 m³

6.7.14.3. Propiedades del aislamiento térmico

Hay que tener en cuenta que mientras más alta es la temperatura en la cámara, mayor es la pérdida de calor en las paredes, por ello se deben utilizar aislantes con menor coeficiente de conductividad.

Para nuestro horno vamos a usar fibra de vidrio, sus propiedades de aislamiento térmico son:

- Temperatura máxima de servicio 700 °C
- Conductividad térmica (k) 0.040 Kcal/hr*m*°C
- Densidad 40 Kg/m³
- Calor específico Cp 0.201 Kcal/Kg°C

6.7.14.4. Clase, peso y dimensiones de la carga.

6.7.15. Cálculos de la cantidad de calor suministrada por el sistema

Viene determinada por la ecuación 6.32

$$Q_s = Q_p + Q_c \quad \text{Ec. (6.32)}$$

En donde:

Q_s: Calor suministrado por el sistema

Q_p: Pérdidas de calor

Q_c: Calor absorbido por la carga

Las pérdidas de calor vienen definidas por la ecuación 6.33

$$Q_p = Q_k + Q_{cv} + Q_r \quad \text{Ec. (6.33)}$$

En donde:

Q_p: Pérdida de calor

Q_k: Pérdidas de acumulación de calor en las paredes por conducción

Q_{cv} : Pérdidas por convección desde la parte exterior de la cámara.

Q_r : Pérdidas por radiación

6.7.15.1. Determinación del flujo a través de las paredes

La cámara térmica está conformada por 2 paredes, la primera con el aislante térmico y la segunda un espacio de aire entre paredes.

Para realizar el cálculo se asumirán los espesores de las paredes y la temperatura en el exterior de la pared, ya que en su interior habrá 200 °C.

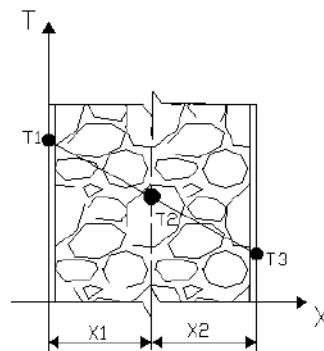


Figura 50: Esquema para el cálculo del espesor de paredes

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Para el flujo calorífico se va a hacer uso de la ecuación 6.34

$$q = \frac{T_1 - T_3}{\frac{x_1}{K_1} + \frac{x_2}{K_2}} \quad \text{Ec. (6.34)}$$

En donde:

q : Flujo calorífico

T_1 : Temperatura en el interior de la cámara 200 °C

T_3 : Temperatura en la pared exterior del horno 20 °C (asumido)

x_1 : Espesor de la pared 0.03 m (asumido)

x_2 : Espesor entre paredes 0.04 m (asumido)

K_1 : Conductividad térmica del material usado como aislante 0.08 Kcal/h*m*°C

K_2 : Conductividad térmica del aire 0.0243 Kcal/h*m*°C

Reemplazando los valores en la ecuación 6.34 se tiene:

$$q = \frac{200\text{ }^{\circ}\text{C} - 20\text{ }^{\circ}\text{C}}{\frac{0.03\text{ m}}{0.040\text{ Kcal/h} * \text{m} * \text{ }^{\circ}\text{C}} + \frac{0.08\text{ m}}{0.0243\text{ Kcal/h} * \text{m} * \text{ }^{\circ}\text{C}}}$$

$$q = 44.53\text{ Kcal/h} * \text{m}^2$$

- **Temperatura 2**

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{x_1}{K_1}}$$

$$T_1 - T_2 = 44.53\text{ Kcal/h} * \text{m}^2 \left(\frac{0.03\text{ m}}{0.040\text{ Kcal/h} * \text{m} * \text{ }^{\circ}\text{C}} \right)$$

$$T_1 - T_2 = 33.39\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 166.6\text{ }^{\circ}\text{C}$$

- **Temperatura 3**

$$T_2 - T_3 = 44.53\text{ Kcal/h} * \text{m}^2 \left(\frac{0.08\text{ m}}{0.0243\text{ Kcal/h} * \text{m} * \text{ }^{\circ}\text{C}} \right)$$

$$T_2 - T_3 = 146.6$$

$$T_3 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Aumentando los espesores se tiene que:

$$q = \frac{200\text{ }^{\circ}\text{C} - 25\text{ }^{\circ}\text{C}}{\frac{0.075\text{ m}}{0.040\text{ Kcal/h} * \text{m} * \text{ }^{\circ}\text{C}} + \frac{0.1\text{ m}}{0.0243\text{ Kcal/h} * \text{m} * \text{ }^{\circ}\text{C}}}$$

$$q = 30.04\text{ Kcal/h} * \text{m}^2$$

- **Temperatura 2**

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{X_1}{K_1}}$$

$$T_1 - T_2 = 30.04 \text{ Kcal/h} * m^2 \left(\frac{0.075 \text{ m}}{0.040 \text{ Kcal/h} * m * ^\circ\text{C}} \right)$$

$$T_1 - T_2 = 56.34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 143.65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- **Temperatura 3**

$$T_2 - T_3 = 30.04 \text{ Kcal/h} * m^2 \left(\frac{0.1 \text{ m}}{0.0243 \text{ Kcal/h} * m * ^\circ\text{C}} \right)$$

$$T_2 - T_3 = 123.62$$

$$T_3 = 20.02 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Como se puede observar al aumentar los espesores se obtuvieron los mismos resultados razón por la cual se trabajará con los espesores del inicio, así se economiza en la compra de material aislante.

6.7.15.2. Pérdidas de calor por conducción

Viene determinado por medio de la ecuación 6.35

$$Q_k = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad \text{Ec. (6.35)}$$

En donde:

Q_k : Calor acumulado debido a la conducción

m : masa del cuerpo que acumula el calor 0.516 Kg (material aislante ANEXO C1)

C_p : Calor específico del cuerpo 0.201 Kcal/Kg $^\circ\text{C}$ (material aislante)

ΔT : Variación de la temperatura del cuerpo

Reemplazando los datos se tiene:

$$Q_k = (0.516)(0.201)(200 - 20)$$

$$Q_k = 18.6 \text{ Kcal. (1 hora)}$$

$$Q_k = 111.6 \text{ Kcal/h (8 horas)}$$

Si 1 Kcal/h = 1.163 Watts

$$Q_k = 129.79 \text{ Kcal/h}$$

6.7.15.3. Pérdida de calor por convección

El proceso de convección, está en función de tres parámetros adimensionales, Un, Pr, Gr, para calcular el coeficiente de película convectivo se lo determina por medio de la ecuación 6.36 y los parámetros que intervienen por medio de las ecuaciones 6.37, 638 y 6.39

$$h_c = \frac{Nu \cdot K}{L_c} \quad \text{Ec. (6.36)}$$

$$Nu = 0.14 (Gr * Pr)^{1/3} \quad \text{Régimen turbulento} \quad \text{Ec. (6.37)}$$

$$Gr = (\Delta T * \beta) \left(\frac{L^3 \cdot \rho^2 \cdot g}{u^2} \right) \quad \text{Ec. (6.38)}$$

$$Pr = \frac{u \cdot Cp}{K} \quad \text{Ec. (6.39)}$$

En donde:

Nu: Número de nusselt

Gr: Número de grashof

Pr: Número de prandt

hc: Coeficiente de película convectivo

β : Coeficiente de dilatación del aire

Lc: Longitud característica

u : viscosidad

$$\beta = \frac{1}{288 \text{ } ^\circ K} \quad \text{Ec. (6.40)}$$

La temperatura de la superficie exterior de horno después de 8 horas de trabajo se considera que es de 20 °C.

$$T_s = 20 \text{ } ^\circ C$$

$$T_{\text{aire}} = 16$$

$$T_m = \frac{20 + 16}{2}$$

$$T_m = 18 \text{ } ^\circ C$$

Las propiedades del aire a presión atmosférica son y temperatura de 18 °C son:

$$Pr = 1.2311$$

$$\Delta T = (T_s - T_{\text{aire}}) = 4 \text{ } ^\circ C$$

$$L_c = 0.80 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1.093 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ Kg/m}^3$$

$$u = 0.1 \text{ Kg/h} \cdot \text{m}$$

$$k = 0.0243 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m} \cdot ^\circ C$$

Entonces se tiene:

$$Gr = \left(\frac{4}{288} \right) \left(\frac{0.8^3 (1.093^2) (9.81)}{0.1^2} \right) * 3600^2$$

$$Gr = 1.08 \times 10^8$$

$Gr * Pr = 1.08 \times 10^9$; Entonces es un régimen turbulento ($2 \times 10^7 < Gr * Pr < 3 \times 10^{10}$)

Haciendo uso de la ecuación 6.37 tenemos:

$$Nu = 0.14 (1.08 \times 10^9)^{1/3}$$

$$Nu = 66.67$$

Ahora para determinar el coeficiente de película convectivo se usará la ecuación 6.36

$$h_c = \frac{(66.67)(0.0243)}{0.8}$$

$$h_c = 2.025 \text{ Kcal/h} * m * ^\circ C$$

Para determinar la pérdida de calor por convección se usará la ecuación 6.41

$$Q_c = h_c * A * \Delta T (\text{Kcal/h}) \quad \text{Ec. (6.41)}$$

Reemplazando los datos se tiene:

$$Q_c = (2.025)(1.034)(4)$$

$$Q_c = 8.37 \text{ Kcal/h}$$

Para la superficie horizontal se considera un 50% menos que la superior

$$Q_{c_i} = (0.50)(2.025)(1.034)(4)$$

$$Q_{c_i} = 4.18 \text{ Kcal/h}$$

Para la superficie vertical se considera un 35% con respecto a las superficies horizontales, entonces se tiene que:

$$Q_{c_v} = (0.65)(2.025)(1.034)(4)$$

$$Q_{c_v} = 5.44 \text{ Kcal/h}$$

Entonces las pérdidas por convección son:

$$Q_{c_v_{\text{total}}} = 8.37 + 4.18 + 5.44$$

$$Q_{c_v_{\text{total}}} = 17.99 \text{ Kcal/h}$$

6.7.15.4. Pérdidas de calor por radiación

Viene dada por la ecuación 6.42

$$Q_r = \varepsilon * \sigma * A * (T_s^4 - T_a^4) \text{Kcal/h} \quad \text{Ec. (6.42)}$$

En donde:

Q_r : Perdida por radiación

ε : Factor de emisibilidad de (0.9)

σ : Constante universal ($4.965 \times 10^{-8} \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°K}$)

A : Área de la superficie emisora (1.34 m^2)

T_s : Temperatura de la superficie emisora ($20 \text{ °C} = 293 \text{ °K}$)

T_a : Temperatura ambiente ($16 \text{ °C} = 289 \text{ °K}$)

Reemplazando los datos se tiene:

$$Q_r = (0.9)(4.965 \times 10^{-8})(1.34)(293^4 - 289^4) \text{Kcal/h}$$

$$Q_r = 26.3 \text{ Kcal/h}$$

Por medio de la ecuación 6.33 se determina las pérdidas totales

$$Q_p = 129.79 + 17.99 + 26.3$$

$$Q_p = 174.41 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

6.7.16. Tiempo en el cual la carga llega a la temperatura de 200 °C

El balance energético nos hará saber el tiempo de calentamiento de la carga, la energía radiante de las paredes internas de la cámara que llega a la carga provocará un cambio de la energía interna, la cual se verá reflejada por el cambio de su temperatura interna.

El balance de energía viene determinada por la ecuación 6.43

$$Q_{pc} = Q`c \quad \text{Ec. (6.43)}$$

En donde:

Q_{pc} : Flujo de calor por radiación entre pared-carga

$Q`c$: Calor absorbido por la carga

Por medio de la ecuación diferencial e integrando con límites inicial y final se obtiene el tiempo:

$$t = \frac{1}{4K_1^{1/4} * K_2^{3/4}} \left[\ln \left(1 + \frac{T_c}{T_p} \right) - \ln \left(1 - \frac{T_c}{T_p} \right) + \frac{2\pi}{180} * \text{tg}^{-1} \left(\frac{T_c}{T_p} \right) \right] \quad \text{Ec. (6.44)}$$

En donde:

K_1 : Constante de película $3.05 \times 10^{-9} \text{ 1/h} * \text{°K}$

K_2 : Constante universal 152.89 °K/h

T_c : temperatura de la carga (varía con el tiempo)

T_p : temperatura de la pared $250 \text{ °C} = 523 \text{ °C}$ (acumulación de carga)

T_f : temperatura final de la carga $200 \text{ °C} = 473 \text{ °C}$

T_o : temperatura inicial de la carga $16 \text{ °C} = 289 \text{ °K}$

$$t = \frac{1}{4(3.05 \times 10^{-9})^{1/4} * (152.89)^{3/4}} \left\{ \left[\ln \left(1 + \frac{473}{523} \right) - \ln \left(1 - \frac{473}{523} \right) + 0.034 * \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{473}{523} \right) \right] - \left[\ln \left(1 + \frac{289}{523} \right) - \ln \left(1 - \frac{289}{523} \right) + 0.034 * \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{289}{523} \right) \right] \right\}$$

$$t = 1.27 \text{ horas}$$

Entonces el horno tardara 1 hora con 27 minutos en llegar a 200 °C

La cantidad absorbida por la carga es:

$$Q'c = mc * Cpc * \Delta T \quad \text{Ec. (6.45)}$$

En donde:

mc: masa de la carga 0.85 Kg

Cpc: calor específico de la carga 0.092 Kcal/Kg°C

ΔT: 184 °C

$$Q'c = 0.85 * 0.092 * 186$$

$$Q'c = 14.54 \text{ Kcal}$$

$$Q'c = \frac{14.54}{1.27}$$

$$Q'c = 11.45 \text{ Kcal/h}$$

Por medio de la ecuación 6.32 se va a determinar el calor suministrado

$$Q_s = 174.41 + 11.45$$

$$Q_s = 185.86 \text{ Kcal/h} = 216.15 \text{ W (1 hora)}$$

$$Q_s = 1729.24 \text{ W (8horas)}$$

Por tanto la potencia del horno eléctrico es igual a 1729.24 W

6.7.17. Cálculo de las resistencias

Para el cálculo de las resistencias se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Potencia del horno (1.729 Kw)
- Tensión disponible de la red (220 v)
- Temperatura de trabajo (200 °C)
- Carga específica
- Coeficiente de resistividad
- Elementos de las resistencia y su duración
- Conexión eléctrica

Por medio de las siguientes expresiones se determinara el cálculo de las resistencias

$$VL = VF$$

$$IL = \sqrt{3} * IF$$

$$PF = VL * IF$$

$$PT = \sqrt{3} * IL * IF$$

$$PT = 3 * PF$$

En donde:

VL: Voltaje de línea

IF: Corriente de fase (A)

VF: Voltaje de fase

IL: Corriente de línea (A)

PT: Potencia total

PF: Potencia de fase

R: Resistencia del elemento

Realizando las operaciones se tiene:

$$PF = \frac{PT}{3}$$

$$PF = 576.41 \text{ W}$$

$$IF = \frac{PF}{VL}$$

$$IF = 2.62 \text{ A}$$

$$IL = \sqrt{3} * IF$$

$$IL = 4.53 \text{ A}$$

$$PT = 3 Req * IF^2$$

$$Req = \frac{PT}{3 * IF^2}$$

$$Req = 83 \Omega$$

$$R = 1 * Req$$

$$R = 83 \Omega$$

Con el valor de la intensidad y la resistencia comprobaremos si satisface a la potencia generada por el horno.

$$P = I^2 * R$$

$$P = 4.53^2 * 83$$

$$P = 1703.23 \text{ W}$$

Se debe tomar en cuenta que por la parte inferior, entrada y salida de la cámara térmica fluirá energía calorífica y se presentaran pérdidas por tanto para compensar lo dicho hemos optado por colocar una resistencia de 3000 W.

6.8. Metodología

A continuación se va a describir la metodología con la cual se procedió para la realización del presente proyecto.

Para que las camisetas puedan ser llevadas hacia la cámara térmica debe contar con un sistema de transporte, las camisetas estampadas se colocaran manualmente en la banda transportadora la cual se encarga de mover a las mismas de un punto hacia otro punto. La cámara térmica será la encargada de proporcionar la temperatura adecuada de secado por medio de resistencias eléctricas que son las encargadas de generar calor en su interior.

Para poder establecer un control adecuado de temperatura se incorporó una termocupla que establece rangos con temperaturas mayores y menores, así como la velocidad de la banda transportadora será controlada por medio de un potenciómetro añadido a un variador de frecuencia los cuales controlarán la velocidad de giro del motorreductor, de esta manera se obtendrá un secado óptimo de las camisetas estampadas.

6.8.1. Construcción de estructura

En la construcción de la estructura la cual servirá como soporte de los elementos que conforman el horno eléctrico, se usará un acero estructural ASTM A36, de acuerdo a la selección de perfil estructural cuadrado que posteriormente se lo realizó haciendo uso del ANEXO A

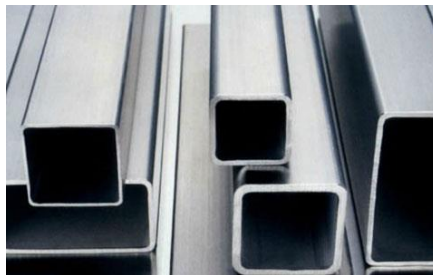


Figura 51: Perfil estructural cuadrado

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Para empezar con su diseño vamos a realizar el corte de 4 tramos de 2.40 m, 4 tramos de 0.94 m y 4 tramos de 0.75 m. Todos los elementos serán soldados dando forma a la estructura.

6.8.2. Construcción de la banda transportadora

Una vez teniendo el soporte de la estructura se colocará sobre ella un perfil en U que anteriormente fue seleccionado haciendo uso del ANEXO A18, en este se colocarán todos los elementos que conforman la banda transportadora.



Figura 52: Perfil estructural en U

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Se procedió a cortar dos perfiles estructurales en U de 2.40 m, en cada perfil en uno de sus extremos se colocara una chumacera respectivamente, las cuales servirán de soportes para la colocación del eje motriz el cual está construido de un acero AISI 1020, teniendo en cuenta que en uno de los perfiles se realizará una perforación con diámetro de 1 plg en el cual se alojará el eje y podrá recibir el movimiento generado por el motorreductor.



Figura 53: Perfil en U alojamientos

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.2.1. Chumacera de pared

Cada una de las chumaceras anteriormente seleccionadas estarán colocadas en el perfil estructural en U y aseguradas por pernos 7/16 plg. x 1 plg, como se muestra en a figura



Figura 54: Chumacera de pared

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.2.2. Soporte eje conducido

El eje conducido estará colocado en el otro extremo del perfil en U en el cual se colocó soportes fijos que servirán de base para regular el templador, así como se realizó destajes en las paredes del perfil en U los cuales servirán como guía para el templador de la banda transportadora.



Figura 55: Soporte eje conducido

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.2.3. Chumacera de piso

La chumacera de piso está colocada sobre platinas y asegurada con pernos 7/16 plg. x 1 plg, posteriormente se coloca el eje conducido que también está construido de un acero AISI 1020, cabe mencionar que las platinas se moverán por medio de un tornillo templador.



Figura 56: Chumacera de piso

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.2.4. Perno templador

Para el tensado de la banda transportadora, se colocó un perno de 5/8 plg. x 3 plg que cumplirá la función de templador está colocado sobre la base de platina es quien da el movimiento de la misma ya sea para templar o aflojar la banda.



Figura 57: Perno templador

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.2.5. Banda textil

Ya colocados los ejes motriz y conducido, se coloca la banda transportadora que se seleccionó anteriormente esta es ajustada adecuadamente por el perno templador, hasta lograr su posición idónea de trabajo.



Figura 58: Banda textil

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.2.6. Catarina motriz

La catarina motriz es la encargada de transmitir el movimiento a la catarina conducida por medio de una cadena y así hacer girar a la banda transportadora.



Figura 59: Catarina motriz

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.2.7. Catarina Conducida

Una vez colocadas las chumaceras y el eje, se coloca la catarina conducida, cabe mencionar que para reducir la velocidad de giro el diámetro es mayor que el diámetro la catarina motriz, obteniendo así la relación de la velocidad deseada que se determinó anteriormente.



Figura 60: Catarina motriz

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.2.8. Cadena

Una vez que ya se colocó las catarinas motriz y conducida se colocará una cadena de longitud 812.8 mm con 64 eslabones y un paso de 12.7 mm.



Figura 61: Cadena

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.2.9. Soporte del motorreductor

En la estructura se suelda una platina de 15x13x6, la cual contiene 4 perforaciones con las cuales se fija la base del motor a la platina por medio de pernos de 5/16 plg, de esta manera el motor que es el encargado de generar y transmitir el movimiento queda alojado y seguro sobre la estructura.



Figura 62: Soporte motorreductor

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.2.10. Cubierta de transmisión

Una vez fijado el motorreductor y colocado las catarinas y cadena de transmisión, se coloca una cubierta para evitar que se produzcan accidentes ya que estos elementos están en movimiento.

6.8.3. Construcción cámara térmica

Su construcción inicia con la estructura interior la cual consta de un tubo estructura cuadrado de 3x3x2 de recubierta con tol galvanizado en la cual se coloca la resistencia eléctrica de 3000 W la cual lleva un contactor para evitar sobrecargas de energía, sobre la parte posterior del tol se aloja el aislante térmico (lana de fibra de vidrio), la parte exterior está cubierta por acero inoxidable y en una de sus caras está colocada la termocupla la cual controla la temperatura de la cámara térmica.



Figura 63: Estructura cámara térmica

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.8.4. Circuito de potencia y control

Para que el horno eléctrico se ponga en funcionamiento se debe accionar un selector el cual dará paso de corriente hacia el variador de frecuencia y su velocidad es controlada por un potenciómetro instalado en el mismo de esta manera se regulara la frecuencia a la cual trabajara el motorreductor.

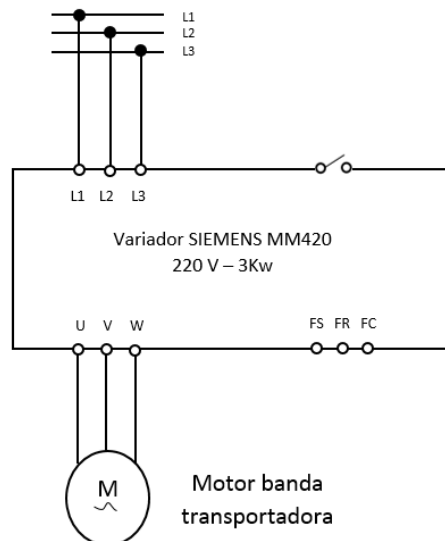


Figura 64: Conexión potencia

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Al momento de accionar el selector permite el paso de corriente hacia el contactor el que se encargará de encender y apagar la resistencia eléctrica cuando reciba la

señal de la termocupla que también se encuentra conectada al contactor, accionado con un máximo y mínimo de temperatura

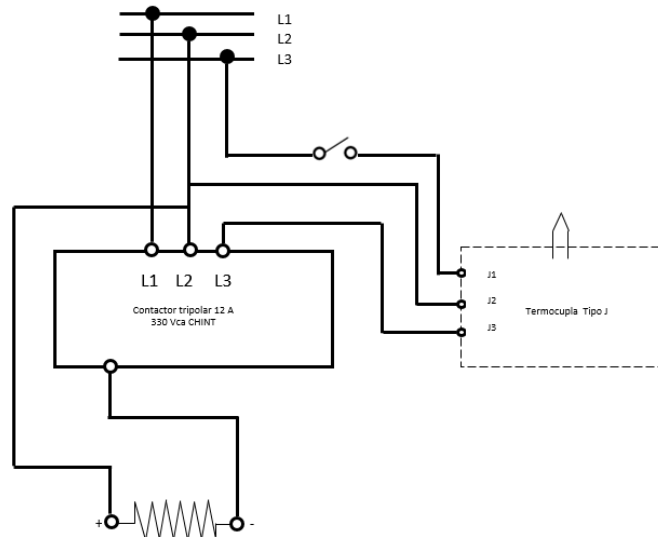


Figura 65: Conexión cámara térmica

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.9. Administración

6.9.1. Análisis de costos

En el análisis se toma en cuenta los costos, se debe destacar que probablemente no se los determina en su totalidad, pero se tiene una referencia confiable para la planeación y ejecución administrativa.

6.9.1.1. Costos directos

Aquí se considera como costos directos a los materiales usados en la implementación del sistema de secado de camisetas estampadas por medio de un horno eléctrico.

Tabla 6. 45: Costos directos

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	P.T. (\$)
1	Banda textil	1	Unidad	855	855
2	Motorreductor trifásico de 20 a1	1	Unidad	350	350
3	Resistencia eléctrica de 6000W	1	Unidad	70	70
4	Contactores 50 A	2	Unidad	70	140
5	Termocupla	1	Unidad	180	180
6	Variador de frecuencia	1	Unidad	450	450
7	Potenciómetro	1	Unidad	30	30
8	Catarina motriz 15 dientes	1	Unidad	15	15
9	Catarina conducida 20 dientes	1	Unidad	20	20
10	Cadena de transmisión paso 12.7	1	Unidad	30	30
11	Chumacera UCF 205-16 de pared	2	Unidad	10	20
12	Chumacera UCP 205-16 de piso	2	Unidad	10	20
13	Eje AISI 1020 1 plg.	2	cm	80	160
14	Rodillos galvanizado 4.5 plg.	2	cm	25	50
15	Perfil estructural canal en U 15x5x2	2	cm	130	260
16	Tubo estructural cuadrado de 4x4x3	3	unidad	18	54
17	Tubo estructural cuadrado de 3x3x2	2	unidad	15	30
18	Perfil estructural L 3x3x2	1	unidad	10	10
19	Pernos 7/16 plg. x 1 plg.	16	Unidad	0.15	2.40
20	Arandelas planas 7/16 plg.	16	Unidad	0.05	0.80
21	Tuercas 7/16 plg.	16	Unidad	0.06	0.96
22	Perno 5/16 x 1 plg.	4	Unidad	0.15	0.60
23	Arandelas planas 5/16 plg.	4	Unidad	0.05	0.60
24	Perno 5/8 plg. x 3 plg.	2	Unidad	0.25	0.50
25	Arandelas planas 5/8 plg.	2	Unidad	0.08	0.16
26	Tuerca 5/8 plg.	2	Unidad	0.10	0.20
27	Broca 1 plg.	1	Unidad	8	8
28	Broca 7/16 plg.	2	Unidad	3	6

29	Broca 5/16 plg.	1	Unidad	2	2
30	Broca 5/8 plg.	1	Unidad	2.75	2.75
31	Cable de asbesto	5	metro	4.50	22.5
32	Sierra de arco	3	Unidad	2	2
33	Selector	2	Unidad	12	24
35	Tarro de pintura de esmalte (plomo)	2	Lts.	5	10
36	Tinner	1	Lts.	2	2
37	Disco de pulir	3	Unidad	4.50	4.50
38	Cable de cobre #10	2	metros	2	4
39	Cable de cobre # 12x2	4	metros	1.60	6.40
40	Cable de cobre # 10x2	4	metros	3.50	14
41	Luces LED (Rojo – Verde)	2	Unidad	15	30
42	Lana fibra de vidrio	5	Plancha	8	40
43	Tol galvanizado	1	Plancha	8	8
44	Plancha de Acero inoxidable	1	Plancha	70	70
				TOTAL	2964

Fuente: Investigar (Xavier Pacha)

6.9.1.2. Costos indirectos

Se detallan todos los costos en cuanto se refiere al uso de maquinaria utilizada, mano de obra y demás gastos que intervinieron en la culminación de proyecto realizado.

Tabla 6. 46: Costos mano de obra

Cargo	Horas laboradas	Costo / hora	Subtotal (USD)
Cerrajero	6	10	60
Tornero	2	15	30
Soldador	8	10	80
TOTAL			170

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Tabla 6. 47: Costos maquinaria y herramientas

Cargo	Horas laboradas	Costo / hora	Subtotal (USD)
Suelda eléctrica	2	1	2
Torno	3	2	6
Cizalla de corte	1	1	2
Dobladora de tol	1	1	2
Cortadora de tol	1	1	2
Taladro	2	2	4
Moladora	1	2	2
Pistola de pintar	1	2	2
Herramientas auxiliares	5	3	15
		TOTAL	37,00

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

Tabla 6. 48: Costos varios

DESCRIPCIÓN	SUBTOTAL
Material de oficina	30
Impresiones	25
Internet	20
Copias	10
Transcripciones	5
Transporte	25
TOTAL	115,00

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

El total de los costos indirectos que influyen en la implementación del sistema de secado de camisetas estampadas es de 444 dólares.

6.9.1.3. Costo total de la inversión

Tabla 6. 49: Costo total

Costos	Subtotal (USD)
Directo	2964
Indirecto	322
Subtotal	3286
5% imprevistos	164.3
TOTAL	3450.3

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

6.9.2. Financiamiento

La inversión para la construcción del horno eléctrico fue cubierta en porcentajes iguales, el 50% fue cubierto por el dueño de la Fábrica Technology beneficiaria de la implementación del proyecto y el 50% restante por el señor Xavier Pacha ejecutor del trabajo de manera independiente, previó a la obtención de título de Ingeniero Mecánico.

$$VAN = -Costo Inicial + \frac{Flujo\ de\ efectivo\ anual}{(1 + i)^n}$$

Se cuenta con un capital de 1725 dólares el cual se invierte en el proyecto y se estima la recuperación de la inversión en 3 años, en el primer año se entregará 600 dólares y el segundo 700 dólares y tercer año 800 y la tasa de interés será el actual 9.33

$$VAN = -1725 + \frac{600}{(1 + 0.0933)^1} + \frac{700}{(1 + 0.0933)^2} + \frac{800}{(1 + 0.0933)^3}$$

$$VAN = -1725 + \frac{600}{(1 + 0.0933)^1} + \frac{700}{(1 + 0.0933)^2} + \frac{800}{(1 + 0.0933)^3}$$

$$VAN = -1725 + \frac{600}{(1 + 0.0933)^1} + \frac{700}{(1 + 0.0933)^2} + \frac{800}{(1 + 0.0933)^3}$$

$VAN = 21.59$ (El proyecto es viable)

6.10. Previsión de la evaluación

6.10.1. Evaluación y puesta a punto del Horno eléctrico

Para la evaluación y puesta a punto del horno eléctrico, se debe tener en cuenta que cada uno de los sistemas los cuales conforman la máquina deben estar funcionando de forma sincronizada, evitando así que se produzcan inconvenientes a lo largo del ciclo de secado.

- Para poner a punto el sistema de banda transportadora, vamos a tomar en cuenta aspectos tales como; la ubicación del horno eléctrico debe encontrarse en un área plana, el motorreductor debe proporcionar la potencia requerida para mover a los cilindros, la banda textil debe estar correctamente templada así como se debe observar que los rodamientos mantengan una buena lubricación.
- Para el funcionamiento óptimo de la banda textil junto con los rodillos, se debe observar que el pasador de acero inoxidable el cual une a la banda se encuentre correctamente ubicado con su punta expuesta hacia la parte interior de la misma esto evita que se produzca enganches con la prenda. La velocidad es controlada por un potenciómetro el cual ayudara a regular fácilmente el tiempo de paso de la prenda por la cámara térmica.
- En cuanto se refiere a la ubicación de la prenda se debe la coloca de forma vertical de preferencia en la mitad de la banda transportadora tomando en cuenta que se deja un espacio prudente entre prendas de 10 a 15 cm.

- Para la cámara de secado, es de suma importancia revisar que su control de temperatura (termocupla) esté plenamente funcionando ya que de este depende un correcto secado de la prenda estampada.
- El aislamiento térmico, es un aspecto también importante y se lo debe revisar que se encuentre herméticamente edificado para evitar fugas y pérdida de energía hacia el exterior.
- Para un accionamiento y control adecuado de la máquina, se debe revisar que las conexiones eléctricas estén funcionando correctamente y cumpliendo con su función previamente establecida.

6.10.2. Pruebas de los elementos que conforman el horno eléctrico

Una vez puesto a punto el horno eléctrico para el secado de camisetas estampadas, se debe realizar una serie de pruebas para de esta manera comprobar el rendimiento óptimo de la máquina, los parámetros principales analizados son los siguientes:

6.10.3. Plan de pruebas

- a) Pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico
- b) Pruebas del aislamiento hermético
- c) Pruebas de fuga de energía calorífica
- d) Tiempo de transporte de la banda textil
- e) Temperatura de secado de la camiseta estampada

6.10.3.1. Pruebas y resultados obtenidos

A continuación se detalla la descripción los resultados del plan de pruebas realizadas.

a) Prueba de funcionamiento del sistema eléctrico

Las pruebas que se realizan en este sistema constan del accionamiento, corte de señal para los elementos como; motor, variador de frecuencia, potenciómetro, contactores, resistencias eléctricas.

b) Pruebas del aislamiento hermético

Después de haber realizado la colocación de las resistencias eléctricas y la colocación de aislantes de fibra de vidrio y además dejar un espacio de entre paredes de la cámara térmica, en la pared exterior se pudo comprobar que la temperatura es igual a la del ambiente, con esto se puede decir que el aislamiento hermético es efectivo.

c) Pruebas de fuga de energía calorífica

Como se menciona en el ítem anterior el aislamiento hermético es efectivo, pero cabe mencionar que al realizar la prueba de fuga calorífica claramente se presentó dos fugas de calor en la entrada y salida de la cámara térmica, pero es normal e inevitable puesto que se trata de un túnel de secado en movimiento más no de un horno aislado totalmente.

d) Tiempo de transporte de la banda textil

Se comprobó que el tiempo de secado está dentro de un rango de 14.7 a 38.6 segundos, ósea el paso de prenda por medio de cámara térmica en su totalidad y secado adecuadamente, obviamente depende de la temperatura en la cámara térmica y velocidad dada en la banda transportadora.

e) Temperatura de secado de la camiseta estampada

La temperatura para la cámara térmica está en un rango de 90 °C a 160 °C, es controlada por medio de la termocupla encargada de encender y apagar las resistencias, al igual que el ítem anterior depende de la velocidad de la banda.

Entonces se llegó a la conclusión que el secado de la camiseta estampada depende de estos dos parámetros, velocidad y temperatura.


6.10.4. Pruebas del sistema de secado con el horno eléctrico

Para realizar las pruebas de secado de camisetas estampadas con el horno eléctrico se establecieron dos puntos de referencia, el primer punto que será a la entrada y el siguiente punto a la salida del horno tomando en cuenta que la camiseta tiene que salir totalmente del horno eléctrico, como se muestra en la figura.

Las pruebas experimentales se realizaron bajo el rango de temperatura de 90 °C a 160 °C y con una velocidad de banda transportadora de 10 Hz a 34.4 Hz, tomando en cuenta que el motorreductor debe trabajar con un porcentaje arriba del 10% ya que si bajara de esa medida tendera a recalentarse puesto que su ventilación no es la adecuada.

A continuación se muestra los tiempos de secado de camisetas estampadas haciendo uso del horno eléctrico, los datos fueron medidos bajo tiempos mínimos y máximos, así como la temperatura de la cámara térmica.

Tabla 6. 50: Pruebas de secado de camisetas estampadas

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE OBSERVACIÓN						
SECADO HORNO ELÉCTRICO						
Lugar: Fábrica Technology						
Investigador: Xavier Pacha						
	Tiempo de Secado Camisetas Estampadas			Producción		
	Frecuencia de salida (Hz)	Temperatura °C	Tiempo (segundos)	(Camisetas inspección)		
Ítem	B. transportadora	Termocupla	1 camiseta	1 Minuto	1 Hora	8 Horas
1	10	90	38.6	1	60	480
2	10.5	93	37.9	1	60	480
3	11	95	37.1	1	60	480
4	12.2	97	35.9	1	60	480
5	13.6	100	35.2	1	60	480
6	14	102	34	1	60	480
7	15	105	33.6	1	60	480
8	16.7	107	32.5	1	60	480
9	17.3	110	31.7	1	60	480
10	18.6	112	30	2	120	960
11	19	115	28.3	2	120	960
12	20	117	27.7	2	120	960
13	18	117.5	26.8	2	120	960
14	18.4	118	25.01	2	120	960
15	19.6	120	23.4	2	120	960
16	20	120.2	22.7	2	120	960
17	21.5	125	21.5	2	120	960
18	22.9	125.5	20	3	180	1440
19	23.4	130	19.7	3	180	1440

20	24.3	135	18.8	3	180	1440
21	24.8	135.5	18.1	3	180	1440
22	25.2	140	17.6	3	180	1440
23	28.6	150	15.8	3	180	1440
24	30.4	160	14.7	4	240	1920

Fuente: Investigador (Xavier Pacha)

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que para obtener un secado adecuado de la camiseta estampada se va a trabajar con una frecuencia de 22.9 Hz; así como su temperatura estará en 125.5 °C.

6.10.5. Manual de mantenimiento

Para tener una larga vida útil de la máquina es de suma importancia su mantenimiento preventivo, de esta manera se evita que un futuro los elementos que conforman el horno eléctrico sufran alguna falla y por ende producir una para y tener que suspender la producción.

A continuación se menciona las recomendaciones para realizar un mantenimiento preventivo de los diferentes elementos que conforman la máquina.

- Previo a que la máquina empiece su día de labor se debe revisar que la banda transportadora se encuentre correctamente templada y su pasador de unión tenga su punta hacia el interior de la misma.
- Revisar que las conexiones eléctricas se encuentren en buen funcionamiento, realizando un encendido y apagado de la máquina previo a su uso.
- Revisar que los ejes y rodamientos estén adecuadamente lubricados evitando de esta manera se produzcan desgaste por fricción.

- Revisar que la cadena y catarinas estén correctamente engranadas antes de encender la banda transportadora.
- La banda transportadora después de cierto tiempo de uso tiende a dilatarse puesto que está expuesta a altas temperaturas, por ello debe ser tensada haciendo uso de los templadores ubicados en el eje conducido.
- El sistema de control de temperatura debe ser revisado que este en correcto funcionamiento y realice su tarea de encendido y apagado de las resistencias eléctricas.
- Una vez puesto en marcha el funcionamiento de la banda transportadora se debe revisar que el variador de frecuencia se encuentre arriba del 10% de trabajo del motorreductor ya que si se encuentra por debajo tenderá a recalentarse ya que su giro será muy lento y su ventilación no será la adecuada.
- Revisar que los contactores se encuentre en buen estado para evitar la pérdida de las resistencias en caso de sufrir una sobrecarga eléctrica.
- Al culminar un día de labor se debe empezar apagando la cámara térmica y dejar en funcionamiento la banda transportadora por un lapso de 5 minutos para que el calor pueda disiparse.

6.10.6. Conclusiones y recomendaciones

6.10.6.1. Conclusiones

- El diseño de un sistema de secado para camisetas estampadas de la Fábrica Technology de la Provincia de Tungurahua Cantón Ambato culminó con el diseño y construcción de un Horno Eléctrico con banda transportadora, el cual fue un éxito ya que con su incorporación a la fábrica mencionada se mejoró su producción.

- La banda transportadora para este sistema debe soportar la temperatura generada en el interior de la cámara térmica, razón por la cual se la considera especial (banda de teflón con fibra de vidrio).
- El pasador y grapas para unir la banda transportadora deben ser de acero inoxidable, para evitar su dilatación y tomando en cuenta por su composición y forma su retiro para realizar el mantenimiento es fácil.
- Los rodillos motriz y conducido se los fabrico de 4.5 pulgadas para que la banda transportadora tenga un buen agarre y fijación ya que por su forma (malla) podría presentarse un mal acoplamiento y tienda a resbalarse.
- Para evitar el recalentamiento del motorreductor, el variador de frecuencia debe marcar un porcentaje del 10% y no debe bajar de esa medida puesto que se forzara y su ventilación proporcionada no es la adecuada.
- Para un buen aislamiento térmico se colocó fibra de vidrio a más de dejar un espacio entre paredes, para evitar la pérdida de calor y que su exterior se mantenga a temperatura ambiente.
- El control de temperatura establecido, es de gran ayuda ya que nos da a conocer si la cámara térmica se encuentra a la temperatura deseada y también es la encargada de encender y apagar las resistencias eléctricas d acuerdo a los rangos de temperatura establecidos.
- El horno eléctrico ayuda a reducir los tiempos de secado de camisetas estampadas en comparación cuando se lo realizaba de manera manual, a más de realizar un secado uniforme y mejorar su calidad.

6.10.6.2. Recomendaciones

- Para evitar pérdidas por descargas o bajas de energía, se recomienda colocar un contactor general y de ser posible uno para cada una de las resistencias.
- Los elementos que conformen el horno eléctrico deben ser analizados previos a su fijación tomando en cuenta los posibles cambios que se deben realizar, ya que si una vez montados se debe someter a cambios sería una pérdida de tiempo y dinero.
- Al realizar las pruebas se debe considerar los posibles inconvenientes, sucesos a presentarse, paros de emergencia, de esta manera se puede corregir y mejorar poniendo a punto el funcionamiento de la máquina.
- Al momento de la colocación de la camiseta estampada en la banda transportadora es recomendable dejar un espacio entre 10 a 15 centímetros entre prenda.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHASE, R., JACOBS, F., AQUILANO, N. “Administración de Producción y Operaciones”, Editorial McGraw-Hill; México, 2005
2. COATS, Conocimiento de Fibras Textiles. Recuperado de (<http://www.coatsindustrial.com/es/information-hub/apparel-expertise/know-about-textile-fibres>)
3. FRAILE MORA, JESUS (2008). MÁQUINAS ELÉCTRICAS (6ª Edición). MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A
4. Grupo Disma, Fenix máquinas para serigrafía. Recuperado de (<http://www.grupodisma.com/Hornos.html>)
5. Gutiérrez Santana, L. (2002). Evaluación del potencial de las energías pasivas para el secado de ropa. (Tesis ingeniería). Universidad de Colima Facultad de Ingeniería de Arquitectura y Diseño
6. Ideas y recursos Crosetex (23 de Diciembre 2009) Recuperado de (<http://crosetex.com/disenio-grafico/serigrafia/79-hornos>)
7. INGEMECANICA. S.F, “Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño”, Recuperado de (<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>)
8. Ingeniería Eléctrica y Tecnología, (Abril 2009) “Guía en línea de cálculos eléctricos (motor)” Recuperado de (<http://fidelsmc.blogspot.com/2009/04/guia-en-linea-calculos-electricos-motor.html>)
9. JOSEPH EDWARD SHIGLEY, (1986), “Diseño en Ingeniería Mecánica”, Capítulo 4, Materiales y sus Propiedades, 3ra Edición, México, McGraw HILL
10. KALIPO, Tintas para serigrafía textil. Recuperado de (<http://www.kalipo.com/tintas-textiles-emulsion-serigrafia/>)
11. LA ARAYA INGENIERIA, (9 de febrero de 2011) “Variadores de Frecuencia” Recuperado de (<http://arayaingenieria.blogspot.com/2011/02/respuestas-sobre-variadores-de.html>)

12. MECÁNICA INDUSTRIAL, (17 de Enero 2009) “Mantenimiento de Motorreductores”. Recuperado de (<http://www.mecanicaindustrial.blogspot.com/2009/01/mantenimiento-en-motorreductores.html>)
13. NORTON Robert L. “Síntesis y Análisis de Máquinas y Mecanismos” 3ra Edición, Editorial McGraw-Hill
14. Portal de Mantenimiento Industrial, “Reductores y Motorreductores” S.F Recuperado de (<http://www.solomantenimiento.com/articulos/m-reductores-motorreductores.htm>)
15. Pozos Suárez, I. (2010). Diseño térmico para un horno solar de secado de madera. (Tesis de ingeniería). Universidad Veracruzana Facultad De Ingeniería Mecánica Eléctrica
16. Productos Home (2012 Agosto 27). Horno de Secado. Recuperado de (http://fenixonline.com.mx/Fenix/Productos/Entradas/2012/8/27_Hornos.html)
17. PROVECUADOR, “Bandas Transportadoras y de Transmisión, Cangilones, Equipos Magnéticos”, S.F, Recuperado de (<http://provecuador.com.ec/bandas-transportadoras.html#caucho>)
18. Revista ELECTRO INDUSTRIA, editorial EMB Santiago-Chile, S.F “Termocuplas Fundamentos y Recomendaciones” Recuperado de (<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1502&edi=79>)
19. RIBA R. CARLES (2002), Diseño Concurrente, Universidad Politécnica de Catalunya, (226 páginas); para poder seleccionar el modelo adecuado hemos tomado el método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados.
20. RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Parte 2, Materiales, 8a Edición, México, McGraw HILL
21. Ruiz, M y Sánchez, J. (2012). Diseño y construcción de un horno convectivo automático de alimentación continua para el proceso de carbonizado de 60 kg/día de lana para la empresa ESPAEX. (Tesis inédita de ingeniería). Escuela Politécnica del Ejército Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecatrónica.

22. Screen Printing, Serigrafía Buestan

(<http://www.serigrafiabuestan.com/serigraf/index.php/productos/maquinaria>)

23. TERMOKEW, S.F “Resistencias de calentamiento” Recuperado de

(<http://www.termokew.mx/resistencias-calentamiento.php>)

ANEXO A: DISEÑO MECÁNICO

ANEXO A1: Bandas transportadoras

TIPOS DE BANDAS TRANSPORTADORAS

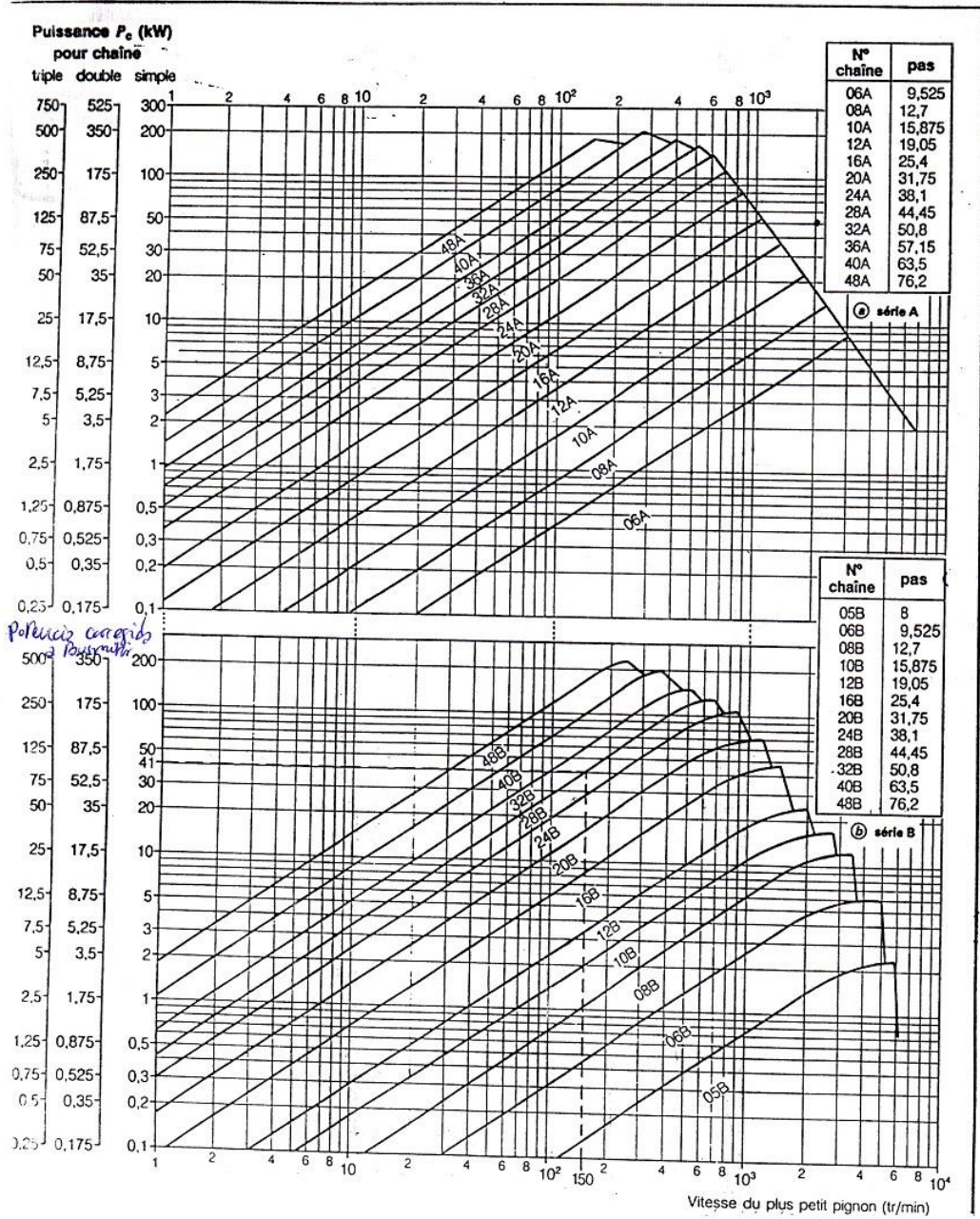
MOD	MATERIAL DE BANDA	ESPESOR	ACABADO DE BANDA	TENSION	TEMP.
ALG-1	BANDA DE ALGODON	1 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	200 KG/IN	80°C
ALG-2	BANDA DE ALGODON	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	500 KG /IN	100°C
ALG-3	BANDA DE ALGODON	3 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	750 KG/IN	120°C
ALG-4	BANDA DE ALGODON	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1000 KG /IN	140°C
ALG-6	BANDA DE ALGODON	6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1250 KG/IN	180°C
POL-2	BANDA DE POLIESTER	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	650 KG/IN	100°C
POL-4	BANDA DE POLIESTER	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1300 KG/IN	120°C
POL-6	BANDA DE POLIESTER	6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1950 KG/IN	140°C
PS-1	BANDA DE POLIESTER/PVC	1.5 MM	BANDA ACABADO LISO	200 KG/IN	100°C
PS-2	BANDA DE POLIESTER/PVC	2.5 MM	BANDA ACABADO LISO	500 KG/IN	180°C
S-230	BANDA DE ALGODON/SILICON	2.5 MM	BANDA ACABADO LISO	800 KG/IN	230°C
TF	BANDA DE ALGODON/TEFLON	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	500 KG/IN	340°C
TECA	BANDA DE ALGODON-RIG	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1000 KG/IN	140°C
TECP	BANDA DE POLIESTER-RIG	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1300 KG/IN	130°C
FF	BANDA DE POLIESTER/HULE	2, 4, 6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	650-1300-1950	100°C
MINX16	BANDA DE POLIESTER/HULE	3.5, 5, 5.7, 5MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C
MINX08	BANDA DE POLIESTER/HULE	5, 7, 9 MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C
MIN168	BANDA DE POLIESTER/HULE	8.5, 10.5 MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C

BANDAS TRANSPORTADORAS PARA MAQUINAS BOLSEADORAS, ALIMENTICIAS, CEMENTERAS, MINERAS, ELECTRONICAS

ANEXO A2: Selección de cadenas de transmisión

Diagramas de selección de las cadenas de transmisión de potencia Series A (serie americana) y B (serie europea)

CHAÎNES MÉCANIQUES



ANEXO A3: Formulación cadenas de transmisión

TRANSMISSION DE PUISSANCE

Tableau V. – Principales formules de calcul des chaînes de transmission.		
Diamètre primitif d'un pignon de z dents	$D_p = \frac{p}{\sin(\pi/z)}$	1
Effet polygonal sur la vitesse de la chaîne :		
– longitudinal	$v_{bx} = \frac{p\omega}{2 \sin(\alpha/2)} \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \theta\right)$	3
– transversal	$v_{by} = \frac{p\omega}{2 \sin(\alpha/2)} \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \theta\right)$	5
Amplitude transversale due à l'effet polygonal	$H_t = \frac{p}{2} \tan(\alpha/4)$	6
Vitesse linéaire moyenne de la chaîne	$v = p z_i N_i / 60$ N_i : velocidad de giro en r.p.m.	7
Effort utile	$F_u = P/v$	8
Effort centrifuge	$F_c = Mv^2$	9
Effort caténaire	$F_p = Mg \left(\frac{B^2}{8h} + h \right)$	10
	avec $h = \frac{1}{2} \sqrt{B^2 - B^2}$	11
Réactions dans la zone engrenée :		
– du maillon n	$F_n = F_0 \left[\frac{\sin \varphi}{\sin(\alpha + \varphi)} \right]^n$	14
– de la dent n	$G_n = F_{n-1} \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \varphi)}$	15
Longueur du bras de levier de la réaction G	$L_g = \frac{D_p}{2} \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)$	16
Fréquences excitatrices :		
– par tour de chaîne	$f_1 = \frac{z\omega}{2\pi L}$	17
– par effet polygonal	$f_2 = \frac{z\omega}{2\pi}$	18
– par excentration	$f_3 = \frac{\omega}{2\pi}$	19
Fréquences propres d'oscillations :		
– longitudinales	$f_\ell = \frac{k}{2B} \sqrt{\frac{R}{M}}$	21
– transversales	$f_{\lambda t} = \frac{\lambda}{2B} \sqrt{\frac{F_0}{M}}$	22
Pressions de contact :		
– réelle (selon Hertz)	$p_s \max = \frac{0,838}{d} \sqrt{\frac{FEa}{\ell}}$	27
– conventionnelle	$p_s = \frac{F}{d\ell}$ d : diamètre del perno ℓ : longitud del casquillo	28
Vitesse économique	$v_e = \sqrt[3]{\frac{P}{2M}}$	32

ANEXO A4: Velocidades máximas en cadenas

<i>Vitesse maximale de la chaîne.</i>		
Pas mm	Vitesse de rotation tr/min	Vitesse linéaire m/s
9,525	10 000	30
12,7	7 000	28
15,875	5 000	24
19,05	4 000	24
25,4	2 500	18
31,75	1 600	16
38,1	1 300	16
44,45	1 000	14
50,8	700	11
63,5	500	10
76,2	400	9,5

ANEXO A5: Características para cadena simple de rodillos

51		CADENA DE RODILLOS								Hoja Técnica		
		s/norma DIN-8187, BS-288, ISO/R-606								núm. 001/1		
CADENA SIMPLE												
Cotas en mm.												
REFERENCIAS		Paso	Ancho interior	Ø rodillo	Ø eje	Ancho eslabón interior	Ancho sobre remache	Longitud eje unión	Ancho malla	Superf. articul.	Peso	Carga rotura
BEMSA	DIN-ISO	p	b ₁	d ₁	d ₂	b ₂	a	G	g	cm ²	Kg/m	Kp
R- 6-1	04B-1	6,00	2,80	4,00	1,85	4,10	7,40	10,30	5,00	0,07	0,12	300
R- 8-1	05B-1	8,00	3,00	5,00	2,31	4,77	8,60	11,70	7,11	0,10	0,18	460
R- 9-1	06B-1	9,525	5,72	6,35	3,28	8,52	13,50	16,80	8,26	0,28	0,40	910
R-102	081-1	12,70	3,30	7,75	3,66	5,80	10,20	11,70	9,91	0,21	0,28	820
R-110	082-1	12,70	2,38	7,75	3,66	4,60	8,20	-	9,91	0,16	0,26	820
R-46N	083-1	12,70	4,88	7,75	4,09	7,90	12,90	14,40	10,20	0,32	0,42	1400
R-17A	084-1	12,70	4,88	7,75	4,09	8,80	14,80	16,30	11,15	0,35	0,59	1600
R-41A	085-1	12,70	6,38	7,77	3,58	9,07	14,00	16,00	9,91	0,32	0,38	680
R-12-1	08B-1	12,70	7,75	8,51	4,45	11,30	17,00	20,90	11,81	0,50	0,70	1820
R-15-1	10B-1	15,875	9,65	10,16	5,08	13,28	19,60	23,70	14,73	0,67	0,95	2270
R-19-1	12B-1	19,05	11,68	12,07	5,72	15,62	22,70	27,30	16,13	0,89	1,25	2950
R-25-1	16B-1	25,40	17,02	15,88	8,27	25,45	36,10	41,50	20,60	2,10	2,70	6500
R-31-1	20B-1	31,75	19,56	19,05	10,17	29,01	43,20	49,30	26,20	2,95	3,70	10000
R-38-1	24B-1	36,10	25,40	25,40	14,63	37,92	53,40	60,00	33,20	5,54	6,70	17000
R-44-1	28B-1	44,45	30,99	27,94	15,90	46,58	65,10	72,50	37,08	7,40	8,30	20000
R-50-1	32B-1	50,80	30,99	29,21	17,81	45,57	67,40	75,30	41,60	8,12	10,50	26000
R-63-1	40B-1	63,50	38,10	39,37	22,87	55,75	82,60	92,80	52,00	12,15	16,00	38000
R-76-1	48B-1	76,20	45,75	48,26	29,22	70,56	99,10	109,60	63,50	20,61	27,20	60000
R-88-1	56B-1	88,90	53,34	53,98	34,30	81,33	117,00	126,60	80,00	27,87	34,00	90000
R-101-1	64B-1	101,60	60,96	63,50	39,40	92,02	131,40	140,00	90,17	36,25	60,00	108000
R-114-1	72B-1	114,30	68,58	72,39	44,48	103,81	148,70	157,20	103,63	46,17	80,00	137000
T I P O S E S P E C I A L E S (no incluidos en normas)												
R- 5	-	5,00	2,50	3,20	1,49	4,15	7,40	10,00	4,10	0,05	0,08	200
R-435	-	9,525	3,30	6,00	2,78	5,45	9,60	12,70	9,00	0,15	0,26	800
R-31N	-	9,525	3,94	6,35	3,28	6,70	11,00	14,00	9,00	0,22	0,36	910
C-36N	-	9,525	7,50	5,08	3,28	10,80	15,80	17,50	9,30	0,39	0,46	1300
R-332	-	12,70	4,88	7,75	3,66	7,20	10,60	12,10	9,91	0,28	0,33	820
R-41N	-	12,70	5,21	8,51	4,45	8,74	15,00	18,90	11,81	0,39	0,62	1820
R-48N	-	12,70	6,40	7,75	3,97	9,78	15,40	18,30	11,00	0,38	0,50	1500
R-461	-	12,70	6,40	8,51	4,45	9,93	15,80	19,70	11,81	0,44	0,66	1820
R-130	-	15,875	4,88	7,75	3,66	7,20	10,60	12,10	10,00	0,26	0,28	820
R-51N	-	15,875	6,48	10,16	5,08	10,08	16,40	20,10	14,73	0,51	0,78	2270
R-67N	-	19,05	12,70	12,07	5,94	15,00	25,10	29,00	18,00	0,97	1,60	3900
R-82N	-	25,40	17,02	15,88	8,27	25,40	36,10	41,50	20,60	1,17	1,17	3500

ANEXO A6: Presiones máximas admisibles en las articulaciones de las cadenas

Pression conventionnelle maximale dans les articulations (en MPa).				
p (mm)				
N (tr/min) (1)	9,525-12,7	15,875 19,05-25,4	31,75-38,1 44,45-50,8	63,5-76,2
10	64	51	45	38
25	57	45	39	33
50	48	39	34	29
75	44	35	30	26
100	39	31	27	23
150	35	28	24	21
200	33	26	23	19
250	31	25	22	18
300	30	24	21	17
400	28	22	19	16
500	27	21	18	
750	24	19	17	
1 000	22	18	15	
1 500	20	16		
2 000	17	14		
2 500	15	12		
3 000	14	11		
4 000	10			
5 000	7			

(1) N : vitesse de rotation d'un pignon de 19 dents.

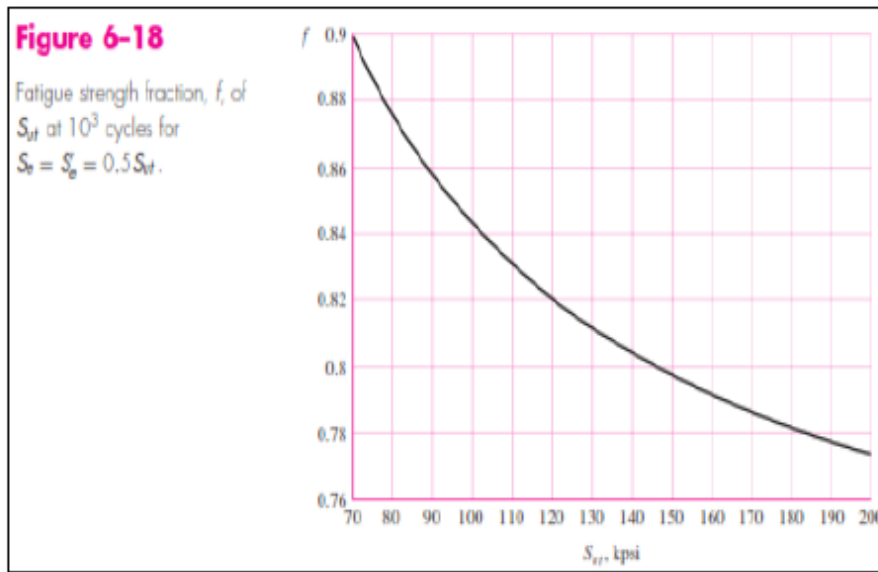
ANEXO A7: Propiedades de los aceros

Table A-20

Deterministic ASTM Minimum Tensile and Yield Strengths for Some Hot-Rolled (HR) and Cold-Drawn (CD) Steels [The strengths listed are estimated ASTM minimum values in the size range 18 to 32 mm ($\frac{3}{4}$ to $1\frac{1}{2}$ in). These strengths are suitable for use with the design factor defined in Sec. 1-10, provided the materials conform to ASTM A6 or A568 requirements or are required in the purchase specifications. Remember that a numbering system is not a specification.] Source: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS No.	SAE and/or AISI No.	Process- ing	Tensile Strength, MPa (kpsi)	Yield Strength, MPa (kpsi)	Elongation in 2 in, %	Reduction in Area, %	Brinell Hardness
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

ANEXO A8: Resistencia a la fatiga



The process given for finding f can be repeated for various ultimate strengths. Figure 6-18 is a plot of f for $70 \leq S_{ur} \leq 200$ kpsi. To be conservative, for $S_{ur} < 70$ kpsi, let $f = 0.9$.

ANEXO A9: Valores medios del factor de carga

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{bending} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsion}^{17} \end{cases}$$

ANEXO A10: Factor de seguridad estático

Valores orientativos para el factor de seguridad estático s_0								
Tipo de funcionamiento	Rodamientos rotativos Requisitos en cuanto a funcionamiento silencioso					Rodamientos estacionarios		
	no importante		normal	alto				
	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos
Suave, sin vibraciones	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables ¹⁾	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula es aconsejable utilizar $s_0 \geq 4$

¹⁾ Cuando se desconoce la magnitud de la carga de choque, deben usarse valores de s_0 por lo menos iguales a los arriba indicados. Si las magnitudes de las cargas de choque son exactamente conocidas, se pueden aplicar valores de s_0 menores



ANEXO A11: Vida nominal

Valores orientativos de vida nominal requeridos para diferentes clases de máquinas	
Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas usadas intermitentemente o por cortos períodos: herramientas eléctricas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3 000 ... 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: ascensores (elevadores), grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre totalmente utilizadas: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos de uso industrial, machacadoras rotativas	10 000 ... 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: máquinas herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria de ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos para imprentas, separadores y centrifugas	20 000 ... 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 ... 50 000
Máquinas para la industria de energía eólica, esto incluye el eje principal, la orientación, los engranajes, los rodamientos del generador	30 000 ... 100 000
Maquinaria para el abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para transatlánticos	60 000 ... 100 000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de transatlánticos	> 100 000

ANEXO A12: Factor de duración a_1

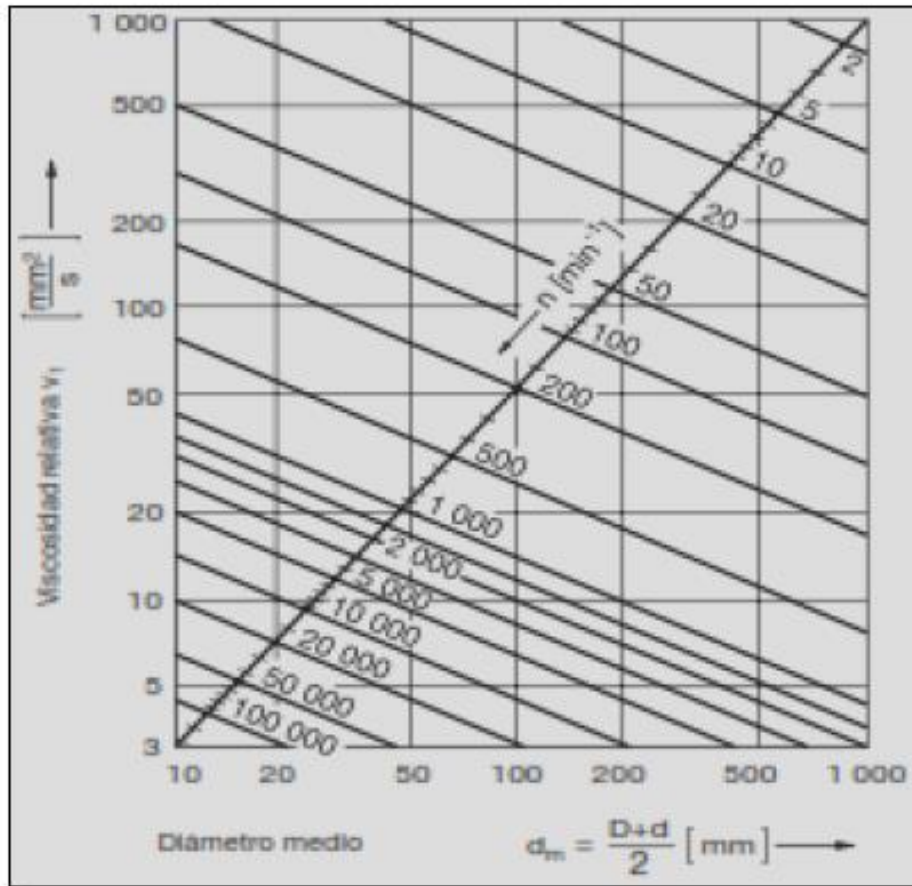
Valor del Factor a_1	
Fiabilidad %	a_1
90	1
95	0.62
96	0.053
97	0.44
98	0.33
99	0.21
Catálogo General SKF	

ANEXO A13: Catalogo general SKF

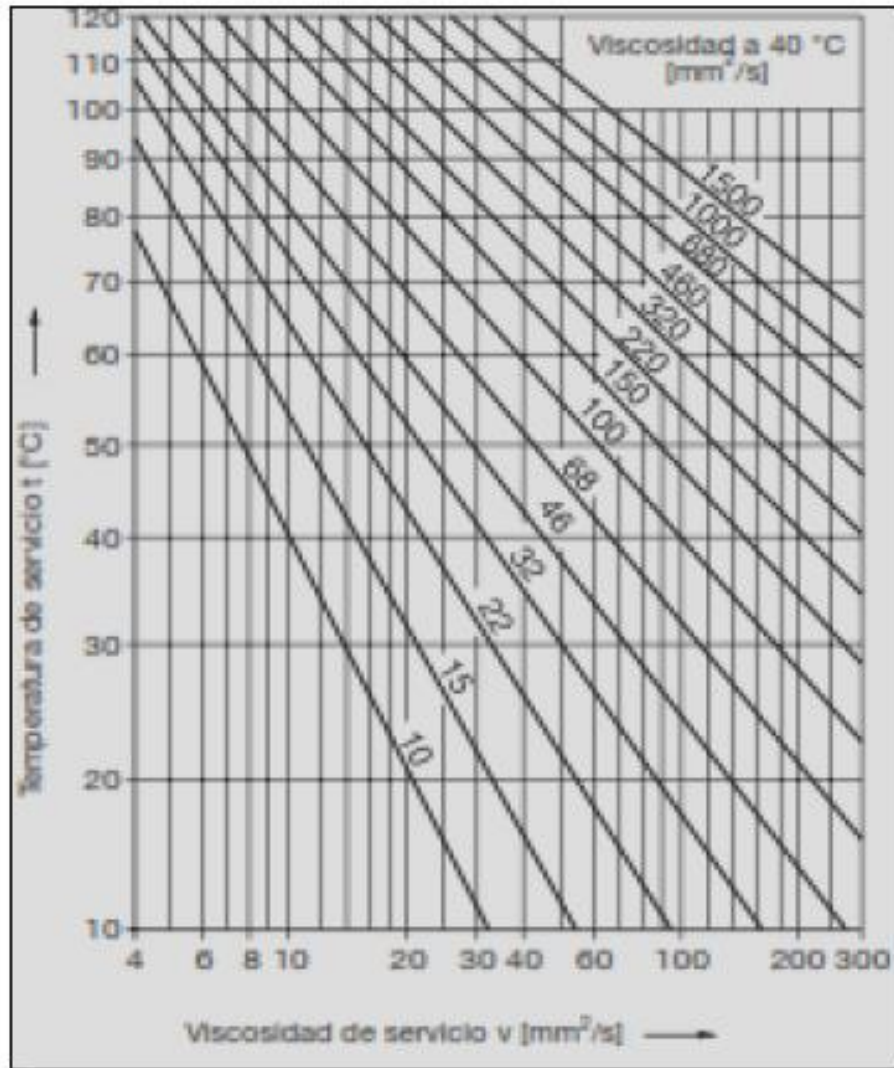
Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación	
d	D	B	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm			kN		kN	rpm		kg	-	
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805	
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905	
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,060	*16005	
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,080	*6005	
	52	9	10,6	6,55	0,28	28 000	18 000	0,078	98205	
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	*6205	
	52	15	17,8	9,8	0,40	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9	
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	*6305	
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,21	6305 ETN9	
	80	21	35,8	19,3	0,82	20 000	13 000	0,53	6405	
	28	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,18	62/28
		68	18	25,1	13,7	0,585	22 000	14 000	0,29	63/28
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	20 000	0,027	61806	
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	19 000	0,051	61906	
	55	9	11,9	7,35	0,31	28 000	17 000	0,085	*16006	
	55	13	13,8	8,3	0,355	28 000	17 000	0,12	*6006	
	62	10	15,9	10,2	0,44	22 000	14 000	0,12	98206	
	62	16	20,3	11,2	0,48	24 000	15 000	0,20	*6206	
	62	16	23,4	12,9	0,54	24 000	15 000	0,19	6206 ETN9	
	72	19	29,6	16	0,67	20 000	13 000	0,35	*6306	
	72	19	32,5	17,3	0,74	22 000	14 000	0,33	6306 ETN9	
	90	23	43,6	23,6	1,00	18 000	11 000	0,74	6406	
35	47	7	4,75	3,2	0,17	28 000	18 000	0,030	61807	
	55	10	9,56	6,8	0,29	26 000	16 000	0,080	61907	
	62	9	13	8,15	0,38	24 000	15 000	0,11	*16007	
	62	14	16,8	10,2	0,44	24 000	15 000	0,16	*6007	
	72	17	27	15,3	0,66	20 000	13 000	0,29	*6207	
	72	17	31,2	17,6	0,75	20 000	13 000	0,27	6207 ETN9	
	80	21	35,1	19	0,82	19 000	12 000	0,46	*6307	
	100	25	55,3	31	1,29	16 000	10 000	0,95	6407	

* Rodamiento SKF Explorer

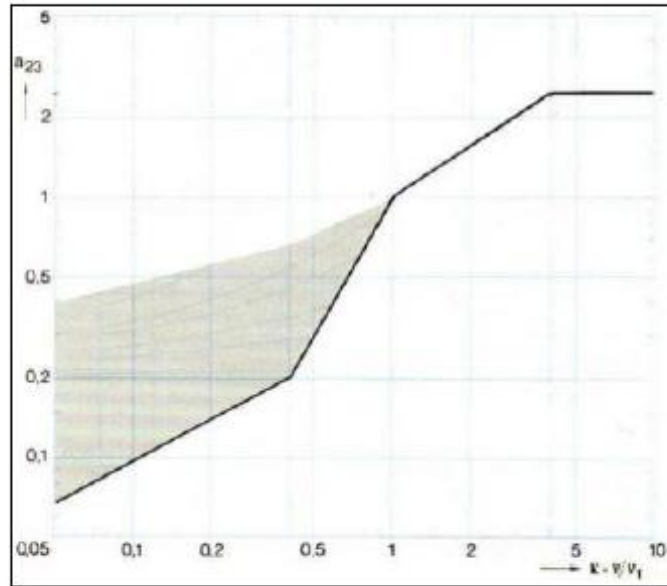
ANEXO A14: Viscosidad cinemática relativa V_1



ANEXO A15: Viscosidad cinemática de servicio V



ANEXO A16: Factor a_{23}

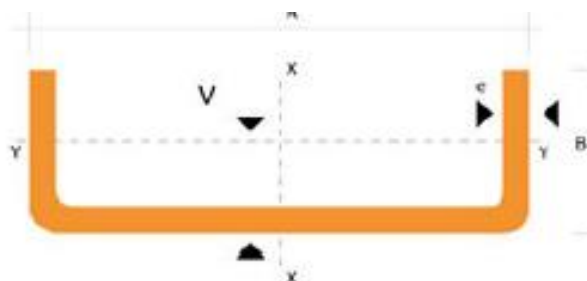


ANEXO A17: Factores K_t y K_{ts}

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.14	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Los valores faltantes en la tabla no pueden obtenerse con facilidad.

ANEXO A18: Perfil estructural en U



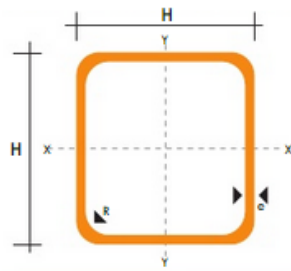
DIMENSIONES			PESOS		SECCION	TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro		EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm ²	I	W	I	I	W	I	x
						cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.68	1.26	1.09
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.82	3.17	1.23	1.19
80	40	5	34.44	5.74	7.18	65.49	16.37	3.02	10.62	3.83	1.21	1.23
80	40	6	40.44	6.74	8.42	74.18	18.54	2.96	12.10	4.44	1.19	1.28
100	50	2	18.24	3.04	3.87	61.50	12.30	3.99	9.72	2.68	1.58	1.34
100	50	3	26.88	4.48	5.70	88.50	17.70	3.94	14.10	3.89	1.57	1.39
100	50	4	35.22	5.87	7.47	113.00	22.80	3.89	18.10	5.07	1.56	1.44
100	50	5	43.20	7.20	9.18	135.00	27.10	3.84	21.80	6.19	1.53	1.48
100	50	6	51.96	8.66	10.82	155.26	31.05	3.79	25.14	7.24	1.52	1.53
100	60	4	36.28	6.38	8.13	128.00	25.60	3.97	29.70	7.17	1.91	1.86
100	60	5	46.86	7.81	9.95	152.00	30.50	3.91	35.70	8.76	1.90	1.92
100	60	6	57.72	9.62	12.02	181.80	36.36	3.89	42.25	10.38	1.87	1.93
100	60	8	74.40	12.40	15.50	22.60	44.52	3.78	52.47	13.32	1.83	2.06
125	50	2	20.58	3.43	4.37	103.60	16.50	4.86	10.40	2.74	1.54	1.20
125	50	3	30.42	5.07	6.45	149.00	23.90	4.81	15.10	4.02	1.53	1.24
125	50	4	39.90	6.65	8.47	192.00	30.70	4.76	19.40	5.24	1.51	1.29
125	50	5	49.14	8.19	10.40	231.00	37.00	4.71	23.40	6.40	1.50	1.34
125	50	6	59.16	9.86	12.32	266.00	42.67	4.65	27.19	7.51	1.48	1.38
125	60	5	53.82	8.97	11.43	266.98	42.71	4.83	39.36	9.15	1.85	1.70
125	60	6	64.92	10.82	13.52	309.25	49.46	4.78	45.85	10.78	1.84	1.75
125	60	8	84.00	14.00	17.50	383.34	61.33	4.68	57.30	13.94	1.80	1.81
125	80	6	76.44	12.74	15.92	394.28	63.06	4.97	102.94	19.10	2.54	2.61
125	80	8	99.30	16.55	20.69	493.02	78.88	4.88	130.27	24.30	2.50	2.64
125	80	10	120.96	20.16	25.21	576.62	92.25	4.78	154.19	29.31	2.47	2.74
150	50	2	22.92	3.82	4.87	159.00	21.10	5.71	10.90	2.80	1.50	1.09
150	50	3	33.96	5.66	7.20	230.00	30.70	5.65	15.90	4.11	1.49	1.13
150	50	4	44.64	7.44	9.47	297.00	39.60	5.60	20.50	5.36	1.47	1.17
150	50	5	55.02	9.17	11.70	359.00	47.90	5.55	24.80	6.55	1.46	1.22
150	50	6	66.36	11.06	13.82	416.69	55.55	5.49	28.80	7.70	1.44	1.26
150	60	5	59.70	9.95	12.68	441.85	54.91	5.7	41.72	9.40	1.81	1.58
150	60	6	72.12	12.02	15.02	478.93	63.85	5.64	48.70	11.07	1.80	1.60
150	60	8	93.60	15.60	19.50	598.74	79.83	5.54	61.15	14.35	1.77	1.74
150	80	6	83.04	13.94	17.42	603.42	80.45	5.88	109.91	19.73	2.51	2.43
150	80	8	108.90	18.15	22.69	760.23	101.36	5.78	139.53	25.09	2.47	2.44
150	80	10	132.96	22.16	27.71	896.29	119.50	5.68	165.85	30.37	2.44	2.54

ANEXO A19: Esfuerzo permisible

TABLE 7—36,000 psi yield steel —

$\frac{KL}{r}$ ratio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	21,560	21,520	21,480	21,440	21,390	21,350	21,300	21,250	21,210
10	21,160	21,100	21,050	21,000	20,950	20,890	20,830	20,780	20,660
20	20,600	20,540	20,480	20,410	20,330	20,280	20,220	20,150	20,010
30	19,940	19,870	19,800	19,730	19,650	19,580	19,500	19,420	19,270
40	19,190	19,110	19,030	18,950	18,840	18,780	18,700	18,610	18,450
50	18,350	18,260	18,170	18,080	17,970	17,900	17,810	17,710	17,530
60	17,430	17,330	17,240	17,140	17,040	16,940	16,840	16,740	16,550
70	16,430	16,330	16,220	16,120	16,010	15,900	15,790	15,690	15,470
80	15,360	15,240	15,130	15,020	14,900	14,790	14,670	14,560	14,320
90	14,200	14,090	13,970	13,840	13,720	13,600	13,480	13,350	13,100
100	12,980	12,850	12,720	12,590	12,470	12,330	12,200	12,070	11,810
110	11,670	11,540	11,400	11,260	11,110	10,970	10,850	10,710	10,430
120	10,280	10,140	9,990	9,850	9,710	9,550	9,410	9,260	8,970
130	8,840	8,700	8,570	8,440	8,310	8,150	8,070	7,960	7,730
140	7,390	7,310	7,210	7,100	7,010	6,900	6,810	6,710	6,530
150	6,040	5,950	5,860	5,750	5,670	5,550	5,440	5,350	5,190
160	5,620	5,560	5,490	5,400	5,310	5,190	5,120	5,030	4,870
170	5,170	5,110	5,030	4,940	4,850	4,730	4,620	4,570	4,450
180	4,610	4,560	4,510	4,460	4,410	4,360	4,320	4,270	4,180

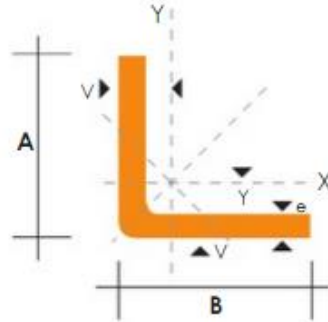
ANEXO A20: Perfil estructural cuadrado



NOMENCLATURA	
A^m	Area de la selección transversal del tubo, cm ²
I^m	Momento de inercia de la sección, cm ⁴
W^m	Módulo resistente de la sección, cm ³
r^m	Radio de giro de la sección cm

DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
12	0,8	0,30	0,37	0,09	0,14	0,48
12	1,0	0,37	0,50	0,11	0,18	0,47
15	0,8	0,36	0,45	0,15	0,20	0,58
15	1,0	0,45	0,61	0,20	0,26	0,57
20	0,8	0,49	0,61	0,38	0,38	0,79
20	1,0	0,60	0,83	0,50	0,50	0,77
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
25	0,8	0,61	0,77	0,76	0,61	0,99
25	1,0	0,76	1,05	1,00	0,80	0,98
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
30	0,8	0,74	0,93	1,33	0,89	1,19
30	1,0	0,92	1,27	1,77	1,18	1,18
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,47	1,15
40	0,8	0,99	1,25	3,21	1,61	1,60
40	1,0	1,23	1,71	4,32	2,16	1,59
40	1,2	1,47	1,86	4,68	2,34	1,59
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
50	1,2	1,84	2,34	9,30	3,72	1,99
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97

ANEXO A21: Ángulo L doblado



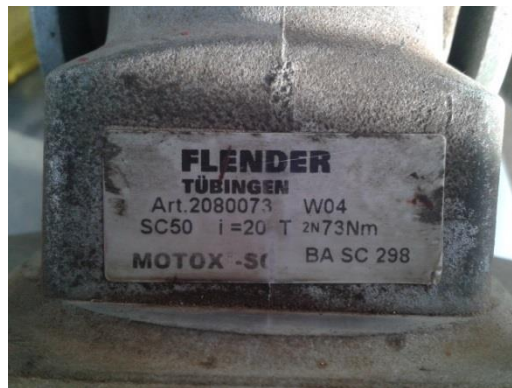
DIMENSIONES			PESOS		SECCION	EJE X-X		= EJE Y-Y		EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro		I	W	i	X=Y	i	i
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58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

ANEXO B: MOTORREDUCTOR

ANEXO B1: Placa del motor



ANEXO B2: Placa caja reductora



ANEXO C: CÁMARA TÉRMICA

ANEXO C1: Conductividad térmica de los aislantes (BTU/h*pie*°F)

Tipo de aislamiento	Peso por pie cúbico.	Temperatura (°F)		
		200 °F	500 °F	1 000 °F
Capa aislante de lana mineral	8 – 12	0.4	0.6	
Capa aislante de lana de vidrio	3	0.3	0.5	
Capa aislante de lana caolín	6	0.3	0.4	0.9
Cemento aislante a base de diatomita	40	0.7	0.8	0.9
Cemento aislante de magnesio al 85 %	15	0.5	0.6	
Bloques aislantes de diatomita	23	0.6	0.7	0.8
Aislamiento por bloques de vermiculita	18	0.6	0.7	0.9

ANEXO C2: Propiedades del aire a presión atmosférica

T K	h kJ/kg	p_r	u kJ/kg	v_r	ϕ kJ/kg · K
100	99.76	0.029 90	71.06	2230	1.4143
110	109.77	0.041 71	78.20	1758.4	1.5098
120	119.79	0.056 52	85.34	1415.7	1.5971
130	129.81	0.074 74	92.51	1159.8	1.6773
140	139.84	0.096 81	99.67	964.2	1.7515
150	149.86	0.123 18	106.81	812.0	1.8206
160	159.87	0.154 31	113.95	691.4	1.8853
170	169.89	0.190 68	121.11	594.5	1.9461
180	179.92	0.232 79	128.28	515.6	2.0033
190	189.94	0.281 14	135.40	450.6	2.0575
200	199.96	0.3363	142.56	396.6	2.1088
210	209.97	0.3987	149.70	351.2	2.1577
220	219.99	0.4690	156.84	312.8	2.2043
230	230.01	0.5477	163.98	280.0	2.2489
240	240.03	0.6355	171.15	251.8	2.2915
250	250.05	0.7329	178.29	227.45	2.3325
260	260.09	0.8405	185.45	206.26	2.3717
270	270.12	0.9590	192.59	187.74	2.4096
280	280.14	1.0889	199.78	171.45	2.4461
290	290.17	1.2311	206.92	157.07	2.4813
300	300.19	1.3860	214.09	144.32	2.5153
310	310.24	1.5546	221.27	132.96	2.5483
320	320.29	1.7375	228.45	122.81	2.5802
330	330.34	1.9352	235.65	113.70	2.6111
340	340.43	2.149	242.86	105.51	2.6412
350	350.48	2.379	250.05	98.11	2.6704
360	360.58	2.626	257.23	91.40	2.6987
370	370.67	2.892	264.47	85.31	2.7264
380	380.77	3.176	271.72	79.77	2.7534
390	390.88	3.481	278.96	74.71	2.7796
400	400.98	3.806	286.19	70.07	2.8052
410	411.12	4.153	293.45	65.83	2.8302
420	421.26	4.522	300.73	61.93	2.8547
430	431.43	4.915	308.03	58.34	2.8786
440	441.61	5.332	315.34	55.02	2.9020
450	451.83	5.775	322.66	51.96	2.9249
460	462.01	6.245	329.99	49.11	2.9473
470	472.25	6.742	337.34	46.48	2.9693
480	482.48	7.268	344.74	44.04	2.9909
490	492.74	7.824	352.11	41.76	3.0120
500	503.02	8.411	359.53	39.64	3.0328
510	513.32	9.031	366.97	37.65	3.0532
520	523.63	9.684	374.39	35.80	3.0733

ANEXO C3: Diámetro según la resistencia

	°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
Kanthal A-1	Ct	1	1	1	1	1	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04

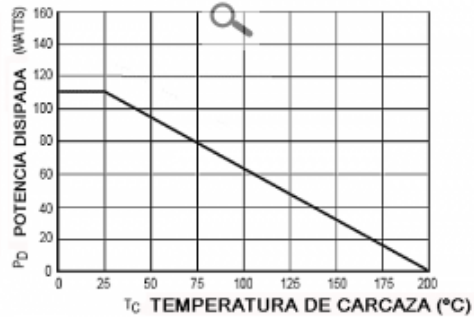
the table figures are valid for kanthal a-1

diameter mm	Resistanc Ω/m 20°C	cm ² /Ω 20°C	weight per length g/m	surface cm ² /m	cross cm ² /m	diameter mm
9,5	0,0205	14600	503	298	70,9	9,5
8,0	0,0288	8710	357	251	50,3	8,0
7,5	0,0328	7480	314	236	44,2	7,5
7,0	0,0377	5840	273	220	38,5	7,0
6,5	0,0437	4670	236	204	33,2	6,5
6,0	0,0513	3680	201	188	28,3	6,0
5,5	0,0610	2830	169	173	23,8	5,5
5,0	0,0738	2130	139	157	19,6	5,0
4,8	0,0801	880	128	151	18,1	4,8
4,5	0,0912	1550	113	141	15,9	4,5
4,2	0,1050	1260	98,4	132	13,9	4,2
4,0	0,1150	1090	89,2	126	12,6	4,0
3,8	0,1280	934	80,5	119	11,3	3,8
3,5	0,1510	730	68,3	110	9,6	3,5
3,2	0,1800	558	57,1	101	8,0	3,2
3,0	0,2050	459	50,2	94,2	7,1	3,0
2,8	0,2350	374	43,7	88,0	6,2	2,8
2,5	0,2950	266	34,9	78,5	4,9	2,5
2,2	0,3810	181	27,0	69,1	3,8	2,2
2,0	0,4620	136	22,3	62,8	3,1	2,0
1,9	0,5110	117	20,1	59,7	2,8	1,9
1,8	0,5700	99,2	18,1	56,5	2,5	1,8
1,7	0,6390	83,6	16,1	53,4	2,3	1,7
1,6	0,7210	69,7	14,3	50,3	2,0	1,6
1,5	0,8210	57,4	12,5	47,1	1,8	1,5
1,4	0,9420	46,7	10,9	44,0	1,5	1,4
1,3	1,0900	37,4	9,42	40,8	1,33	1,3
1,2	1,2800	29,4	8,03	37,7	1,13	1,2
1,1	1,5300	22,6	6,75	34,6	0,95	1,1
1,0	1,8500	17,0	5,58	31,4	0,79	1,0

ANEXO C4: Curva de reducción de potencia

CARACTERISTICAS TERMICAS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.52	$^{\circ}C/W$
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^{\circ}C$ Derate above $25^{\circ}C$	P_D	115 0.657	Watts $W/^{\circ}C$



ANEXO D: Fotos

ANEXO D1: Peso de la camiseta



ANEXO D2: Banda textil de teflón



ANEXO D3: Grapas y pasador de fibra de acero inoxidable



ANEXO D4: Frecuencia mínima de trabajo



ANEXO D5: Resistencia eléctrica 3000 w



ANEXO D6: Cable de asbesto



ANEXO D7:



ANEXO D8:



ANEXO D9



SNEXO D10

