



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO Y DE LA FRECUENCIA
NATURAL DE LAS BANDAS TRAPEZOIDALES EN FUNCIÓN
DEL PRETENSADO CON DIFERENTES LONGITUDES DEL
TRAMO LIBRE”**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

AUTOR:

ÓSCAR ANDRÉS UVIDIA GAVILANES

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO Y DE LA FRECUENCIA NATURAL DE LAS BANDAS TRAPEZOIDALES EN FUNCIÓN DEL PRETENSADO CON DIFERENTES LONGITUDES DEL TRAMO LIBRE.”

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

AUTOR: ÓSCAR ANDRÉS UVIDIA GAVILANES

DIRECTOR: EDUARDO SEGUNDO HERNÁNDEZ DÁVILA

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Óscar Andrés Uvidia Gavilanes

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, ÓSCAR ANDRÉS UVIDIA GAVILANES, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de diciembre del 2021

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature is cursive and appears to read 'Oscar Uvidia Gavilanes'.

Oscar Andrés Uvidia Gavilanes

C.C: 0604410027

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

El Tribunal del Trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular; tipo: proyecto de investigación, **ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO Y DE LA FRECUENCIA NATURAL DE LAS BANDAS TRAPEZOIDALES EN FUNCIÓN DEL PRETENSADO CON DIFERENTES LONGITUDES DEL TRAMO LIBRE**, realizado por el señor: **ÓSCAR ANDRÉS UVIDIA GAVILANES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-12-22
Ing. Eduardo Segundo Hernández Dávila DIRECTOR DE TRABAJO	_____	2021-12-22
Ing. Julio Eduardo Cajamarca Villa MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-12-22

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular va dedicado a Dios por darme la oportunidad de vivir y cumplir tan anhelado sueño, a mi amado padre Ramiro Manuel Uvidia Paredes y mi madrecita Norma Isabel Gavilanes Hernández quienes son mi ejemplo de superación, humildad, trabajo, nobleza y que me han forjado como la persona que soy en la actualidad, sin su apoyo amados padres no lo hubiese logrado amor y gratitud por siempre; Dedicó este logro de manera especial y sincera a las dos personas que me brindaron su apoyo, su comprensión, tuvieron tolerancia e infinita paciencia y creyeron en mí para que “Papá estudie”, para ti amada esposa Lesly Monserrath Vargas Caiza que estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas porque eres una mujer especial y maravillosa y para ti adorada hija Danna Anahí Uvidia Vargas porque eres mi amor, mi fuerza y mi inspiración para seguir adelante, les amo muchísimo.

Óscar Andrés Uvidia Gavilanes

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud, cuidado y sabiduría para alcanzar este logro académico, ya que sin su bendición no se hubiera hecho realidad.

Un especial agradecimiento a mis padres Ramiro y Norma, así también mis hermanos Ronald y Pablo que siempre estuvieron detrás de mi proceso académico con palabras de aliento que me motivaban para seguir adelante, a mi amada Lesly por brindarme su apoyo incondicional para culminar esta etapa de mi vida, te llevare en mi mente y corazón.

Expreso gratitud a mi querida escuela Ingeniería de Mantenimiento por aportar en mi formación académica, mi agradecimiento al director y miembro de este trabajo Ing. Eduardo Hernández e Ing. Julio Cajamarca quienes impartieron sus conocimientos técnicos y personales, permitiéndome formar parte de esta notoria profesión.

Óscar Andrés Uvidia Gavilanes

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes.....	1
Problema.....	2
Justificación.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Hipótesis.....	3
Variables dependientes	3
Variables independientes.....	3

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1 Sistema de transmisión mediante bandas trapezoidales	4
1.2 Poleas acanaladas	4
1.2.1 Relación de transmisión.....	5
1.2.2 Curva de rendimiento del alternador con regulador externo A-115.....	5
1.2.3 Selección del diámetro de poleas	5
1.3 Bandas trapezoidales o en V	7
1.3.1 Estructura	7
1.3.2 Normalización.....	7
1.3.3 Potencia de diseño.....	8
1.3.4 La distancia entre centros.....	9
1.3.5 Longitud estándar de la banda trapezoidal	10
1.3.6 Especificación de una banda trapezoidal	10
1.3.7 La velocidad de la banda trapezoidal.....	11
1.3.8 Potencia por banda corregida.....	12
1.3.9 Número de bandas para la transmisión.....	13
1.3.10 Determinación del ángulo de contacto	13

1.3.11	<i>Ángulo de contacto (α)</i>	14
1.3.12	<i>Ángulo de contacto (β)</i>	14
1.4	Deslizamiento en las bandas trapezoidales	15
1.5	Frecuencia natural	15
1.5.1	<i>Frecuencias de las bandas</i>	15
1.5.2	<i>Resonancia</i>	16
1.6	Tensión de la banda trapezoidal	16
1.7	Método de control para el ajuste de la tensión	17
1.7.1	<i>Método de la frecuencia de vibraciones</i>	17
1.7.1.1	<i>Cálculo del tramo libre</i>	17
1.7.1.2	<i>Tensión del ramal</i>	18
1.8	Análisis vibracional	18
1.8.1	<i>Vibración</i>	19
1.8.2	<i>Características de la vibración</i>	19
1.8.2.1	<i>Periodo (T)</i>	19
1.8.2.2	<i>Frecuencia</i>	19
1.8.2.3	<i>Amplitud</i>	19
1.8.2.4	<i>Medición de la amplitud de vibración</i>	19
1.8.2.5	<i>Fase</i>	20
1.8.3	<i>Movimiento físico de una máquina</i>	20
1.8.3.1	<i>Vibración simple</i>	20
1.8.3.2	<i>Vibración compuesta</i>	20
1.8.4	<i>Transformada de Fourier</i>	21
1.8.5	<i>Diagnóstico de vibraciones en el sistema de transmisión</i>	22

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	24
2.1	Análisis de requerimientos	24
2.2	Selección de componentes para el módulo	25
2.2.1	<i>Selección del motor eléctrico</i>	25
2.2.2	<i>Selección del alternador</i>	26
2.2.3	<i>Selección de poleas</i>	26
2.2.3.1	<i>Diámetros de las poleas conductoras para cada una las relaciones de transmisión</i> ..	26
2.2.3.2	<i>Características de las poleas conductoras para cada relación transmisión</i>	27
2.2.4	<i>Selección de bandas trapezoidales</i>	27
2.2.4.1	<i>Potencia de diseño.</i>	27
2.2.4.2	<i>Límite de distancia entre centros (C)</i>	28

2.2.4.3	<i>Velocidad de banda (V) de cada transmisión</i>	29
2.2.4.4	<i>Potencia por banda corregida (Pb) de cada transmisión</i>	29
2.2.4.5	<i>Numero de bandas (N_b) empleadas para cada transmisión</i>	29
2.3	Montaje del módulo	30
2.3.1	Base del módulo de pruebas	30
2.3.1.1	<i>Mediciones y características de la base del módulo de pruebas</i>	30
2.3.1.2	<i>Montaje de las barras de tensión en el módulo de pruebas</i>	31
2.3.2	Montaje del motor eléctrico	31
2.3.3	Montaje del alternador	32
2.3.4	Montaje de la balanza digital	32
2.3.5	Circuito de mando del alternador	33
2.4	Metodología para el funcionamiento del módulo	34
2.4.1	Cálculo de la ecuación de la pretensión mediante un análisis estático del sistema ..	34
2.4.1.1	<i>Determinación del diagrama cuerpo libre</i>	35
2.4.1.2	<i>Cálculo de la fuerza ejercida por el alternador (W)</i>	36
2.4.1.3	<i>Sumatoria de momentos en el punto G</i>	37
2.4.2	Cálculo del deslizamiento	37
2.4.3	Cálculo de la eficiencia de transmisión	40
2.4.4	Cálculo de la potencia de trabajo para el motor eléctrico	40
2.4.5	Montaje de las poleas	43
2.4.6	Alineación de poleas	45
2.4.7	Montaje de las bandas trapezoidales	45
2.4.8	Cálculo de la ecuación de la frecuencia natural de la banda	46
2.4.8.1	<i>Calcular la tensión del ramal (Tramal)</i>	46
2.4.8.2	<i>Cálculo de la densidad lineal de la masa</i>	47
2.4.9	Fuerzas definidas para calcular las pretensiones de las bandas	47
2.5	Recolección de datos y toma de mediciones	49
2.5.1	Cálculo de la pretensión (T) de las bandas	49
2.5.1.1	<i>Pretensión de la banda trapezoidal según el tipo transmisión</i>	49
2.5.1.2	<i>Ecuación de la pretensión en función de la fuerza con el método de los mínimos cuadrados</i>	52
2.5.2	Cálculo del deslizamiento para cada tipo de banda trapezoidal	52
2.5.2.1	<i>Cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda trapezoidal A29</i> ..	52
2.5.2.2	<i>Cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda trapezoidal A30</i> ..	54
2.5.2.3	<i>Cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda trapezoidal A32</i> ..	55
2.5.2.4	<i>Cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda trapezoidal A33</i> ..	56

2.5.3	<i>Medición de la frecuencia natural de cada banda trapezoidal acoplada en cada tipo de transmisión.....</i>	57
2.5.3.1	<i>Medición de la Frecuencia natural de la banda</i>	58
2.5.3.2	<i>Medición de la frecuencia natural en las bandas trapezoidales</i>	58
2.5.4	<i>Cálculo de la frecuencia natural de cada banda trapezoidal acoplada en cada tipo de transmisión.....</i>	59

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
3.1	Pretensión de la banda según el tipo de transmisión	61
3.1.1	<i>Pretensión de la A29 en la transmisión 1:1.....</i>	61
3.1.2	<i>Pretensión de la banda A30 en la transmisión 1,3:1.....</i>	62
3.1.3	<i>Pretensión de la banda A32 en la transmisión 1,6:1.....</i>	62
3.1.4	<i>Pretensión de la banda A33 en la transmisión 1,3:1.....</i>	63
3.2	Análisis del deslizamiento en los sistemas de transmisión	64
3.2.1	<i>Deslizamiento de la banda A29 en cada una de las transmisiones</i>	64
3.2.2	<i>El deslizamiento de la banda A30 en cada una de las transmisiones</i>	65
3.2.3	<i>Deslizamiento de la banda A32 en cada una de las transmisiones</i>	66
3.2.4	<i>Deslizamiento de la banda A33 en cada una de las transmisiones</i>	68
3.2.5	<i>Deslizamiento de cada banda trapezoidal en la transmisión 1:1</i>	69
3.2.6	<i>Deslizamiento de cada banda trapezoidal en la transmisión 1,3:1</i>	70
3.2.7	<i>Deslizamiento de cada banda trapezoidal en la transmisión 1,6:1</i>	72
3.3	La Frecuencia natural en los sistemas de transmisión de potencia.....	73
3.3.1	<i>Análisis de la frecuencia natural de la banda A29.....</i>	73
3.3.2	<i>Análisis de la frecuencia natural para las bandas A30, A32 y A33.....</i>	75
3.4	Demostración de hipótesis.....	75
3.4.1	<i>Demostración del deslizamiento</i>	76
3.4.2	<i>Demostración de la frecuencia natural de la banda</i>	81
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES.....	86
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INDÍCE DE TABLAS

Tabla 1-1: Diámetro mínimo recomendado para la polea menor	7
Tabla 2-1: Dimensiones métricas de las bandas trapezoidales según ISO 4184 y DIN 2215	8
Tabla 3-1: Factor de servicio F_s	9
Tabla 4-1: Dimensión de la circunferencia interior de la banda en V	10
Tabla 5-1: Cantidad adicional para tipo de sección	11
Tabla 6-1: K_1 factor de corrección del ángulo de contacto	12
Tabla 7-1: K_2 factor de corrección de longitud de la banda	12
Tabla 8-1: Potencias nominales de bandas en V estándar	13
Tabla 9-1: Tensión del ramal recomendada por los fabricantes	18
Tabla 1-2: Análisis de requerimientos	25
Tabla 2-2: Características técnicas del motor eléctrico	25
Tabla 3-2: Características del alternador	26
Tabla 4-2: Diámetros de las poleas conductoras para cada transmisión	27
Tabla 5-2: Características de la polea conductora para cada relación de transmisión	27
Tabla 6-2: Límite de la distancia entre centros de cada transmisión	28
Tabla 7-2: Longitud estándar de la banda para cada tipo de transmisión	28
Tabla 8-2: Dimensiones estandarizadas de las correas	29
Tabla 9-2: Velocidad de la banda de cada transmisión	29
Tabla 10-2: Potencia por banda corregida de cada transmisión	29
Tabla 11-2: Número de bandas empleadas para cada transmisión	30
Tabla 12-2: Mediciones y características de la base del módulo	31
Tabla 13-2: Representación de distancias	35
Tabla 14-2: Calculo de las distancias que actúan en las aplicaciones de las fuerzas	36
Tabla 15-2: Porcentaje del rendimiento	41
Tabla 16-2: Factor de potencia establecido	43
Tabla 17-2: Densidad lineal de la masa de cada banda trapezoidal	47
Tabla 18-2: Fuerzas definidas para calcular las tensiones de las bandas	48
Tabla 19-2: Pretensión de la banda A29 en una transmisión 1:1	50
Tabla 20-2: Parámetros para el método de los mínimos cuadrados para la banda A29	50
Tabla 21-2: Pretensión de la banda A30 en una transmisión 1,3:1	50
Tabla 22-2: Parámetros para el método de los mínimos cuadrados para la banda A30	51
Tabla 23-2: Pretensión de la banda A32 en una transmisión 1,6:1	51
Tabla 24-2: Parámetros para el método de los mínimos cuadrados para la banda A32	51
Tabla 25-2: Pretensión de la banda A33 en una transmisión 1,3:1	51

Tabla 26-2: Parámetros para el método de los mínimos cuadrados para la banda A33.	52
Tabla 27-2: Ecuación de la pretensión en función de la fuerza para cada tipo de banda.	52
Tabla 28-2: Deslizamiento de la banda A29 en la transmisión 1:1.....	53
Tabla 29-2: Deslizamiento de la banda A29 en la transmisión 1,3:1.....	53
Tabla 30-2: Deslizamiento de la banda A29 en la transmisión 1,6:1.....	53
Tabla 31-2: Deslizamiento de la banda A30 en la transmisión 1:1.....	54
Tabla 32-2: Deslizamiento de la banda A30 en la transmisión 1,3:1.....	54
Tabla 33-2: Deslizamiento de la banda A30 en la transmisión 1,6:1.....	55
Tabla 34-2: Deslizamiento de la banda A32 en la transmisión 1:1.....	55
Tabla 35-2: Deslizamiento de la banda A32 en la transmisión 1,3:1.....	55
Tabla 36-2: Deslizamiento de la banda A32 en la transmisión 1,6:1.....	56
Tabla 37-2: Deslizamiento de la banda A33 en la transmisión 1:1.....	56
Tabla 38-2: Deslizamiento de la banda A33 en la transmisión 1,3:1.....	57
Tabla 39-2: Deslizamiento de la banda A33 en la transmisión 1,6:1.....	57
Tabla 40-2: Frecuencia natural medida de la banda A32 en la transmisión 1,3:1.....	59
Tabla 41-2: Frecuencia natural calculada de la banda A29 en la transmisión 1,3:1.....	59
Tabla 1-3: Valores para determinar la función lineal.	77
Tabla 2-3: Parámetros de linealización de la ecuación del deslizamiento.	78
Tabla 3-3: Ecuación empírica de la pretensión en función del deslizamiento.	79
Tabla 4-3: Comparación de pretensiones.	80
Tabla 5-3: Valores para determinar (r) de la frecuencia natural medida.....	81
Tabla 6-3: Ecuación empírica de la pretensión en función de la frecuencia natural medida.....	84
Tabla 7-3: Frecuencia natural medida de la banda A29 en la transmisión 1:1.....	90
Tabla 8-3: Frecuencia natural medida de la banda A29 en la transmisión 1,3:1.....	90
Tabla 9-3: Frecuencia natural medida de la banda A29 en la transmisión 1,6:1.....	90
Tabla 3-10-2: Frecuencia natural medida de la banda A30 en la transmisión 1:1.	91
Tabla 11-3: Frecuencia natural medida de la banda A30 en la transmisión 1,3:1.....	91
Tabla 12-3: Frecuencia natural medida de la banda A30 en la transmisión 1,6:1.....	92
Tabla 13-3: Frecuencia natural medida de la banda A32 en la transmisión 1:1.....	92
Tabla 14-3: Frecuencia natural medida de la banda A32 en la transmisión 1,3:1.....	93
Tabla 15-3: Frecuencia natural medida de la banda A32 en la transmisión 1,6:1.....	93
Tabla 16-3: Frecuencia natural medida de la banda A33 en la transmisión 1:1.....	93
Tabla 17-3: Frecuencia natural medida de la banda A33 en la transmisión 1,3:1.....	94
Tabla 18-3: Frecuencia natural medida de la banda A33 en la transmisión 1,6:1.....	94
Tabla 19-3: Frecuencia natural calculada de la banda A29 en la transmisión 1:1.	95
Tabla 20-3: Frecuencia natural calculada de la banda A29 en la transmisión 1,3:1.....	95
Tabla 21-3: Frecuencia natural calculada de la banda A29 en la transmisión 1,6:1.....	95

Tabla 22-3: Frecuencia natural calculada de la banda A30 en la transmisión 1:1.	96
Tabla 23-3: Frecuencia natural calculada de la banda A30 en la transmisión 1,3:1.....	96
Tabla 24-3: Frecuencia natural calculada de la banda A30 en la transmisión 1,6:1.....	97
Tabla 25-3: Frecuencia natural calculada de la banda A32 en la transmisión 1:1.	97
Tabla 26-3: Frecuencia natural calculada de la banda A32 en la transmisión 1,3:1.....	97
Tabla 27-3: Frecuencia natural calculada de la banda A32 en la transmisión 1,6:1.....	98
Tabla 28-3: Frecuencia natural calculada de la banda A33 en la transmisión 1:1.	98
Tabla 29-3: Frecuencia natural calculada de la banda A33 en la transmisión 1,3:1.....	99
Tabla 30-3: Frecuencia natural calculada de la banda A33 en la transmisión 1,6:1.....	99
Tabla 31-3: Valores críticos del coeficiente de correlación (r).	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Polea canalada para una correa en V	4
Figura 2-1: Curva característica del alternador con regulador externo A115	6
Figura 3-1: Estructura de una banda trapezoidal clásica	7
Figura 4-1: Dimensiones de banda trapezoidal clásica.....	8
Figura 5-1: Representación para elegir la sección de una correa en V	11
Figura 6-1: Geometría del ángulo de contacto.	14
Figura 7-1: Espectro de la frecuencia de las bandas.....	16
Figura 8-1: Medición de la amplitud vibracional	20
Figura 9-1: Vibración compuesta.....	21
Figura 10-1: Espectro en el dominio del tiempo y la frecuencia	22
Figura 11-1: Problemas en el sistema de transmisión.	22
Figura 1-2: Elementos del módulo.....	24
Figura 2-2: Base del módulo de pruebas.	30
Figura 3-2: Deformación de las barras de tensión.....	31
Figura 4-2: Montaje del motor eléctrico.....	32
Figura 5-2: Montaje del motor eléctrico.....	32
Figura 6-2: Montaje del alternador.	33
Figura 7-2: Montaje de la balanza digital.....	33
Figura 8-2: Circuito de mando del alternador.	34
Figura 9-2: Representación del sistema de tensado de la banda trapezoidal.....	35
Figura 10-2: Diagrama de cuerpo libre del sistema de tensado para la banda trapezoidal.	36
Figura 11-2: Esquema del sistema de transmisión.	38
Figura 12-2: Corriente de entrada.	43
Figura 13-2: Módulo de estudio con el tipo de transmisión 1:1.	44
Figura 14-2: Módulo de estudio con el tipo de transmisión 1,3:1.	44
Figura 15-2: Módulo de estudio con el tipo de transmisión 1,6:1.	44
Figura 16-2: Alineación de poleas con el equipo FAG SMARTY 2.	45
Figura 17-2: Montaje de las bandas.	46
Figura 18-2: Masa de la banda trapezoidal A33.....	47
Figura 19-2: Medición de la frecuencia natural de la banda A32.....	58
Figura 1-3: Forma de onda de la banda A29 con una pretensión de 6,7 N.	74
Figura 2-3: Forma de onda de la banda A29 con una pretensión de 186,7 N.	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Variación de la pretensión para una banda A29 en la transmisión 1:1.	61
Gráfico 2-3: Variación de la pretensión para una banda A30 en la transmisión 1,3:1.	62
Gráfico 3-3: Variación de la pretensión para una banda A32 en la transmisión 1,6:1.	63
Gráfico 4-3: Variación de la pretensión para una banda A33 en la transmisión 1,3.	63
Gráfico 5-3: Deslizamiento la banda A29 en función del pretensado para cada transmisión. ...	64
Gráfico 6-3: Deslizamiento la banda A30 en función del pretensado para cada transmisión. ...	66
Gráfico 7-3: Deslizamiento la banda A32 en función del pretensado para cada transmisión. ...	67
Gráfico 8-3: Deslizamiento la banda A33 en función del pretensado para cada transmisión. ...	68
Gráfico 9-3: Deslizamiento de cada banda trapecoidal en la transmisión 1:1.....	69
Gráfico 10-3: Deslizamiento de cada banda trapecoidal en la transmisión 1,3:1.....	71
Gráfico 11-3: Deslizamiento de cada banda trapecoidal en la transmisión 1,6:1.....	72
Gráfico 12-3: Frecuencia natural de banda A29 en la transmisión 1:1.	74
Gráfico 13-3: Linealización de la curva del deslizamiento en función del pretensado.	78
Gráfico 14-3: Frecuencia natural medida de la banda trapecoidal A29.	83

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: LA FRECUENCIA NATURAL MEDIDA Y LA VELOCIDAD DE VIBRACIÓN A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A29 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1)

ANEXO B: LA FRECUENCIA NATURAL MEDIDA Y LA VELOCIDAD DE VIBRACIÓN A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A30 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1)

ANEXO C: LA FRECUENCIA NATURAL MEDIDA Y LA VELOCIDAD DE VIBRACIÓN A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A32 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1)

ANEXO D: LA FRECUENCIA NATURAL MEDIDA Y LA VELOCIDAD DE VIBRACIÓN A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A33 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1)

ANEXO E: LA FRECUENCIA NATURAL CALCULADA A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A29 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1)

ANEXO F: LA FRECUENCIA NATURAL CALCULADA A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A30 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1)

ANEXO G: LA FRECUENCIA NATURAL CALCULADA A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A32 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1)

ANEXO H: LA FRECUENCIA NATURAL CALCULADA A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A33 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1)

ANEXO I: FRECUENCIA NATURAL DE LAS BANDAS TRAPEZOIDALES EN LA TRANSMISIÓN 1:1

ANEXO J: FRECUENCIA NATURAL DE LAS BANDAS TRAPEZOIDALES EN LA TRANSMISIÓN 1,3:1

ANEXO K: FRECUENCIA NATURAL DE LAS BANDAS TRAPEZOIDALES EN LA TRANSMISIÓN 1,6:1

ANEXO L: VALORES CRÍTICOS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (R)

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar el deslizamiento y la frecuencia natural de las bandas trapezoidales en función del pretensado con diferentes longitudes del tramo libre mediante un diseño e implementación de un módulo de pruebas. Para el análisis del deslizamiento y la frecuencia natural de las bandas acopladas en cada transmisión; se determinó la ecuación del pretensado mediante un análisis estático del sistema, se seleccionaron las fuerzas que se aplicarían para la pretensión, se desarrolló la ecuación del deslizamiento mediante el movimiento circular uniforme y se representó con medidas reales de la frecuencia de rotación de la polea conductora y conducida tomadas por el tacómetro digital, se determinó la frecuencia natural mediante el equipo Vibracheck 200 ABG y programa Maintraq Viewer, se calculó la potencia de trabajo del motor eléctrico y se realizaron la toma mediciones. Se obtuvo las variaciones del deslizamiento y las frecuencias naturales de cada banda trapezoidal acopladas en cada transmisión en función de diferentes pretensiones. Se estableció una ecuación empírica que permite calcular la pretensión de la banda en función del deslizamiento y la frecuencia natural. Se concluye que a mayor longitud de banda y a mayor relación de transmisión el deslizamiento es elevado, pero disminuye a medida que la pretensión aumenta. Las frecuencias naturales aumentan directamente de forma proporcional al aumento del pretensado. Se recomienda al sector industrial que en los planes de mantenimiento deben planificarse y programarse tareas de mantenimiento que determinen la pretensión de las bandas trapezoidales en función del deslizamiento y la frecuencia natural.

PALABRAS CLAVES: <DESLIZAMIENTO>, <FRECUENCIA NATURAL>, <BANDAS TRAPEZOIDALES>, <PRETENSADO>, <RELACIÓN DE TRANSMISIÓN>



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0325-DBRA-UPT-2022

2022-02-17

SUMMARY

The objective of this study was to analyze the slip and the natural frequency of the trapezoidal belts as a function of the prestress with different lengths of the free section through the design and implementation of a test module. For the analysis of the slip and the natural frequency of the coupled belts in each transmission; the prestress equation was determined by a static analysis of the system. The forces that were applied for the pretension were selected, the slip equation was developed by means of uniform circular motion and was represented with real measurements of the rotational frequency of the driving and driven pulley taken by the digital tachometer. The natural frequency was determined using Vibracheck 200 ABG equipment and Maintraq Viewer program, the working power of the electric motor was calculated, and measurements were taken. The slip variations and the natural frequencies of each coupled trapezoidal belt in each transmission were obtained based on different pretensions. An empirical equation was established that allows calculating the pretension of the belt depending on the slip and the natural frequency. It is concluded that the longer of the belt and the higher of the transmission ratio, the slip is high, but it decreases as the claim increases. The natural frequencies increase directly in proportion to the increase in prestress. It is recommended to the industrial sector that maintenance tasks should be planned and scheduled in the maintenance plans that determine the pretension of the trapezoidal belts based on the slip and the natural frequency.

KEYWORDS: <SLIP>, <NATURAL FREQUENCY>, <TRAPEZOIDAL BELTS>, <PRETENSION>, <TRANSMISSION RATIO>.

SANDRA
PAULINA
PORRAS
PUMALEMA

Firmado
digitalmente por
SANDRA PAULINA
PORRAS
PUMALEMA
Fecha: 2022.02.21
18:55:14 -05'00'

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En la actualidad, las bandas trapezoidales son muy utilizadas para transmitir potencia en máquinas industriales y aplicaciones vehiculares, donde no se requiera de una velocidad constante y donde se demande niveles de potencia moderados. El costo de las bandas es más bajo en comparación con las transmisiones por engranes y cadena y su funcionamiento relativamente silencioso, tienen las características de absorber las cargas de choque y disminuir los efectos de la vibración.

En los textos de Diseño de Elementos de Máquinas, la selección de bandas trapezoidales se basa en que la potencia que se desea transmitir debe ser menor a la potencia de la banda o conjunto de bandas, en los sistemas de transmisión se determina la tensión inicial o pretensado para garantizar una transmisión eficiente y sin deslizamiento.

Dependiendo de las condiciones de trabajo, en estos sistemas de transmisión de potencia siempre existe deslizamiento entre la banda y la polea, debido a las distancias entre ejes de las relaciones de transmisión que no son constantes o por una falta de pretensión. El deslizamiento de bandas trapezoidales, ha sido estudiado ampliamente de forma analítica y experimental.

Los autores que han desarrollado un estudio en el mecanismo de deslizamiento de bandas son, Reynolds demostró que la pérdida de velocidad se presenta debido al deslizamiento elástico de la banda, Belofsky propuso un modelo que contempla la elasticidad de la correa, la resistencia a la flexión y la variación de la fuerza de fricción a lo largo del arco de contacto, basado en un régimen de deslizamiento lineal, Childs y Cowburn analizaron la resistencia a la flexión de la correa, el ajuste radial, la distorsión debido al diámetro de la polea y la pretensión de la correa, para describir la pérdida de velocidad y de torsión de las transmisiones por correa trapezoidal, entre otros autores importantes.

La frecuencia natural depende de las características estructurales de la máquina como es su masa, rigidez y amortiguación, si se le aplica una energía a un sistema, el sistema vibrará a su frecuencia natural y el nivel de las vibraciones que se produce dependerá de la fuerza que se aplicó. Las frecuencias de las bandas se encuentran por debajo de las frecuencias de rotación de las poleas conductoras y conducidas.

Problema

El incorrecto pretensado de la banda establece una baja eficiencia en los sistemas de relación de transmisión de potencia y como resultado una disminución de la vida útil de la banda trapezoidal, una pérdida de potencia, un desgaste excesivo y sobrecalentamiento de la banda, estos factores deben ser verificados con frecuencia a través de actividades dentro de un plan de mantenimiento. En procesos productivos continuos la actividad de mantenimiento preventivo producirá el paro del sistema para realizar la tarea de pretensión de la banda, produciendo indisponibilidad operacional al sistema y como resultado un costo asociado a la no producción.

Justificación

Lo que se pretende realizar es un análisis de deslizamiento y de frecuencia natural con bandas trapezoidales, en un módulo de pruebas, donde se podrá cambiar progresivamente la pretensión de la banda y observar las variaciones del deslizamiento y la frecuencia natural.

El pretensado de la banda con distintos diámetros de poleas, permitirá conocer el deslizamiento que se origina a partir de la medición de las velocidades de las poleas conductora y conducida. También es posible analizar como varía la frecuencia natural de la banda a diferentes pretensiones y relacionarla con el mismo. Lo que se pretende es desarrollar métodos para determinar el pretensado de las bandas en función del deslizamiento y la frecuencia natural de la banda.

Los beneficios que se obtendrán serán; la disminución de pérdidas de potencias en los equipos de transmisión por bandas, reducción de pérdidas económicas por inspecciones del pretensado de la banda e incrementar la disponibilidad de equipos de transmisión.

Objetivos

Objetivo general

Analizar el deslizamiento y la frecuencia natural de las bandas trapezoidales en función del pretensado con diferentes longitudes del tramo libre.

Objetivos específicos

Diseñar e implementar el módulo de pruebas para el estudio del deslizamiento y la frecuencia natural de las bandas trapezoidales.

Determinar el deslizamiento y la frecuencia natural de las bandas trapezoidales en el módulo implementado en función del pretensado con diferentes longitudes del tramo libre.

Interpretar los datos obtenidos del deslizamiento y la frecuencia natural.

Realizar la contrastación de la hipótesis planteada.

Hipótesis

El deslizamiento y la frecuencia natural de la banda trapezoidal varía en función del pretensado.

Variables dependientes: Deslizamiento y frecuencia de la banda la banda trapezoidal.

Variables independientes: Pretensado

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Sistema de transmisión mediante bandas trapezoidales

El sistema de transmisión por bandas trapezoidales es más utilizado para transmitir potencia en máquinas automotrices e industriales, en comparación con las transmisiones por engranajes y cadenas es menos costoso además tienen características de disminuir los efectos de vibración y absorber las cargas de choque. (Hernández, 2019)

La función principal de una transmisión por bandas trapezoidales es transmitir movimiento giratorio y torque de un eje a otro en conjunto con sus poleas, a este tipo de transmisión se la conoce comúnmente como conectores flexibles. Este sistema se caracteriza por su bajo costo en comparación con otros sistemas de transmisión, poco mantenimiento y por su facilidad de ensamble. (Myszka, 2012)

1.2 Poleas acanaladas

Las poleas acanaladas son ruedas que se sujetan a los ejes y transportan la correa, se clasifican por su diámetro de paso el cual es un diámetro menor que el borde de la ranura y cuya forma es donde se acopla la correa correspondiente en la figura (1-1) se muestra una polea acanalada para una correa en V. (Myszka, 2012)

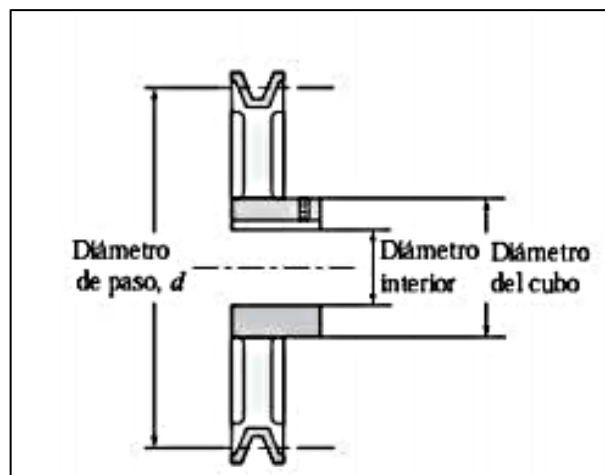


Figura 1-1: Polea canalada para una correa en V

Fuente: (Myszka, 2012)

1.2.1 Relación de transmisión

Para (Myszka, 2012) “ la relación de velocidades se define como la velocidad angular de la polea menor dividida entre la velocidad angular de la polea mayor y se define en términos de revoluciones por minuto”. Se expresa:

$$D * RPM_1 = d * RPM_2 \quad (1)$$

$$i = \frac{RPM_2}{RPM_1} = \frac{D}{d} \quad (2)$$

Donde:

i: Relación de transmisión

RPM1: Velocidad angular de la polea mayor

RPM2: Velocidad angular de la polea menor

D: Diámetro de la polea conductora

d: Diámetro de la polea conducida

El sistema de transmisión que se utiliza para el estudio se caracteriza como un multiplicador de velocidad, debido a que la polea motriz tiene un diámetro mayor que la polea conducida y la velocidad de la polea conducida es mayor que el de la polea motriz ($i > 1$).

1.2.2 Curva de rendimiento del alternador con regulador externo A-115

En la figura (2-1) se representa las curvas características de diferentes alternadores en donde a medida que aumenta las revoluciones del alternador aumenta la intensidad de corriente (Intensidad – RPM), el tipo de alternador seleccionado es el A-115 con regulador externo debido a que es eficaz para simular cargas, en el eje del alternador debe existir frecuencia de rotación mayores de 800 a 1000 RPM para desempeñarse como un sistema de carga.

1.2.3 Selección del diámetro de poleas

Para este tipo de selección es necesario tener en cuenta que se deben escoger poleas con un diámetro mayor al mínimo recomendando para cada perfil como se detalla en la tabla (1-1), y cumplir con la relación de transmisión deseada. (Ozaet, 2013)

$$i = \frac{D}{d} \quad (3)$$

$$D = i * d \quad (4)$$

Donde:

i: Relación de transmisión

D: Diámetro de la polea conductora

d: Diámetro de la polea conducida

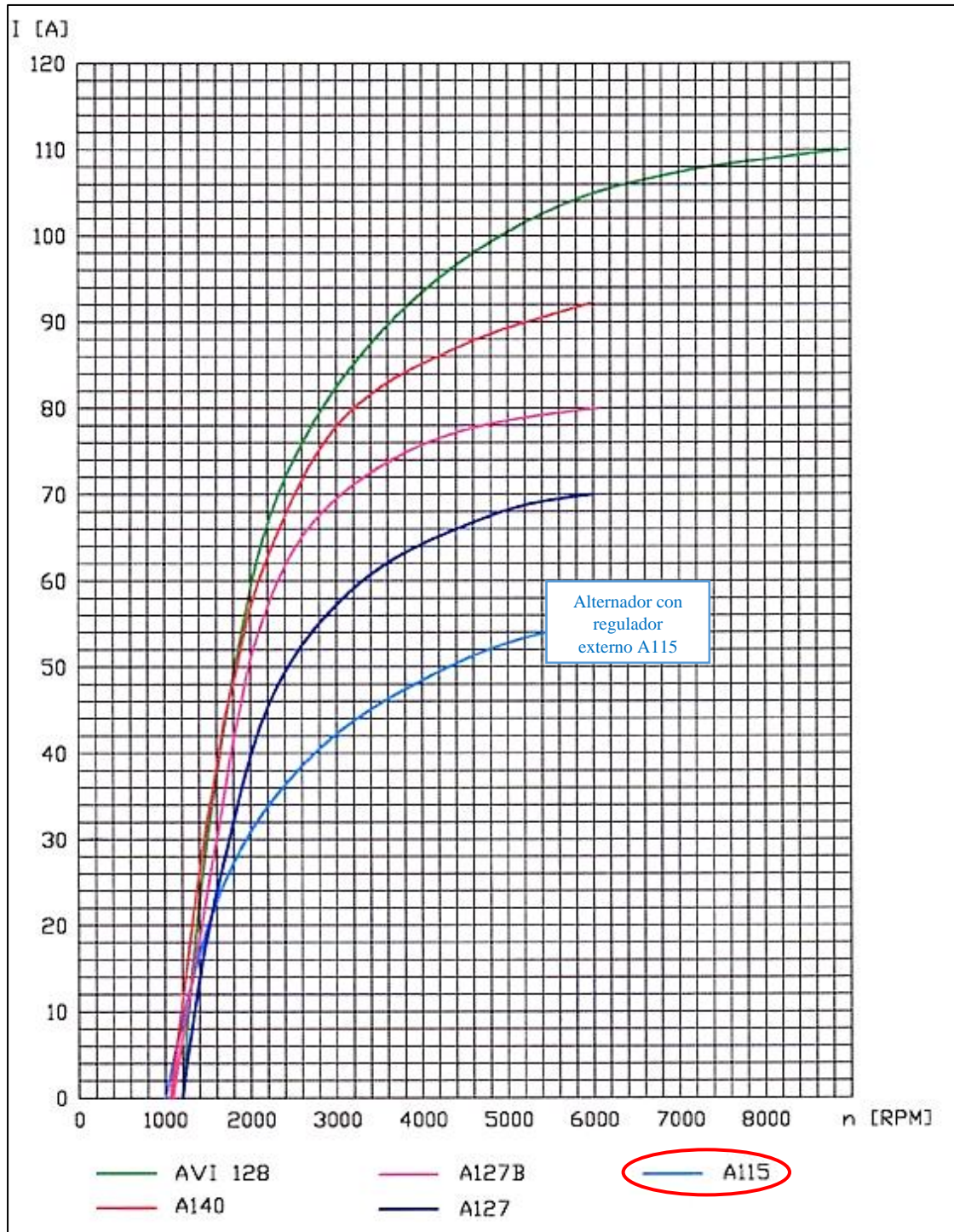


Figura 2-1: Curva característica del alternador con regulador externo A115

Fuente: (Cordero, 2015)

La selección se realiza con base en los catálogos que proporcionan los fabricantes de transmisiones por bandas trapezoidales.

Tabla 1-1: Diámetro mínimo recomendado para la polea menor

Perfil	A	B	C	D
Diámetro mínimo (cm)	7,1	11,2	18	35,5

Fuente: (Ozaet, 2013)

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

1.3 Bandas trapezoidales o en V

Las bandas trapezoidales o también llamadas bandas en V son las más utilizadas en especial en transmisiones industriales y aplicaciones vehiculares debido a sus diseños estandarizados, la economía y la confiabilidad hacen que sea un sistema preferido al momento de diseñar transmisiones que no requieren sincronismo; la forma en V hace que la banda se acúñe firmemente en la ranura de la polea incrementando así la fricción y permitiendo la transmisión de grandes pares torsionales además estas bandas están construidas bajo normas internacionales. (Lazo, 2015)

1.3.1 Estructura

En la figura (3-1) se detallan las partes de una banda trapezoidal clásica.

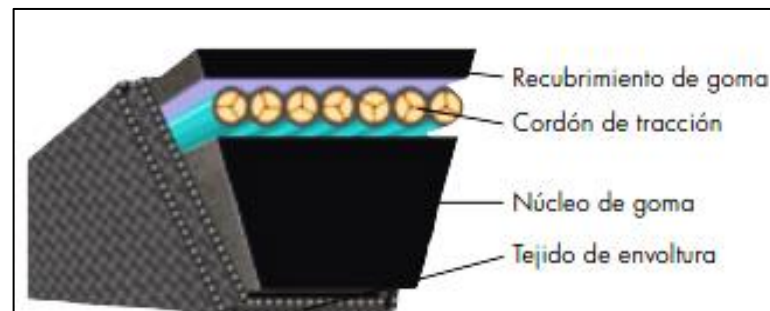


Figura 3-1: Estructura de una banda trapezoidal clásica

Fuente: (OPTIBELT, 2014)

1.3.2 Normalización

De acuerdo con (Lazo, 2015) las siguientes normas DIN 2215, ISO 4148, SAE J636, normalizan la fabricación de bandas trapezoidales clásicas para servicio pesado (bandas que se van emplear en el módulo), esto debido a que, existen otras normas que establecen dimensiones y características constructivas de correas trapezoidales que se emplean en aplicaciones especiales.

Las bandas trapezoidales clásicas con la sección o perfil Y, Z, A, B, C, D, E están normalizadas según las normas ISO 4148 y DIN 2215 y de acuerdo con estas normas se especifica las dimensiones de la banda que se ilustran en la figura (4-1) y en la tabla (2-1) se detallan las dimensiones métricas.

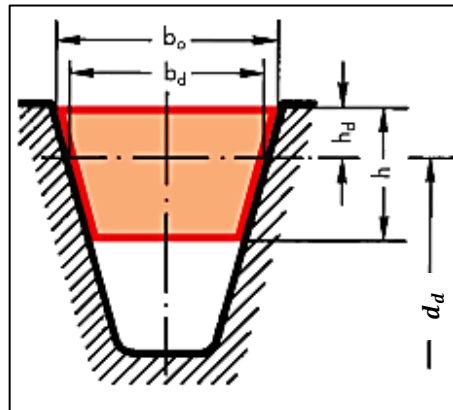


Figura 4-1: Dimensiones de banda trapezoidal clásica.
Fuente: (OPTIBELT, 2014)

Tabla 2-1: Dimensiones métricas de las bandas trapezoidales según ISO 4184 y DIN 2215

Sección	Y	Z	A	B	C	D	E
Ancho superior de la correa b_o	6	10	13	17	22	32	40
Ancho de referencia b_d	5,3	8,5	11	14	19	27	32
Altura de la correa h	4	6	8	11	14	20	25
Distancia h_d	1,6	2,5	3,3	4,2	5,7	8,1	12
Diámetro de la polea min recomendado d_{min}	28	50	71	112	180	355	500

Fuente: ISO 4184 y DIN 2215

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

1.3.3 Potencia de diseño

Este valor es definido como la potencia máxima que tiene que transmitir una máquina según su contexto operacional, donde interviene la potencia nominal de salida del motor eléctrico por su factor de servicio. Se representa:

$$P_d = P * F_s \quad (5)$$

Donde:

P_d : Potencia de diseño

P : Potencia de salida del motor eléctrico

F_s : Factor de servicio

El factor de servicio depende del valor determinado de la tabla (3-1) con la cantidad de horas de trabajo diarias y con la relación de transmisión que se desea.

Tabla 3-1: Factor de servicio Fs.

Máquina accionada		Máquina motriz					
Clase	Ejemplos	Motores eléctricos (C.A. de arranque suave, C.D. con arrancador estrella delta, C.D. Shunt)			Motores eléctricos (C.A. de arranque directo, C.D. serie y compuesto)		
		Horas de trabajo diarias			Horas de trabajo diarias		
		< 10	10 a 16	> 16	<10	10 a 16	> 16
1 Servicio ligero	Agitador (densidad uniforme). Ventilador y soplador (< 7,5 kW). Compresor y bomba centrífuga. Banda transportadora (carga uniforme).	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
2 Servicio medio	Agitador (densidad variable). Ventilador y soplador (> 7,5 kW). Compresor y bomba rotatoria. Banda transportadora (carga no uniforme). Generador. Lavadora. Eje de transmisión. Máquina herramienta. Imprenta. Máquina para madera	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
3 Servicio pesado	Máquina para fabricar ladrillos. Elevador. Compresor. Bomba recíproca. Transportador Transportadora (carga pesada). Montacargas Molino de percusión. Pulverizadora. Prensa. Cizalla. Máquina para caucho. Vibrador. Máquina textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
4 Servicio extra pesado	Troqueladora. Laminadora Trituradora circular, de mordazas, de rodillos Molino triturador de bolas y de barras.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Fuente: (Ozaet, 2013)

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

1.3.4 La distancia entre centros

La distancia entre los dos ejes acoplados por una transmisión de bandas trapezoidales, no debe ser mayor que tres veces la suma de los diámetros de las poleas y no debe ser menor que el diámetro de la polea mayor debe estar comprendido en el rango de: (Budynas, 2008)

$$D < C < [3 * (D + d)] \quad (6)$$

Donde:

D: Diámetro de la polea mayor

d: Diámetro de la polea menor

C: Distancia entre centros de las poleas

1.3.5 Longitud estándar de la banda trapezoidal

La comercialización de bandas trapezoidales se efectúa mediante los catálogos que brindan los fabricantes, donde se calcula una longitud de banda aproximada y para su selección se emplea la siguiente ecuación. (Budynas, 2008)

$$L = 2 * C + \frac{\pi(D+d)}{2} + \frac{(D-d)^2}{4 * C} \quad (7)$$

Donde:

L: Longitud estándar de la banda

D: Diámetro de la polea mayor

d: Diámetro de la polea menor

C: Distancia entre centros de las poleas

1.3.6 Especificación de una banda trapezoidal

Según (Budynas, 2008) la especificación de una banda en V se realiza proporcionando la letra de la sección de la banda, seguida por la circunferencia interior en pulgadas la circunferencia estándar se detalla en la tabla (4-1). Por ejemplo, A56 indica una banda con sección A, que tiene una circunferencia de 56 pulgadas.

Tabla 4-1: Dimensión de la circunferencia interior de la banda en V

Sección	Circunferencia de banda (in)
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128

Fuente: (Budynas, 2008)

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Para el tipo de banda de sección A, la longitud de banda trapezoidal estándar se obtiene sumando una cantidad adicional representada en la siguiente tabla (5-1).

Tabla 5-1: Cantidad adicional para tipo de sección.

Sección de la banda	A
Cantidad adicional	1,3

Fuente: (Budynas, 2008)

En la siguiente figura (5-1) se presenta una guía para seleccionar adecuadamente una correa en V en función de su potencia de diseño en kW y la velocidad de la polea menor en RPM.

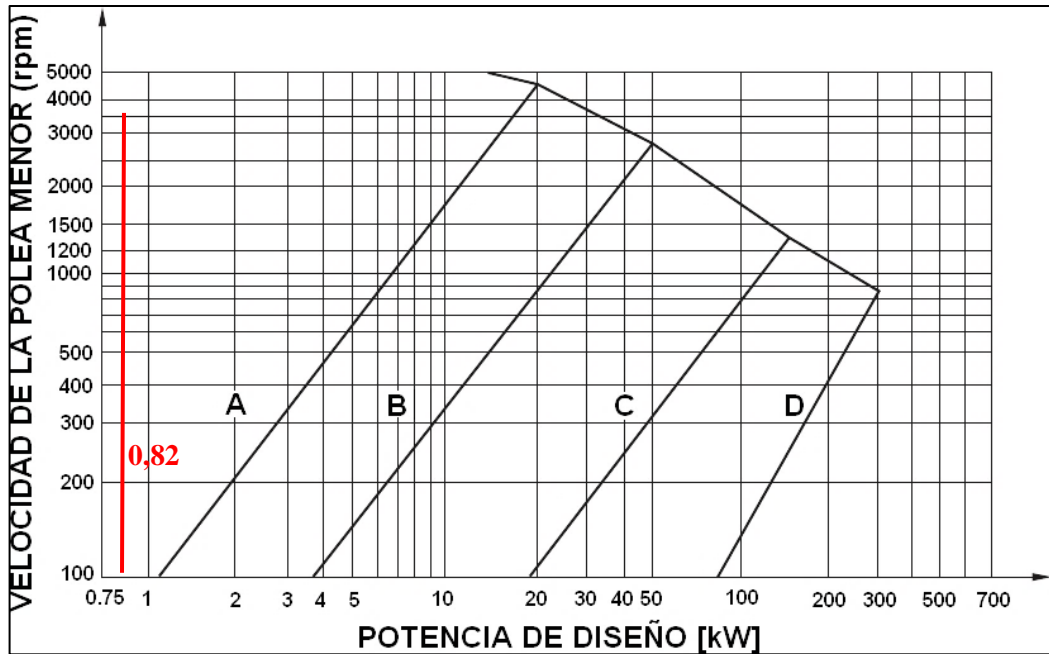


Figura 5-1: Representación para elegir la sección de una correa en V

Fuente: (Ozaet, 2013)

1.3.7 La velocidad de la banda trapezoidal

Una banda trapezoidal clásica transmite su máxima potencia a velocidades de 1000 pies/min a 5000 pies/min en cualquier tipo de transmisión. Según (Budynas, 2008) la velocidad de la banda esta expresada.

$$V = \frac{\pi * D * RPM_1}{12} \text{ [pies/min]} \quad (8)$$

Donde:

V: Velocidad de la banda trapezoidal

RPM1: Velocidad angular de la polea mayor

D: Diámetro de la polea conductora

1.3.8 Potencia por banda corregida

Esta potencia es el producto entre el factor de corrección del ángulo de contacto por el factor de corrección de longitud de la banda y la potencia estándar nominal de las bandas en V, en la unidad de HP la cual está representada en la siguiente ecuación.

$$P_b = K_1 * K_2 * H_{\text{tabla}} \quad (9)$$

Donde:

P_b : Potencia por banda corregida

K_1 : Factor de corrección del ángulo de contacto

K_2 : Factor de corrección de longitud de la banda

H_{tabla} : Potencia estándar nominal de las bandas en V

El factor de corrección del ángulo de contacto K_1 para transmisiones de bandas trapezoidales se proporciona en la tabla (6-1).

Tabla 6-1: K_1 factor de corrección del ángulo de contacto.

$\frac{D-d}{C}$	Θ , grados	Banda en V
0,00	180	0,75
0,10	174,3	0,76
0,20	166,5	0,78
0,30	162,7	0,79
0,40	156,9	0,80
0,50	151,0	0,81
0,60	145,1	0,83

Fuente: (Budynas, 2008)

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Para determinar el factor de corrección de longitud K_2 para bandas trapezoidales se proporciona en la tabla (7-1).

Tabla 7-1: K_2 factor de corrección de longitud de la banda.

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, en in Bandas A
0,85	Hasta 35
0,90	38 – 46
0,95	48 – 55
1,00	60 – 75
1,05	18 – 90

1,10	96 – 112
1,15	120 y mayor

Fuente: (Budynas, 2008)

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

La potencia estándar nominal (H_{tabla}) se determina mediante la tabla (8-1).

Tabla 8-1: Potencias nominales de bandas en V estándar.

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea en, in	Velocidad de la banda, pies/min				
		1000	2000	3000	4000	5000
A	2,6	0,47	0,62	0,53	0,15	
	3,0	0,66	1,01	1,12	0,93	0,38
	3,4	0,81	1,31	1,57	1,53	1,12
	3,8	0,93	1,55	1,92	2,00	1,71
	4,2	1,03	1,74	2,20	2,38	2,19
	4,6	1,11	1,89	2,44	2,69	2,58
	5,0 y mayor	1,17	2,03	2,64	2,96	2,89

Fuente: (Budynas, 2008)

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

1.3.9 Número de bandas para la transmisión

La cantidad de bandas trapezoidales en una transmisión se determina fundamentalmente de acuerdo con la potencia de diseño del sistema y la potencia por banda corregida representada en la siguiente ecuación.

$$N_b = \frac{P_d}{P_c} \quad (10)$$

Donde:

N_b : Número de bandas

P_d : Potencia de diseño

P_c : Potencia corregida

1.3.10 Determinación del ángulo de contacto

Cuando se emplea la transmisión de tipo banda abierta, la medida de acoplamiento angular de la correa sobre la polea depende de los diámetros de las poleas y de la distancia entre centros como se detalla en la figura (6-1).

1.3.11 Ángulo de contacto (α)

De la figura (6-1) se determinará el ángulo (α), de la resta de segmentos y las funciones trigonométricas, representado en la ecuación (11).

$$\text{sen } \alpha = \frac{D - d}{2C}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{D - d}{2 * C}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{D - d}{2 * C} \right) \quad (11)$$

Donde:

α : Ángulo de contacto

D: Diámetro de la polea mayor

d: Diámetro de la polea menor

C: Distancia entre centros de las poleas

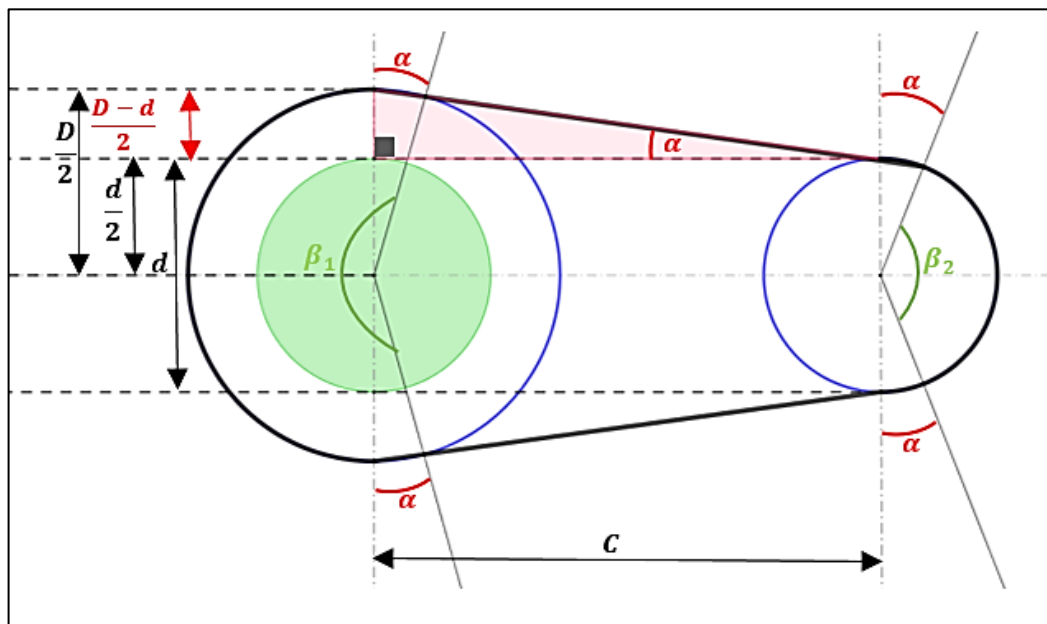


Figura 6-1: Geometría del ángulo de contacto.

Fuente: Uvidia Gavilanes Oscar, 2021

1.3.12 Ángulo de contacto (β)

La medida de acoplamiento angular (β) se observa en la figura (6-1). Se determina para cada polea, el ángulo mayor (β_1) se expresa en la ecuación (12) y el ángulo (β_2) menor se expresa en la ecuación (13).

$$\beta_1 = 180^\circ + 2 \left[\text{sen}^{-1} \left(\frac{D-d}{2 \cdot C} \right) \right] \quad (12)$$

$$\beta_2 = 180^\circ - 2 \left[\text{sen}^{-1} \left(\frac{D-d}{2 \cdot C} \right) \right] \quad (13)$$

Donde:

D: Diámetro de la polea mayor

d: Diámetro de la polea menor

C: Distancia entre centros de las poleas

1.4 Deslizamiento en las bandas trapezoidales

En los sistemas de transmisión el deslizamiento se produce entre la banda y la polea debido a una tensión escasa, por tal motivo se debe emplear un valor de tensión inicial en función de la potencia que se desea transmitir, esto en el momento de que se realice un cambio de banda o cuando se deba ejecutar una tarea preventiva para el tensado de la correa. La consecuencia del deslizamiento puede causar la rotura de la banda, aun en el caso de que no se rompa puede ocasionar un desgaste excesivo, pérdida de velocidad del sistema y un sobrecalentamiento de la banda. (Nieto, 2013)

Los fabricantes de bandas trapezoidales indican que cuando se montan bandas nuevas al sistema de transmisión deben ser vigiladas regularmente durante las primeras horas de servicio, debido a que sufren un alargamiento considerable, como resultado la tensión inicial disminuirá y surgirá deslizamiento entre la banda y la polea, por lo que recomiendan realizar un pretensado luego de un tiempo no mayor a 24 horas. (OPTIBELT, 2017)

1.5 Frecuencia natural

La frecuencia natural depende de las características estructurales de la máquina como es su masa, rigidez y amortiguación, si se le aplica una energía a un sistema, el sistema vibrará a su frecuencia natural y el nivel de las vibraciones que se produce dependerá de la fuerza de la fuente de energía que se aplicó y de la absorción inherente al sistema.

Una frecuencia natural es una frecuencia a la que una estructura vibrará mediante la aplicación de una fuerza externa y donde una estructura o sistema tendrá varias frecuencias naturales. (WHITE, 2010)

1.5.1 Frecuencias de las bandas

La frecuencia de las bandas se encuentra por debajo de las RPM del motor o de la máquina conducida, cuando están desgastadas flojas o mal montadas, por lo general causan de 3 a 4 múltiples frecuencias de la banda como se observa en la siguiente figura (7-1). (CHARLOTTE, 2016)

La frecuencia natural de una banda se puede medir con el método de prueba de impacto con el equipo fuera de operación, si esta frecuencia natural coincide con las RPM de los equipos motriz y conducido puede causar perjuicios catastróficos y graves esto se conoce como resonancia.

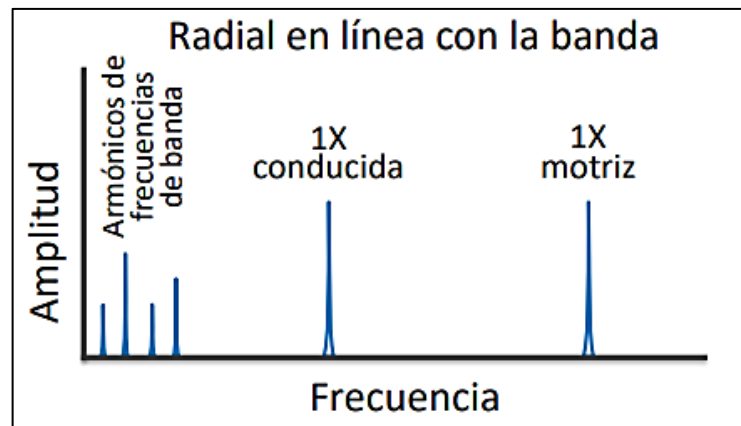


Figura 7-1: Espectro de la frecuencia de las bandas

Fuente: (A-MAQ, 2015)

1.5.2 Resonancia

La resonancia de una banda puede causar amplitudes altas, cuando ocurre la resonancia los niveles de vibración que resultan pueden ser muy altos y pueden causar daños muy rápidamente.

“La resonancia es un estado de operación en donde una frecuencia de excitación se encuentra cerca de una frecuencia natural de la estructura de la máquina”. (WHITE, 2010)

1.6 Tensión de la banda trapezoidal

Los fabricantes de bandas trapezoidales como GATES, OPTIBELT, TEXROPE, DUNLOP etc. Indican que es de crucial importancia un correcto pretensado, debido a que una tensión en la correa trapezoidal ya sea demasiado floja o demasiado tensa, puede causar problemas en la transmisión y elementos.

El correcto tensado de las bandas trapezoidales es uno de los requisitos primordiales para conseguir una transmisión sin problemas y una duración máxima en la vida útil de la correa.

Una tensión excesiva puede originar sobrecalentamiento en la correa trapezoidal, debido al incremento de fricción interna que se produce en la correa por el aumento de la tensión en contacto con la polea. Además, la sobretensión causa un excesivo estiramiento de la correa, así como también el daño en los rodamientos de la máquina motriz o de la conducida (OPTIBELT, 2017).

La falta de tensión puede causar un elevado deslizamiento aumentando la carga y disminuyendo la eficiencia de la transmisión, registrándose un chirrido por patinamiento en los flancos de las correas con los canales de la polea produciéndose un desgaste prematuro con la posibilidad de que la correa se rompa. (Lazo, 2015).

1.7 Método de control para el ajuste de la tensión

Lo que establecen los fabricantes de correas industriales es que la vida útil de la correa depende de una buena instalación y una correcta tensión inicial en montaje. Por lo que resulta importante obtener resultados fiables y precisos en la medición de la tensión de correas trapezoidales.

Existen métodos simples y exactos para calcular la correcta tensión inicial de montaje, debido a amplio uso de correas de perfiles pequeños y medianos en la industria, para determinar la tensión de la banda se va emplear el método de la frecuencia de vibraciones.

1.7.1 Método de la frecuencia de vibraciones

Para emplear este método el sistema de transmisión de potencia debe permanecer en estado estático, este tipo de método consiste en rasgar con el dedo pulgar un tramo de la banda trapezoidal para provocar la vibración natural. Para el cálculo de la tensión en Newton (N) seguir los siguientes pasos. (Cacuango, 2017)

1.7.1.1 Cálculo del tramo libre

El cálculo del tramo libre en el método de la frecuencia de vibraciones se determina con la siguiente ecuación (14).

$$l_s = \sqrt{C^2 - \frac{(D-d)^2}{4}} \quad (14)$$

Donde:

l_s = Tramo libre

C= Distancia entre centros

D= Diámetro de polea mayor

d= Diámetro de la polea menor

1.7.1.2 Tensión del ramal

La tensión del ramal depende de tres parámetros de la densidad lineal de la masa (ρ) en kg/m, del tramo libre (ls) y de frecuencia natural de la banda trapezoidal (fn), está expresión se representa en la siguiente ecuación.

$$T_{\text{ramal}} = 4 * \rho * ls^2 * fn^2 \quad (15)$$

La T_{ramal} especifica por los fabricantes de bandas trapezoidales, observe la tabla (9-1).

Tabla 9-1: Tensión del ramal recomendada por los fabricantes.

Sección de la banda	Diámetro de la polea pequeña (cm)	Velocidad de la polea pequeña (rpm)	Fuerza recomendada T_{ramal}	
			Mínimo(N)	Máximo(N)
A	6,5-8	1750	5	6
	8,5-9	a	10	13
	9,5-10	5500	12	15
B	12,7 - 13,2	1160	13	15
	13,7 - 14,2	a	25	30
	15,2 - 17,2	1800	32	35
C	19-20	870	52	55
	20,3 - 21,6	a	56	60
	22,9 - 26,7	1800	62	65

Fuente: (GATES, 2018)

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021.

1.8 Análisis vibracional

La vibración de una máquina se puede considerar como la oscilación o el movimiento de vaivén desde su posición de equilibrio.

1.8.1 Vibración

Según la Norma 2041 “Vibración es toda variación en el tiempo de una magnitud que describe el movimiento o la posición de un sistema mecánico, cuando la magnitud es alternativamente mayor o menor que cierto promedio o de referencia”.

1.8.2 Características de la vibración

Las características principales para el análisis vibracional de una máquina rotatoria son:

1.8.2.1 Periodo (T)

Es el tiempo necesario para que se complete un ciclo. Generalmente se mide en segundos o milisegundos depende de que tan rápido se cambia la onda. (WHITE, 2010)

1.8.2.2 Frecuencia

La norma ISO 2041 define como el recíproco del periodo. Lo cual corresponde a un ciclo por segundo, expresado en Hertz (Hz) y se representa en la siguiente ecuación.

$$f = \frac{1}{T} \quad (16)$$

Donde:

f: Frecuencia

T: Periodo

1.8.2.3 Amplitud

Según (WHITE, 2010) es la distancia máxima de la onda desde su punto cero o punto de equilibrio.

1.8.2.4 Medición de la amplitud de vibración

La figura (8-1) muestra la onda sinusoidal creada por una señal vibracional y donde se demuestra que la amplitud es cuanta cantidad de movimiento puede tener una masa desde su posición neutral, su amplitud de onda se mide en amplitud pico–pico para determinar el desplazamiento y para determinar la velocidad y aceleración se mide la amplitud cero – pico y RMS.

1.8.2.5 Fase

Es el retardo en el tiempo de dos señales sinusoidales, expresadas en grados de rotación.

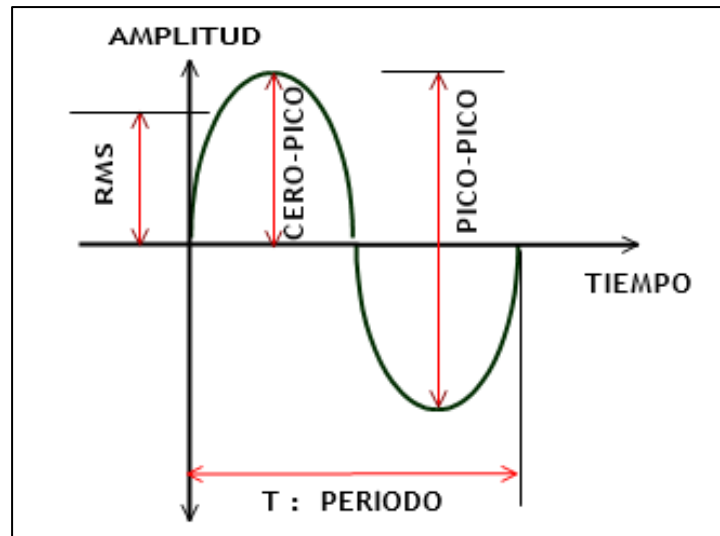


Figura 8-1: Medición de la amplitud vibracional

Fuente: (A-MAQ, 2015)

1.8.3 Movimiento físico de una máquina

El movimiento físico de una máquina rotatoria se describe como una vibración donde las frecuencias y amplitudes tienen que ser cuantificadas a través de un dispositivo que se convierte en un producto que puede ser medido y analizado.

1.8.3.1 Vibración simple

Constituido como la forma más simple de oscilación, es la base principal de las señales de vibración en el dominio del tiempo son las ondas sinusoidales. (A-MAQ, 2015)

1.8.3.2 Vibración compuesta

Una vibración compuesta es la sumatoria de varias vibraciones simples, que comprenden a cada uno de los componentes que se encuentra en una máquina y sus golpeteos. Véase la figura (9-1)

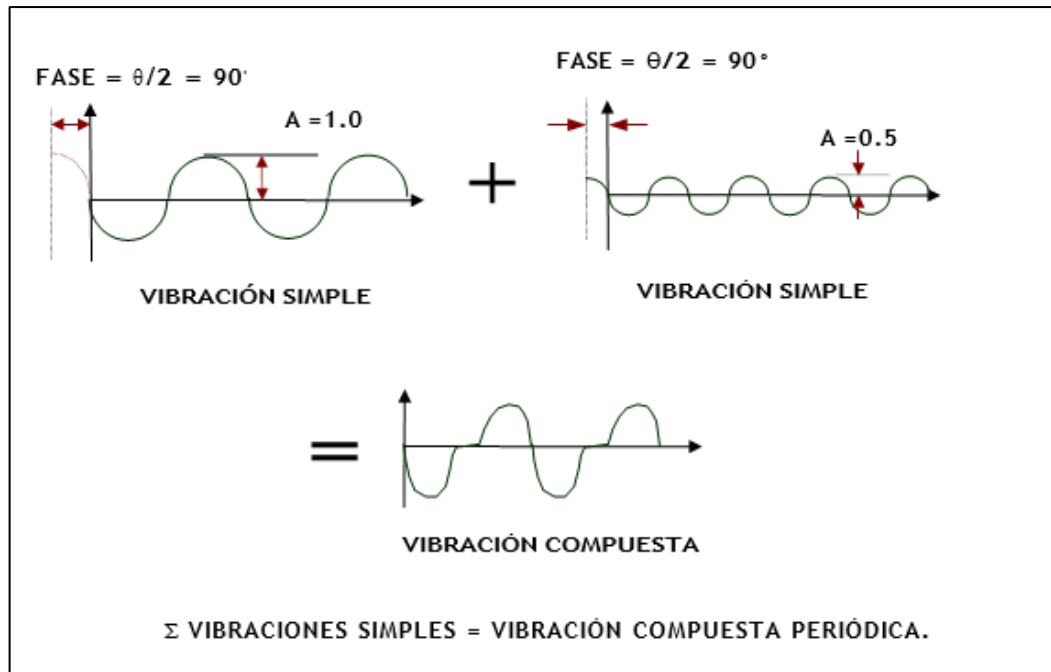


Figura 9-1: Vibración compuesta

Fuente: (A-MAQ, 2015)

1.8.4 Transformada de Fourier

El matemático francés Jean Baptites Fourier realizo una de las más importantes aportaciones al análisis de vibraciones, la transformada de Fourier la cual es una de las mejores herramientas para analizar equipos rotativos empleada para representar una señal completa en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia, dando como resultado una serie de curvas sinusoidales con valores de la amplitud, frecuencia y fase.

Al analizar un movimiento armónico simple como es el de una vibración se obtienen los parámetros de la amplitud, frecuencia y fase.

La transforma de Fourier recoge estos tres parámetros fundamentales y da como resultado un espectro vibracional, el cual va estar representado en la gráfica de la amplitud vs la frecuencia, en donde se podrá entender y analizar cuál es el problema que puede presentarse en la máquina que se esté analizando. (Álarez, 2016)

En la figura (10-1) se representa de color verde a la señal compleja (suma de señales simples), a dicha señal se le calculan todas las señales sinusoidales en el dominio del tiempo representadas de color azul, y las de color rojo se muestran a cada uno en el dominio de la frecuencia.

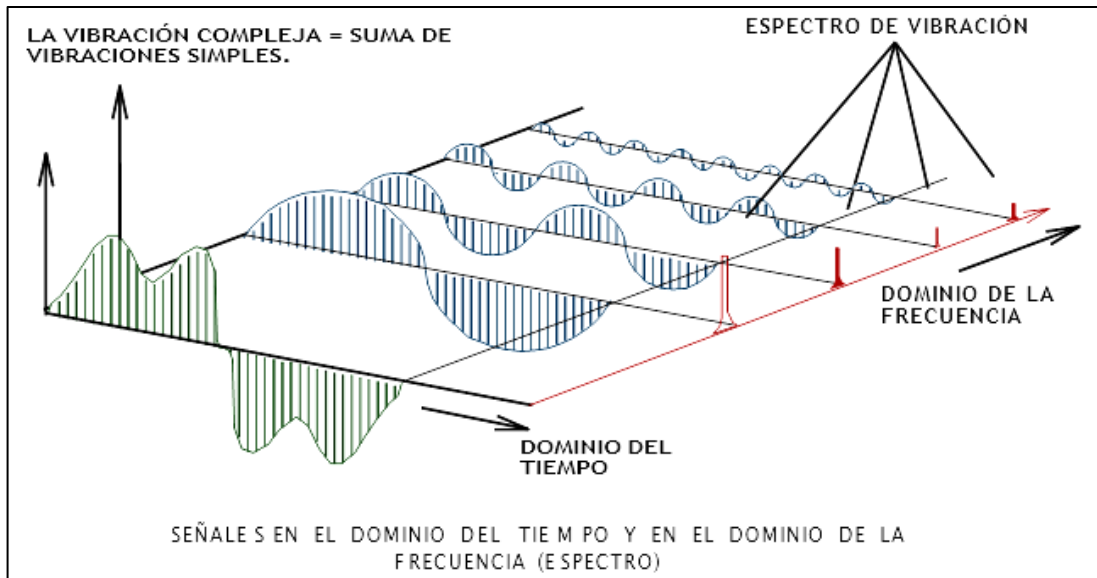


Figura 10-1: Espectro en el dominio del tiempo y la frecuencia

Fuente: (A-MAQ, 2015)

1.8.5 Diagnóstico de vibraciones en el sistema de transmisión

Al momento que se efectúa un análisis espectral de una máquina rotatoria, se genera una información muy valiosa que es necesario analizarla. El éxito del análisis dependerá de la correcta interpretación que se les dé a los espectros captados, con respecto al contexto operacional en que se encuentre la máquina.

Para el sistema de transmisión banda polea se podrá diagnosticar problemas mediante las cartas de Charlotte como se indica en la figura (11-1).

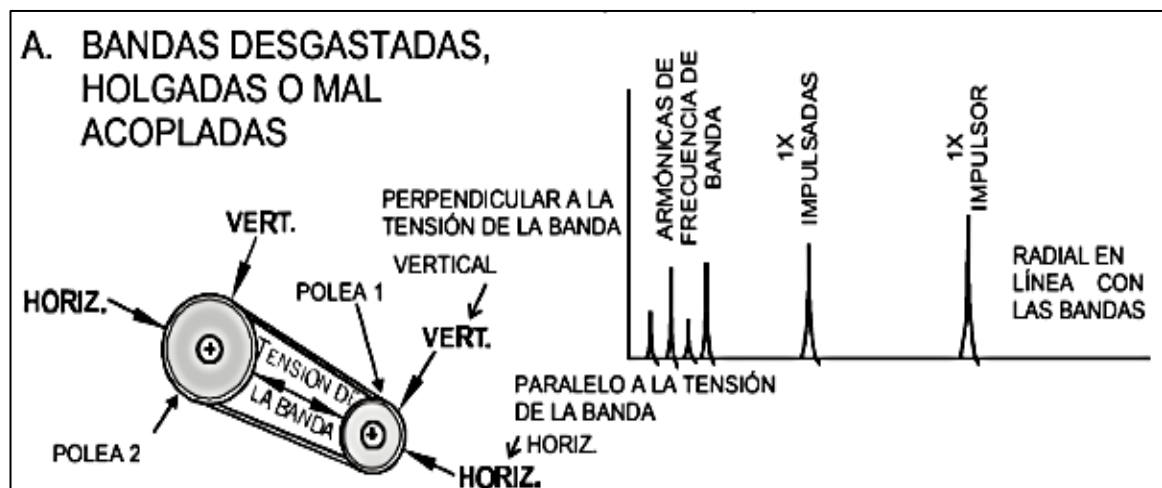


Figura 11-1: Problemas en el sistema de transmisión.

Fuente: (CHARLOTTE, 2016)

“Las frecuencias de las bandas se encuentran debajo de las RPM de la máquina impulsada o del motor, cuando están desgastadas, flojas o mal colocadas, usualmente causan de 3 a 4 múltiples frecuencias de banda y la frecuencia de banda 2X es el pico dominante. Por lo regular las amplitudes son inestable debido a que algunas veces emiten pulsaciones por cercanía con frecuencias del motor y del equipo conducido”. (CHARLOTTE, 2016)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se detallarán todos aquellos requerimientos y elementos necesarios para la construcción del módulo, para ello se realizará el diseño y montaje utilizando el software INVENTOR PROFESSIONAL, así también, la selección de las correas trapezoidales, la selección de los diferentes diámetros de poleas, el montaje de elementos que constituye el módulo, la metodología para el funcionamiento del módulo, la recolección de datos y toma de mediciones.

2.1 Análisis de requerimientos

La Figura (1-2) se muestra a los elementos principales utilizados para la construcción del módulo, para el análisis del deslizamiento y frecuencia natural de las bandas trapezoidales en función del pretensado con diferentes longitudes del tramo libre.

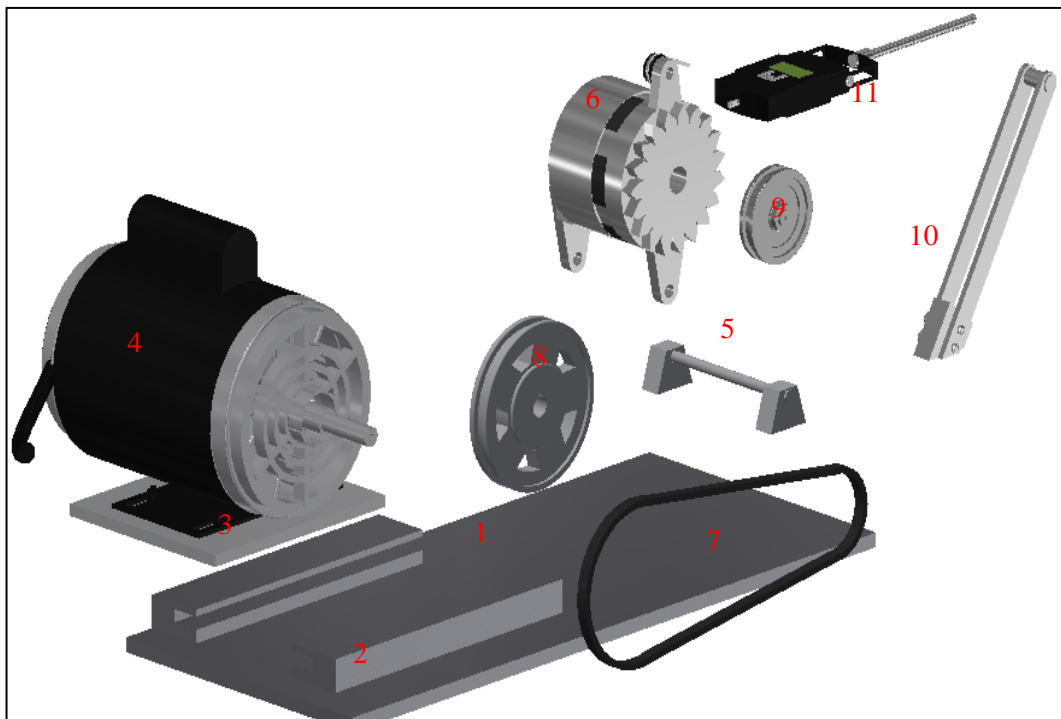


Figura 1-2: Elementos del módulo.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

En la Tabla (1-2) se especifica la cantidad y la descripción de cada elemento que se requiere para la construcción del módulo.

Tabla 1-2: Análisis de requerimientos.

N°	Cantidad	Descripción
1	1	Placa base
2	2	Guías para deslizamiento del motor eléctrico
3	1	Base del motor eléctrico
4	1	Motor eléctrico
5	1	Base del alternador
6	1	Alternador
7	4	Correas trapezoidales de diferentes longitudes
8	3	Polea del motor eléctrico
9	1	Polea del alternador
10	2	Placas de tensión
11	1	Bascula digital

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.2 Selección de componentes para el módulo

2.2.1 Selección del motor eléctrico

Al momento de la selección de un motor eléctrico, es importante considerar aspectos como; el contexto operacional, la potencia, la velocidad y el voltaje, al ser un módulo didáctico se utilizará un motor eléctrico asincrónico monofásico de 1 HP de potencia, con una frecuencia de rotación síncrona de 3600 rpm, estas características técnicas se detallan en la tabla (2-2).

Tabla 2-2: Características técnicas del motor eléctrico.

Características	Especificación
Marca	WEG
Modelo	LR 38324
Frecuencia	60 Hz
Potencia	1 HP
Corriente nominal	14,20/7,10 [A]
Eficiencia	66,4%
Voltaje nominal	110/220 V
Polos	2
Par nominal	2,10 N.m
Temperatura	40 °C
Factor de potencia	0,71
Frecuencia síncrona	3600 rpm

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar 2021

2.2.2 Selección del alternador

De la figura (2-1) se seleccionó el alternador A-115 con regulador externo, este tipo de alternador seleccionado es eficaz para simular cargas debido a que, se puede regular su rendimiento induciéndole un voltaje de corriente continua en el bobinado del rotor, actuando como un freno magnético. Las características técnicas del tipo de alternador se van a detallar en la tabla (3-2).

Tabla 3-2: Características del alternador.

Características	Especificación
Marca	YOKOBO
Intensidad	35 A
Voltaje	12 V
Frecuencia de rotación	3000 rpm
Tipo de polea	1 V
Diámetro de polea	8 cm

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.2.3 Selección de poleas

Se van a seleccionar poleas para una transmisión de (1:1), (1,3:1) y (1,6:1), esto debido al rendimiento de la curva característica del alternador A 115 (Alternador con regulador externo seleccionado para el módulo) figura (2-1).

El alternador debe desempeñarse como un sistema de carga para el motor eléctrico por lo que no debe trabajar a velocidades menores de 1000 rpm; en el eje del alternador deben existir frecuencias de rotación cerca de los 3690 rpm para una la relación de transmisión (1:1), 4680 rpm para la relación de transmisión (1,3:1) y 5760 rpm para la relación de transmisión (1,6:1), con el fin de conocer el pretensado y deslizamiento en cada relación de transmisión y de acuerdo a la figura (2-1).

2.2.3.1 Diámetros de las poleas conductoras para cada una las relaciones de transmisión

Se considera que el diámetro primitivo de la polea conducida para cada una de las transmisiones es de 8 cm con base en los catálogos que proporcionan los fabricantes de transmisiones por bandas trapezoidales.

En la siguiente tabla (4-2) se calculó la polea conductora para cada una de las relaciones de transmisión se utilizó la ecuación (4).

Tabla 4-2: Diámetros de las poleas conductoras para cada transmisión.

Transmisión 1:1	Transmisión 1,3:1	Transmisión 1,6:1
$i = 1$	$i = 1,3$	$i = 1,6$
$i = \frac{D}{d}$	$i = \frac{D}{d}$	$i = \frac{D}{d}$
$D = i * d$	$D = i * d$	$D = i * d$
$D = 1 * 8 \text{ cm}$	$D = 1,3 * 8 \text{ cm}$	$D = 1,6 * 8 \text{ cm}$
$D = 8 \text{ cm}$	$D = 10,5 \text{ cm}$	$D = 13 \text{ cm}$

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.2.3.2 Características de las poleas conductoras para cada relación transmisión

Para cada tipo de relación de transmisión se ha seleccionado el diámetro de la polea conductora y sus características se detallarán en la tabla (5-2).

Tabla 5-2: Características de la polea conductora para cada relación de transmisión.

Tipo de transmisión	Diámetro de polea conductora	Material
1:1	8 cm	Aluminio
1,3:1	10,5 cm	Aluminio
1,6:1	13 cm	Aluminio

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.2.4 Selección de bandas trapezoidales

Se seleccionará la banda trapezoidal para cada relación de transmisión, así también se van a tomar en cuenta las ecuaciones del capítulo I.

2.2.4.1 Potencia de diseño.

Se calcula la potencia de diseño utilizando la ecuación (5), considerando al factor de servicio con un valor 1,1 ya que las horas de trabajo diarias del sistema es menor a 10 horas y la máquina accionada es de servicio medio, estos valores están detallados en la tabla (3-1).

$$P_d = P * F_s$$

$$P_d = 0,746 \text{ kW} * 1,1 = 0,82 \text{ kW}$$

2.2.4.2 Límite de distancia entre centros (C)

Se va a representar en la siguiente tabla (6-2), el rango de la distancia entre centros para cada tipo de transmisión empleando la ecuación (6).

Tabla 6-2: Límite de la distancia entre centros de cada transmisión.

Transmisión 1:1	Transmisión 1,3:1	Transmisión 1,6:1
$D < C < 3(D + d)$	$D < C < 3(D + d)$	$D < C < 3(D + d)$
$8 \text{ cm} < C < 3(8\text{cm} + 8\text{cm})$	$10,5\text{cm} < C < 3(10,5\text{cm} + 8\text{cm})$	$13\text{cm} < C < 3(13\text{cm} + 8\text{cm})$
$8\text{cm} < C < 48 \text{ cm}$	$10,5 \text{ cm} < C < 55,5 \text{ cm}$	$13 \text{ cm} < C < 63 \text{ cm}$

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Comparando los rangos de cada una de las transmisiones se observa que se puede seleccionar distancias entre centros iguales para cada relación de transmisión, donde 13 cm es la distancia entre centros mínima para el sistema, por lo tanto, redondeando los 13 cm la distancia entre centros para cada transmisión va a empezar en 20 cm y de donde se seguirá probando con distancias hasta los 30 cm, quedando comprendida la distancia entre centros entre 20 cm y 30 cm para todas las relaciones de transmisión.

Para encontrar la longitud mínima de cada correa según el tipo de transmisión, se empleará la ecuación (7) y se muestran en la tabla (7-2).

Tabla 7-2: Longitud estándar de la banda para cada tipo de transmisión.

Distancia entre centros Tipo transmisión	20 cm	22 cm	24 cm	26 cm	28 cm	30 cm
1:1	65 cm	69 cm	73 cm	77 cm	81 cm	85 cm
1,3:1	69 cm	73 cm	77 cm	81 cm	85 cm	89 cm
1,6:1	73 cm	77 cm	81 cm	85 cm	89 cm	93 cm

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Como se desea determinar una longitud estándar en la selección de correas para cada tipo de transmisión, se eligen las de transmisión 1:1 debido a que sus longitudes también están comprendidas en las otras dos transmisiones.

De la figura (5-1) se determina que la banda trapezoidal de sección tipo A se utilizará para cada relación de transmisión, la selección se efectúa en función de la potencia de diseño calculada $P_d = 0,82 \text{ kW}$, incluyendo la cantidad adicional según el tipo de sección de la banda establecidas por los fabricantes tabla (5-1), obtendremos las dimensiones estandarizadas de las bandas.

En la tabla (8-2) se muestra el tipo de sección y la longitud de la circunferencia interior de cada banda en pulgadas.

Tabla 8-2: Dimensiones estandarizadas de las correas.

Longitud (cm)	73 cm	77 cm	81 cm	85 cm
Longitud (in)	A29	A30	A32	A33

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.2.4.3 Velocidad de banda (V) de cada transmisión

Se determina la velocidad de la correa en cada tipo de transmisión, empleando el diámetro de la polea mayor en pulgadas y su velocidad rotacional utilizando la ecuación (8).

Tabla 9-2: Velocidad de la banda de cada transmisión.

Transmisión 1:1	Transmisión 1,3:1	Transmisión 1,6:1
$V_{1:1} = \frac{\pi * (3,15 \text{ in}) * 3600}{12}$	$V_{1,3:1} = \frac{\pi * (4,13 \text{ in}) * 3600}{12}$	$V_{1,6:1} = \frac{\pi * (5,11 \text{ in}) * 3600}{12}$
$V_{1:1} = 2969 \text{ pies/min}$	$V_{1,3:1} = 3892 \text{ pies/min}$	$V_{1,6:1} = 4816 \text{ pies/min}$

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.2.4.4 Potencia por banda corregida (P_b) de cada transmisión

La potencia corregida por la banda se calcula, empleando la ecuación (9).

Interpolando en la tabla (8-1) con la velocidad de la correa de cada transmisión se obtiene H_{tabla} , de la tabla (6-1) se obtiene K_1 y de la tabla (7-1) se obtiene K_2 .

Tabla 10-2: Potencia por banda corregida de cada transmisión.

Transmisión 1:1	Transmisión 1,3:1	Transmisión 1,6:1
$P_b = (0,75) (0,85) (1,12 \text{ HP})$	$P_b = (0,76) (0,85) (2,36 \text{ HP})$	$P_b = (0,78) (0,85) (2,9 \text{ HP})$
$P_b = 0,71 \text{ HP}$	$P_b = 1,5 \text{ HP}$	$P_b = 1,9 \text{ HP}$

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.2.4.5 Numero de bandas (N_b) empleadas para cada transmisión

La cantidad de bandas para cada relación transmisión se determina mediante la ecuación (10).

$$N_b = \frac{\text{Potencia de diseño (Pd)}}{\text{Potencia corregida (Pc)}}$$

Mediante la tabla (11-2) se establece que la cantidad de bandas es equivalente a una banda trapezoidal para cada sistema de transmisión.

Tabla 11-2: Número de bandas empleadas para cada transmisión.

Transmisión 1:1	Transmisión 1,3:1	Transmisión 1,6:1
$N_b = \frac{1\text{HP}}{0,71\text{ HP}}$	$N_b = \frac{1\text{HP}}{1,5\text{ HP}}$	$N_b = \frac{1\text{HP}}{1,9\text{ HP}}$
$N_b = 1,4$	$N_b = 0,6$	$N_b = 0,5$

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.3 Montaje del módulo

2.3.1 Base del módulo de pruebas

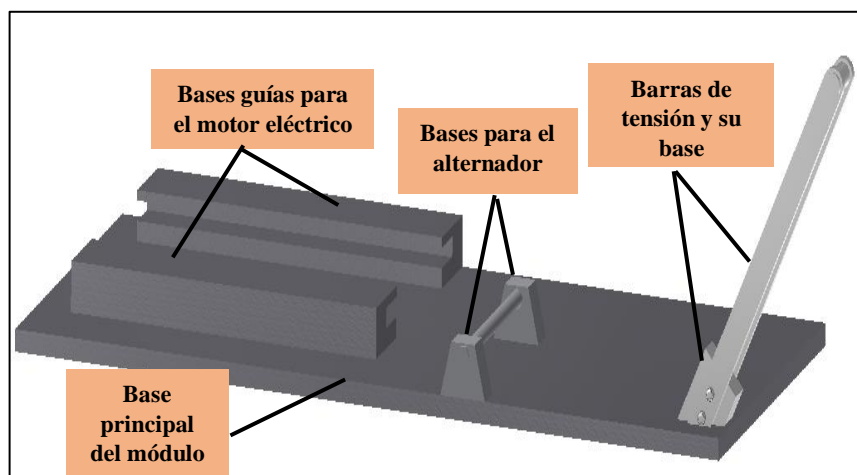


Figura 2-2: Base del módulo de pruebas.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

En la figura (2-2) se muestra el diseño de la placa base del módulo pruebas, en el que va estar ubicado: un par de guías donde se va a deslizar el motor eléctrico, las bases del alternador y las barras de tensión con su base, todas estas piezas están ubicadas con medidas exactas y debidamente dimensionadas con el fin de lograr un montaje satisfactorio, además en cada una de las bases se realizó un roscado para la sujeción con tuercas hexagonales a la base principal, por lo que todo es desmontable.

2.3.1.1 Mediciones y características de la base del módulo de pruebas

En la tabla (12-2) se especificarán las mediciones de cada elemento que van acopladas a la placa base y el tipo de material.

Tabla 12-2: Mediciones y características de la base del módulo.

Elemento	Ancho (cm)	Largo (cm)	Espesor (cm)	Material
Placa base	26	60	1	AISI 1020
Guías para las bases del motor eléctrico	5	26	2,5	AISI 1020
Base del motor eléctrico	16,5	20	1	AISI 1020
Base del alternador	4	4	1,5	Hierro fundido
Barras de tensión	2	20	0,50	AISI 1020
Base de las barras de tensión	4	4	1,5	Hierro fundido

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.3.1.2 Montaje de las barras de tensión en el módulo de pruebas

Las dos barras paralelas van estar sujetas a su base y en la parte superior va estar fijada una balanza digital encargada de medir la fuerza que se aplica banda al momento en que se esté apretando el templador.

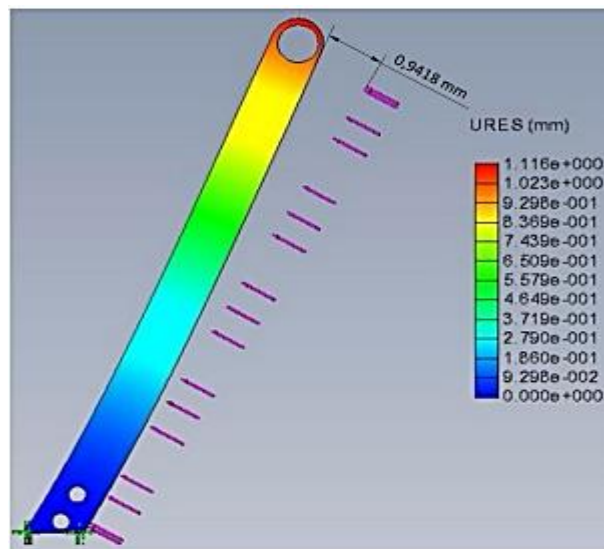


Figura 3-2: Deformación de las barras de tensión.

Fuente: (Hernández, 2019)

Por la posición de las dos barras, como se puede observar en la Figura (3-2) al someterse a 500N, fuerza máxima que se puede medir con la balanza digital se genera una deformación estática máxima de 0,9418 mm, por lo que esta deformación no constituye un valor considerable como para intervenir en las mediciones durante los estudios.

2.3.2 Montaje del motor eléctrico

El motor eléctrico está sujeto a una placa base con cuatro tuercas hexagonales y su base está sujeta a un perno de paso fino con dos placas sujetas, una a la base principal del módulo y la otra

a la base del motor eléctrico como se detalla en la figura (5-2), el objetivo del perno de paso fino sujeto al motor eléctrico es para el movimiento horizontal sobre el par de guías.

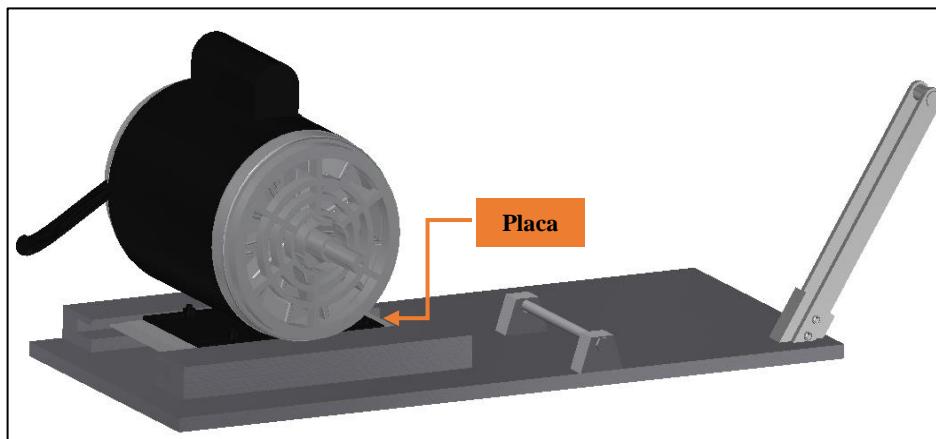


Figura 4-2: Montaje del motor eléctrico.

Realizado por: Uvidia, Oscar. 2021

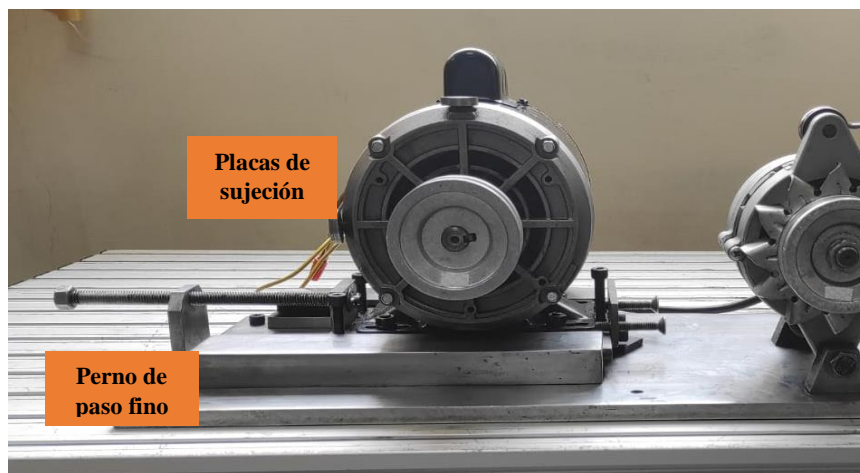


Figura 5-2: Montaje del motor eléctrico.

Fuente: Uvidia Gavilanes Oscar Andrés, 2021

2.3.3 Montaje del alternador

El montaje del alternador va estar comprendida en las dos bases por medio de un pasador permitiéndole girar sobre su eje como se detalla en la figura (6-2), así también en el eje del alternador va estar acoplada la polea menor de 8 cm de diámetro.

2.3.4 Montaje de la balanza digital

La balanza digital va estar sujeta por un gancho al alternador y por un perno de paso fino a las dos barras paralelas de tensión como se detalla en la figura (7-2).

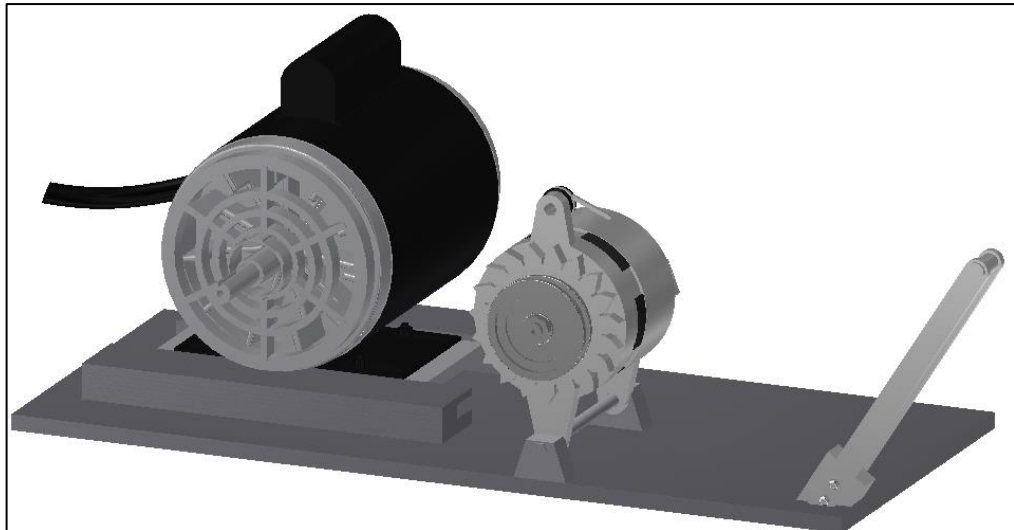


Figura 6-2: Montaje del alternador.
Realizado por: Uvidia, O. 2021

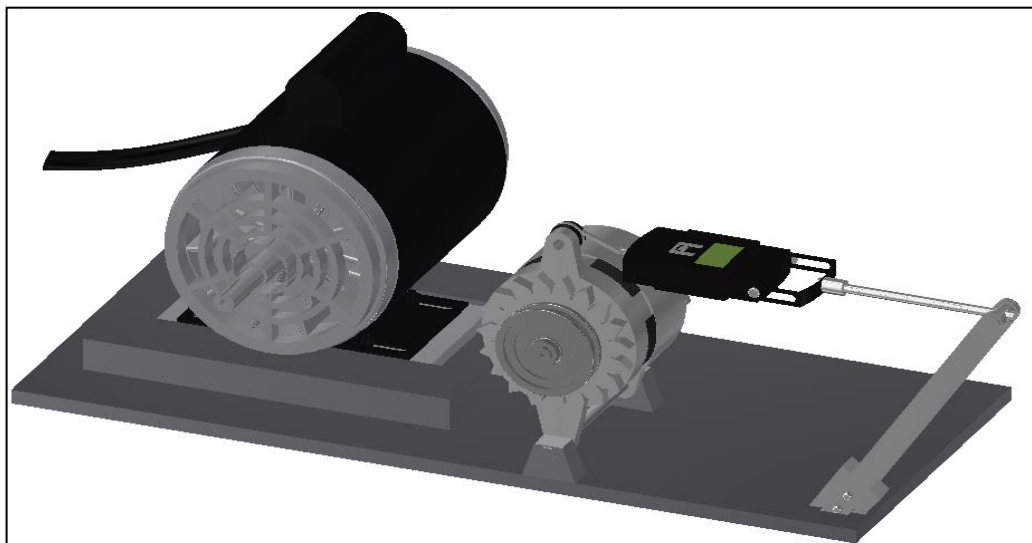


Figura 7-2: Montaje de la balanza digital.
Realizado por: Uvidia, O. 2021

2.3.5 *Circuito de mando del alternador*

El alternador es un generador de corriente directa ya que posee diodos rectificadores, para la generación de voltaje es necesario excitar al rotor del alternador en los bordes F y N con 6 voltios de corriente continua como se observa en la siguiente figura (8-2).

Una vez excitado el rotor la máquina actúa como un freno magnético y se opone a la fuerza del motor eléctrico, logrando el requerimiento de carga.

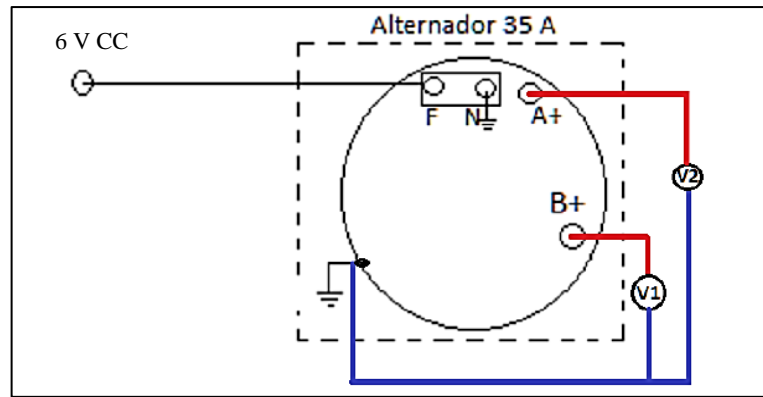


Figura 8-2: Circuito de mando del alternador.

Realizado por: Uvidia, O, 2021

2.4 Metodología para el funcionamiento del módulo

Para observar la variación del deslizamiento y la frecuencia natural de las bandas trapezoidales montadas en cada relación de transmisión y en función de diferentes pretensiones en el módulo construido se deben realizar determinadas ecuaciones y calibraciones como: determinar la pretensión mediante un análisis estático del sistema, determinar la ecuación del deslizamiento, determinar la ecuación de la eficiencia de transmisión, la potencia de trabajo a la que va a funcionar el motor eléctrico, el montaje de poleas para cada tipo de transmisión, la alineación de poleas, el montaje de las bandas trapezoidales, el cálculo de frecuencia natural de la banda y las fuerzas definidas para calcular las pretensiones de las bandas.

2.4.1 Cálculo de la ecuación de la pretensión mediante un análisis estático del sistema

Para poder determinar la pretensión de la banda mediante las mediciones de la balanza digital montada como tensor, se realizó un análisis estático en el sistema de transmisión, en donde la figura (9-2) expone: la fuerza ejercida por la balanza sobre el punto H, la designación del ángulo β que está formado por un triángulo rectángulo (G, H, J), donde la hipotenusa (GH) es igual a 18 cm y el cateto (GJ) es variable que depende de la tensión que se le aplica a la banda trapezoidal.

De la figura (9-2) se determina el ángulo (β) mediante las funciones trigonométricas en el triángulo rectángulo formado por los puntos (H, J y G).

$$\text{sen } \beta = \frac{GJ}{GH}$$

De la tabla (13-2) se reemplaza las distancias (GJ) y (GH).

$$\beta = \sin^{-1} \frac{GJ}{18 \text{ cm}} \quad (17)$$

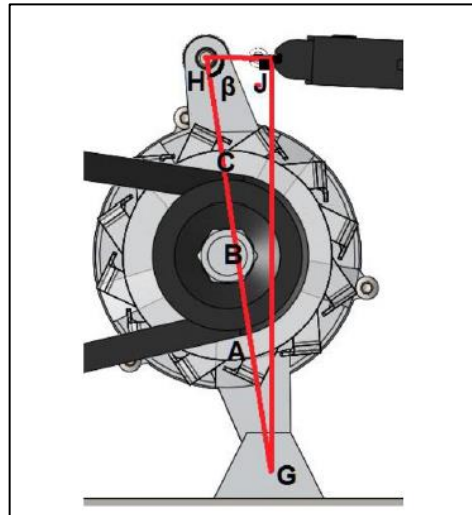


Figura 9-2: Representación del sistema de tensado de la banda trapezoidal.

Fuente: (Hernández, 2019)

2.4.1.1 Determinación del diagrama cuerpo libre

De la figura (10-2) se establece el diagrama de cuerpo libre en donde va estar reflejado, la fuerza (F) ejercida por la báscula digital, las tensiones (T1) y (T2) de la banda trapezoidal, la fuerza ejercida por el peso (W), la reacción (R) ejercida en el punto de apoyo del alternador y cada fuerza con la distancia perpendicular hacia el punto en donde va a ser el centro para la sumatoria de momentos.

En la tabla (13-2) se representa las distancias GA, GB, GC, GH del triángulo rectángulo que se establece en la figura (9-2), medidas que se utilizara para determinar la ecuación de la tensión de la banda trapezoidal, las distancias son tomadas del módulo de pruebas.

Tabla 13-2: Representación de distancias.

GA	GB	GC	GH
6 cm	9 cm	12 cm	18 cm

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Para calcular la ecuación de la pretensión de la banda trapezoidal se determinó las distancias que actúan en las aplicaciones de las fuerzas de la figura (10-2). En la tabla (14-2) se representa las distancias calculadas que se emplearan para la sumatoria de momentos en el punto G.

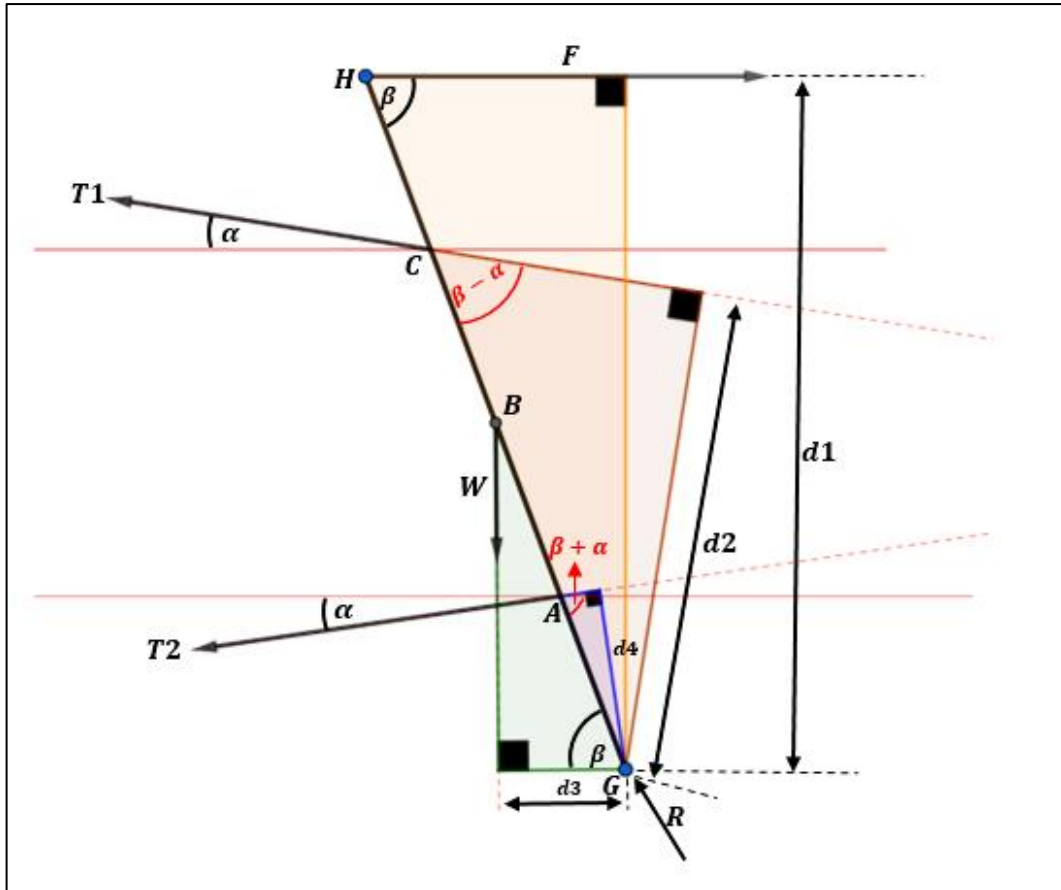


Figura 10-2: Diagrama de cuerpo libre del sistema de tensado para la banda trapezoidal.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

Tabla 14-2: Calculo de las distancias que actúan en las aplicaciones de las fuerzas.

La distancia d_1	La distancia d_2	La distancia d_3	La distancia d_4
$\text{sen } \beta = \frac{d_1}{GH}$	$\text{sen } (\beta - \alpha) = \frac{d_2}{GC}$	$\text{cos } \beta = \frac{d_3}{GB}$	$\text{sen } (\beta + \alpha) = \frac{d_4}{GA}$
$d_1 = GH * \text{sen } \beta$	$d_2 = GC * \text{sen } (\beta - \alpha)$	$d_3 = GB * \text{cos } \beta$	$d_4 = GA * \text{sen } (\beta + \alpha)$
De la tabla (21-2) se reemplazan las distancias GH, GC, GB, GA			
$d_1 = 18\text{cm} * \text{sen } \beta$	$d_2 = 12\text{cm} * \text{sen } (\beta - \alpha)$	$d_3 = 9 \text{ cm} * \text{cos } \beta$	$d_4 = 6 \text{ cm} * \text{sen } (\beta + \alpha)$

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.4.1.2 Cálculo de la fuerza ejercida por el alternador (W)

Aplicando la segunda ley de newton se determinado el peso del alternador en newton (N), la masa (m) del alternador es de 3,24 kg.

$$W = m * g \quad (18)$$

$$W = 3,24 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 31,78 \text{ (N)}$$

2.4.1.3 Sumatoria de momentos en el punto G

$$+ \sum M_0 = 0$$

$$- F * d_1 + T_1 * d_2 + W * d_3 + T_2 * d_4 = 0$$

De la tabla (23-2) se reemplaza las distancias que actúan en las aplicaciones de la fuerza.

$$-18\text{cm} * F * \text{sen } \beta + 12\text{cm} * T_1 * \text{sen} (\beta - \alpha) + 9 \text{ cm} * W * \text{cos } \beta + 6 \text{ cm} * T_2 * \text{sen} (\beta + \alpha) = 0$$

$$12\text{cm} * T_1 * \text{sen} (\beta - \alpha) + 6 \text{ cm} * T_2 * \text{sen} (\beta + \alpha) = 18\text{cm} * F * \text{sen } \beta - 9 \text{ cm} * W * \text{cos } \beta$$

Debido a que en estado de reposo la máquina esta sin movimiento rotacional las tensiones T_1 y T_2 son iguales, se reemplaza en la ecuación y se factoriza.

$$6\text{cm} * T [2 \text{ cm} * \text{sen} (\beta - \alpha) + \text{sen}(\beta + \alpha)] = 9\text{cm} (2\text{cm} * F * \text{sen } \beta - W * \text{cos } \beta)$$

$$T = \frac{9\text{cm} (2\text{cm} * F * \text{sen } \beta - W * \text{cos } \beta)}{6\text{cm} [2 \text{ cm} * \text{sen} (\beta - \alpha) + \text{sen}(\beta + \alpha)]}$$

$$T = \frac{3 (2\text{cm} * F * \text{sen } \beta - W * \text{cos } \beta)}{2 [2 \text{ cm} * \text{sen}(\beta - \alpha) + \text{sen}(\beta + \alpha)]} \quad (19)$$

Se calculo la ecuación (19) la cual determina el pretensado de las bandas trapezoidales según el tipo de transmisión a la cual está montada y en función a la que fuerza aplicada por el sistema de tensado.

2.4.2 Cálculo del deslizamiento

Para determinar el deslizamiento que se produce en el sistema de transmisión, se emplearan las ecuaciones del movimiento circular uniforme (MCU).

Matemáticamente se representa con la siguiente ecuación (20), donde el deslizamiento es la diferencia de la velocidad de rotación teórica y real de la polea conducida sobre su velocidad de rotación teórico. (Hernández, 2019)

$$D_Z = \frac{W_{t2} - W_2}{W_{t2}} \quad (20)$$

Donde:

D_Z : Deslizamiento producido en el sistema de transmisión.

W_{t2} : Velocidad angular teórica de la polea conducida calculada con las ecuaciones del movimiento uniforme.

W_2 : Velocidad real de la polea conducida medida directamente.

La ecuación (20) se encuentra representada únicamente con la velocidad teórica y real de la polea conducida por lo que se va a determinar una nueva ecuación donde este representa las velocidades reales de ambas poleas, utilizando las ecuaciones del movimiento circular uniforme (MCU).

Mediante el movimiento circular uniforme de la banda trapezoidal en el sistema de transmisión, se determina la velocidad lineal de la banda en función de la velocidad angular multiplicado por el radio correspondiente, se representan en la siguiente ecuación.

$$V = W * r \quad (21)$$

Donde:

V : Velocidad lineal de la polea.

W : Velocidad angular de la polea.

r : Radio de la polea.

De la figura (11-2) se determinó la velocidad lineal de la polea mayor y la velocidad lineal teórica de la polea menor, ecuaciones (22) y (23).

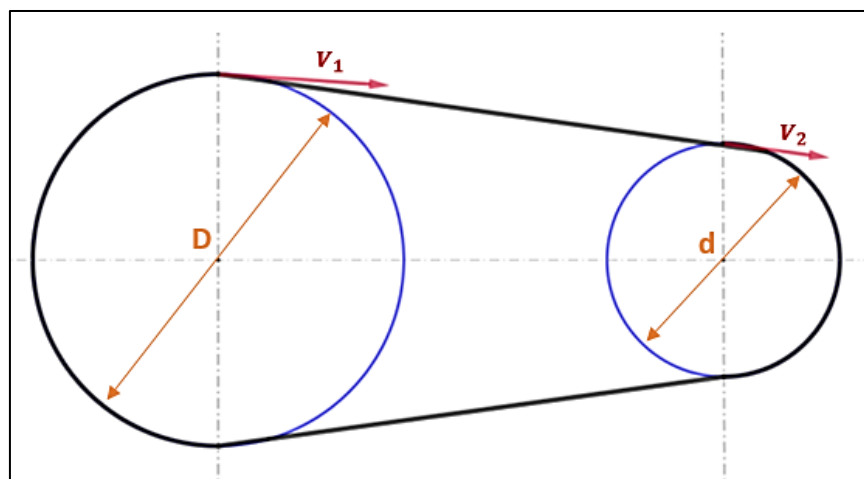


Figura 11-2: Esquema del sistema de transmisión.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

$$V_1 = W_1 * \frac{D}{2} \quad (22)$$

$$V_2 = W_2 * \frac{d}{2} = W_{t2} * \frac{d}{2} \quad (23)$$

La velocidad lineal (V) en la periferia de cada polea es la misma, por lo tanto, la banda trapezoidal en el sistema de transmisión mantiene una velocidad lineal constante ($V_1=V_2$), por consiguiente, se igualan las ecuaciones (22) y (23) determinando la ecuación (24), donde estará representada la velocidad teórica de la polea conducida en función de la velocidad real de la polea conductora.

$$W_1 * \frac{D}{2} = W_{t2} * \frac{d}{2}$$

$$W_{t2} = W_1 * \frac{D}{d} \quad (24)$$

En la ecuación (20) se reemplazó la velocidad teórica de la polea conducida ecuación (24), y se determinó la ecuación (25).

$$D_Z = \frac{(W_1 * \frac{D}{d}) - W_2}{W_1 * \frac{D}{d}}$$

$$D_Z = 1 - \frac{W_2}{W_1 * \frac{D}{d}} \quad (25)$$

En la ecuación (25) de acuerdo con el movimiento circular uniforme (MCU) la velocidad angular se puede representar en términos de la frecuencia de rotación de cada polea, dando como resultado la ecuación (27).

$$W = 2 * \pi * f \quad (26)$$

$$D_Z = 1 - \frac{f_2 * d}{f_1 * D} \quad (27)$$

Donde:

f_1 : Frecuencia de rotación real de la polea conductora en hercios (Hz) o en revoluciones por minuto (rpm).

f_2 : Frecuencia de rotación real de la polea conducida en hercios (Hz) o en revoluciones por minuto (rpm).

D: Diámetro primitivo de la polea conductora en metros (m).

d: Diámetro primitivo de la polea conducida en metros (m).

2.4.3 Cálculo de la eficiencia de transmisión

Un sistema de transmisión de potencia es eficiente, si la velocidad de la polea mayor V_1 es igual a la velocidad de la polea menor V_2 y está representada en la siguiente ecuación (28).

$$\text{efic.trans} = \frac{V_2}{V_1} \quad (28)$$

De la figura (11-2) se determinó la velocidad lineal de la polea mayor y menor ecuaciones (22 y 23) y se reemplaza en la ecuación (28) obteniendo:

$$\text{efic.trans} = \frac{W_2 * \frac{d}{2}}{W_1 * \frac{D}{2}}$$

Reemplazando la ecuación (26) del movimiento circular uniforme expresada por términos de la frecuencia de rotación de cada polea se obtuvo la ecuación (29).

$$\text{efic.trans} = \frac{2 * \pi * f_2 * \frac{d}{2}}{2 * \pi * f_1 * \frac{D}{2}}$$

Simplificando.

$$\text{efic.trans} = \frac{f_2 * d}{f_1 * D} \quad (29)$$

De la simplificación se determinó la ecuación (29), donde se reemplazó en la ecuación del deslizamiento ecuación (27), debido a que las frecuencias de rotación de las poleas son las mismas y se obtiene:

$$D_Z = 1 - \text{efic.trans}$$

Despejándola eficiencia de transmisión se determinó la ecuación (30).

$$\text{efic.trans} = 1 - D_Z \quad (30)$$

2.4.4 Cálculo de la potencia de trabajo para el motor eléctrico

El motor eléctrico monofásico debe cumplir cierta condición de operación para su funcionamiento en el módulo, en donde el régimen de trabajo óptimo al que va a trabajar el motor eléctrico es

alrededor del 80% de su carga nominal. El alternador seleccionado será el encargado de que el motor eléctrico funcione a plena carga.

Para determinar la potencia eléctrica al 80% de su carga nominal se emplea la ecuación (31), donde se multiplica la potencia absorbida por el motor (potencia eléctrica), por la condición de carga que se establezca, dividido por el rendimiento del motor de 1Hp establecido por la empresa WEG en donde se interpola los valores para hallar el rendimiento al 80% de la carga nominal de la tabla (15-2).

$$P = \frac{P_e * \text{Carga}}{\text{Rendimiento}} \quad (31)$$

Donde:

P: Potencia eléctrica de trabajo.

P_e: Potencia absorbida por el motor (potencia eléctrica de entrada).

Tabla 15-2: Porcentaje del rendimiento.

Carga	Rendimiento (%)
50%	59,4
75%	68,8
100%	73,2

Fuente: Jaraguá do Sul, Brasil

Para encontrar la potencia eléctrica de trabajo (P) al 80% de su carga nominal se determinó la potencia absorbida por el motor (potencia eléctrica de entrada) con la ecuación (32), la misma que describe que la eficiencia de un motor eléctrico está dada por la razón entre la potencia que se obtiene nominalmente en el eje del motor (potencia mecánica) y la potencia absorbida por el motor (potencia eléctrica).

$$\eta = \frac{P_m}{P_e} \quad (32)$$

Donde:

η: Eficiencia

P_m: Potencia mecánica nominal (en el eje del motor)

P_e: Potencia absorbida por el motor (potencia eléctrica de entrada).

De la ecuación (32) se determinó la potencia absorbida por el motor (potencia eléctrica de entrada P_e).

$$P_e = \frac{P_m}{\eta}$$

Datos:

Datos de placa del motor eléctrico.

$$P_m = 1[\text{HP}] = 746 [\text{W}]$$

$$\eta = 66,4\%$$

$$P_e = \frac{746 \text{ W}}{0,664}$$

$$P_e = 1123,49 [\text{W}]$$

Con la ecuación (31) y los datos siguientes se determinó la potencia eléctrica de trabajo (P).

Datos:

Carga= 80 % (Condición de carga para el motor eléctrico)

Rendimiento= 69,68% Valor determinado al 80% de la carga interpolando en la tabla (15-2)

$$P_e = 1123,49 [\text{W}]$$

$$P = \frac{1123,49 \text{ W} * 0,80}{0,6968}$$

$$P = 1289,89 [\text{W}]$$

Los 1289,89 [W] es la potencia eléctrica requerida para que el motor funcione al 80% de su carga nominal, para verificar si en el motor eléctrico funciona a la carga óptima establecida, se emplea la ecuación de potencia de circuitos monofásicos, reemplazando la potencia eléctrica calculada, el voltaje suministrado y el factor de potencia. Se determinó el valor de corriente de entrada, el cual indica si el motor eléctrico estará funcionando a la carga óptima establecida.

$$P = I * V * \cos \rho \quad (33)$$

Despejamos la intensidad se obtiene la ecuación (34).

$$I = \frac{P}{V * \cos \rho} \quad (34)$$

Se interpolan los valores de la tabla (16-2) para calcular el $\cos \rho$ cuando el motor eléctrico funciona al 80% de su carga nominal.

Tabla 16-2: Factor de potencia establecido.

Carga	Factor de Potencia
50%	0,96
75%	0,98
100%	0,99

Fuente: Jaraguá do Sul, Brasil

Reemplazando datos:

$$P = 1310,19 \text{ [W]}$$

$$V = 220 \text{ [V]}$$

$$\cos \rho = 0,982$$

$$I = \frac{1310,19 \text{ [W]}}{220 \text{ [V]} * 0,982}$$

$$I = 5,97 \text{ [A]}$$

La corriente que debe presentar en una de sus líneas es de 5,97 [A] y podemos comprobar el valor con un amperímetro como se puede observar en la figura (12-2), una vez comprobado el motor eléctrico estará funcionando al 80% de su carga nominal.



Figura 12-2: Corriente de entrada.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

2.4.5 Montaje de las poleas

En el eje del motor eléctrico (eje motriz) se deben montar las poleas seleccionadas según el tipo de transmisión, para el tipo de transmisión 1:1 el diámetro de polea de 8 cm, para el tipo de transmisión 1,3:1 el diámetro de polea de 10,5 cm y para el tipo de transmisión 1,6:1 el diámetro de polea de 13 cm, para la fijación se realizó un mecanizado en el agujero central de cada polea

para el alojamiento de la chaveta de 0,64 cm y para el ajuste en el diámetro del cubo o manzana de la polea existe un espárrago hexagonal que se encuentra perpendicular al eje del motor que constituye como un perno prisionero que fija la polea al eje.

En las siguientes figuras se van a representar el módulo de estudio con cada sistema de transmisión de potencia.

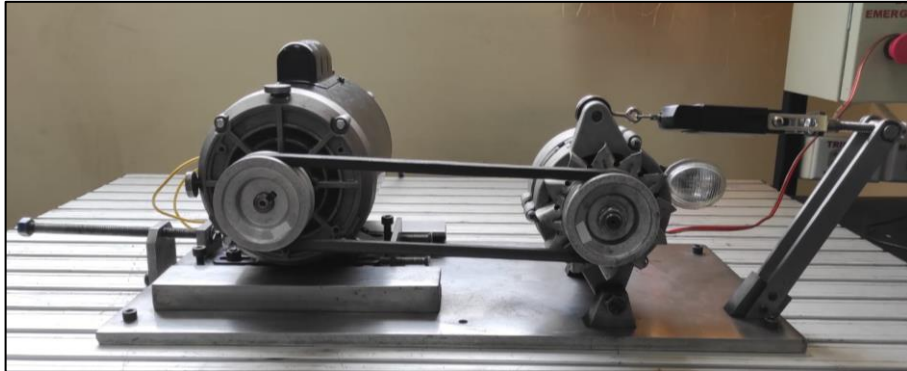


Figura 13-2: Módulo de estudio con el tipo de transmisión 1:1.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

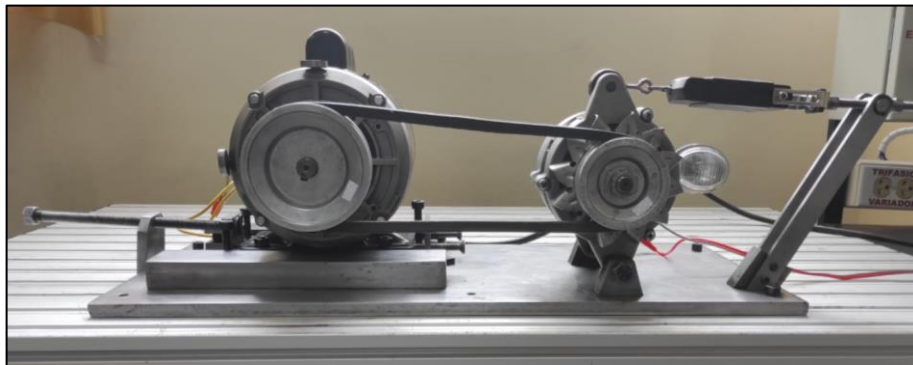


Figura 14-2: Módulo de estudio con el tipo de transmisión 1,3:1.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

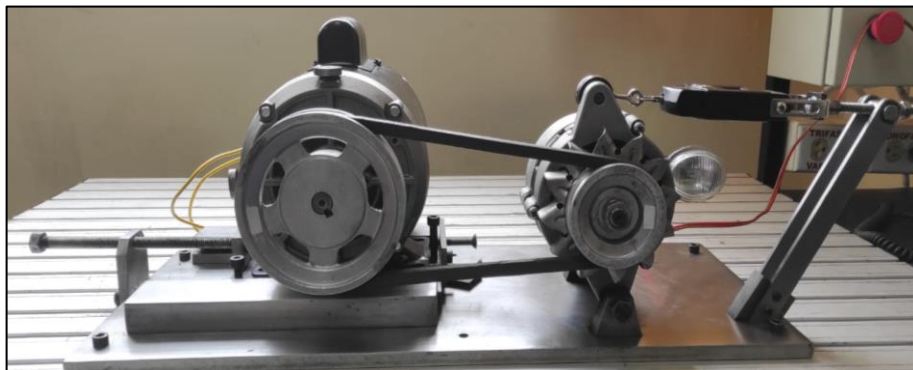


Figura 15-2: Módulo de estudio con el tipo de transmisión 1,6:1.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

2.4.6 *Alineación de poleas*

Una correcta alineación reducirá el desgaste de la banda trapezoidal y poleas, así como también disminuirá los niveles de ruido y vibraciones. El equipo FAG SMARTY 2 figura (16-2) se empleará para corregir la desalineación.



Figura 16-2: Alineación de poleas con el equipo FAG SMARTY 2.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

El alineador FAG SMARTY 2 consta de un transmisor laser que se monta en una de las poleas y los detectores en la otra, el montaje se realiza de forma manual en las caras de las poleas debido a que el equipo alineador consta de superficies magnéticas para su sujeción, pero el módulo construido para el estudio está diseñado con poleas no magnéticas, por lo que, el transmisor laser y los detectores se pueden montar con cinta adhesiva de doble cara facilitando la sujeción.

2.4.7 *Montaje de las bandas trapezoidales*

Las cuatro bandas trapezoidales de perfil clásico de sección tipo A están representadas en la tabla (8-2), van a ser montadas dependiendo de la distancia entre centros a cada juego de poleas, por consiguiente, se van a montar cada banda trapezoidal en cada sistema de transmisión y se va aplicar un tensado adecuado para el funcionamiento.

Para el montaje se debe de tener cuidado de no forzar el ingreso de la banda trapezoidal en la hendidura de la correa, por esta razón se va a disminuir la distancia entre centros entre la polea motriz y la polea conducida por medio de un perno de paso fino que está sujeto a la base del motor eléctrico y por el movimiento deslizante en las guías montadas en la base del módulo como se detalla en la figura (17-2).

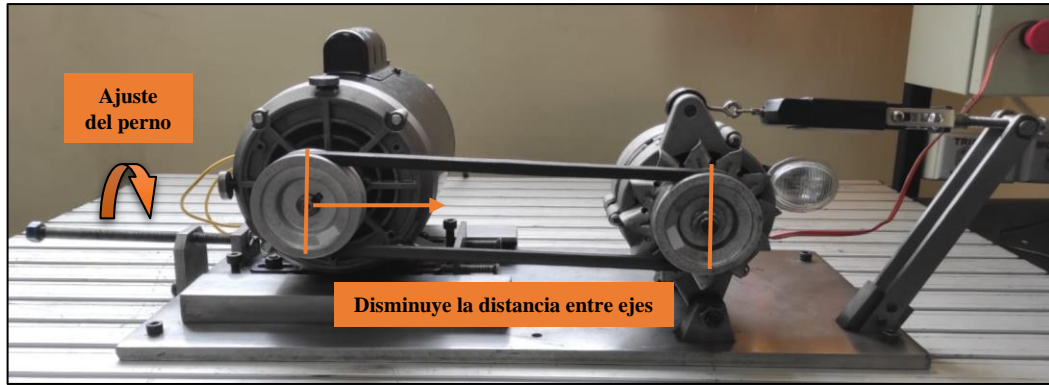


Figura 17-2: Montaje de las bandas.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

2.4.8 Cálculo de la ecuación de la frecuencia natural de la banda

De la ecuación (15) se va a despejar el parámetro de la frecuencia natural de la banda (f_n) y se va a calcular el valor para cada banda trapezoidal montada en cada transmisión de potencia y a diferentes pretensiones de la banda trapezoidal.

$$f_n = \sqrt{\frac{T_{\text{ramal}}}{4 * \rho * l_s^2}} \quad (35)$$

2.4.8.1 Calcular la tensión del ramal (T_{ramal})

La tensión del ramal es la fuerza perpendicular que se aplica en el centro del ramal de la banda trapezoidal provocando una deflexión, los fabricantes de las bandas establecen tablas correspondientes para la determinación de la fuerza perpendicular establecidas en la tabla (9-1) del capítulo anterior.

El valor de tensión del ramal (T_{ramal}) adecuado para los tipos de transmisión (1:1), (1,3:1) y (1,6:1) acopladas con cada una de las bandas, se determina en la tabla (9-1) con los siguientes parámetros, el diámetro de la polea conducida de cada una de las transmisiones es de 8 cm, y las RPM de cada transmisión en el eje del alternador que están alrededor de 3690 rpm en la transmisión 1:1, 4680 rpm en la transmisión 1,3:1 y 5760 rpm en la transmisión 1,6:1 de acuerdo con la figura (2-1).

Con los parámetros establecidos en la tabla (9-1) se determina que la tensión del ramal para cada transmisión es de una tensión mínima de 5 N y 6 N.

2.4.8.2 Cálculo de la densidad lineal de la masa

La densidad lineal de la masa (ρ) es la medida de la masa de la banda trapezoidal dividida por su longitud expresada en [Kg/m]. Se representa en la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{l} \quad (36)$$

Para calcular el peso en kilogramos de cada banda trapezoidal A29, A30, A32 y A33 se emplea una balanza digital como se observa en la figura (18-2), y por la longitud de cada banda se determina la densidad lineal de la masa para cada banda.



Figura 18-2: Masa de la banda trapezoidal A33.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

La densidad lineal de la masa de cada banda trapezoidal está representada en la siguiente tabla (17-2).

Tabla 17-2: Densidad lineal de la masa de cada banda trapezoidal.

Banda A29	Banda A30	Banda A32	Banda A33
$\rho = \frac{0,081\text{Kg}}{0,73 \text{ m}}$	$\rho = \frac{0,083\text{Kg}}{0,77 \text{ m}}$	$\rho = \frac{0,086\text{Kg}}{0,81 \text{ m}}$	$\rho = \frac{0,092\text{Kg}}{0,85 \text{ m}}$
$\rho = 0,111 \text{ Kg/m}$	$\rho = 0,107 \text{ Kg/m}$	$\rho = 0,106 \text{ Kg/m}$	$\rho = 0,108 \text{ Kg/m}$

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.4.9 Fuerzas definidas para calcular las pretensiones de las bandas

En la tabla (18-2) se representan las pretensión calculadas con la ecuación (27), en función de la fuerza (F) que se aplica en la balanza digital, se consideró iniciar con una fuerza mínima de 15 N como pretensión para todas las bandas y se va aumentando 5 N, como resultado al ir aumentando los 5 N se evidencio como la banda se va pretensando cada vez más, por lo que se llegó a aplicar

hasta una fuerza 195 N en base a la pretensión máxima y adecuada para las bandas de sección de tipo A indicadas por los fabricantes.

Una vez que se halló la tensión (T) de la banda se determina el deslizamiento (Dz) en función de las frecuencias de rotación de la polea conductora y conducida, como se puede observar en la tabla (18-2) la variación del deslizamiento (Dz) varía en pequeños valores al aplicar una fuerza cada 5 N hasta llegar a los 195 N, por lo que se decide determinar el deslizamiento (Dz) desde 15 N con intervalos de 20 N hasta los 195 N para todas las bandas, debido a que se puede apreciar el deslizamiento (Dz) con valores más definidos.

Tabla 18-2: Fuerzas definidas para calcular las tensiones de las bandas.

F [N]	W [N]	D [cm]	d [cm]	C [cm]	GJ [cm]	Angulo α [rad]	Angulo β [rad]	T [N]	Conductora [rpm]	Conducida [rpm]	Dz	Dz*100
15	31,78	9,7	7,2	25,8	15,9	0,04843	1,09	6,8	3565	4690	0,0235	2,35
20	31,78	9,7	7,2	25,8	15,9	0,04843	1,09	11,8	3566	4697	0,0223	2,23
25	31,78	9,7	7,2	25,85	15,9	0,04833	1,09	16,9	3562	4698	0,0210	2,10
30	31,78	9,7	7,2	25,9	15,9	0,04824	1,09	21,9	3562	4700	0,0206	2,06
35	31,78	9,7	7,2	26	15,9	0,04805	1,09	27,0	3561	4700	0,0203	2,03
40	31,78	9,7	7,2	26	15,9	0,04805	1,09	32,0	3561	4703	0,0197	1,97
45	31,78	9,7	7,2	26	15,9	0,04805	1,09	37,1	3557	4702	0,0188	1,88
50	31,78	9,7	7,2	26,1	15,9	0,04787	1,09	42,1	3556	4698	0,0194	1,94
55	31,78	9,7	7,2	26,1	15,9	0,0478	1,09	47,2	3555	4697	0,0193	1,93
60	31,78	9,7	7,2	26,15	15,9	0,04778	1,09	52,2	3552	4697	0,0185	1,85
65	31,78	9,7	7,2	26,18	15,9	0,04772	1,09	57,3	3555	4697	0,0193	1,93
70	31,78	9,7	7,2	26,2	15,9	0,04765	1,09	62,3	3554	4700	0,0184	1,84
75	31,78	9,7	7,2	26,25	15,9	0,04760	1,09	67,3	3552	4695	0,0189	1,89
80	31,78	9,7	7,2	26,26	15,9	0,04758	1,09	72,4	3552	4701	0,0176	1,76
85	31,78	9,7	7,2	26,26	15,9	0,04758	1,09	77,4	3550	4700	0,0173	1,73
90	31,78	9,7	7,2	26,7	15,9	0,04679	1,09	82,5	3548	4700	0,0167	1,67
95	31,78	9,7	7,2	26,29	15,9	0,04752	1,09	87,5	3545	4695	0,0169	1,69
100	31,78	9,7	7,2	26,29	15,9	0,04752	1,09	92,6	3544	4696	0,0165	1,65
105	31,78	9,7	7,2	26,29	15,9	0,04752	1,09	97,6	3546	4698	0,0166	1,66
110	31,78	9,7	7,2	26,3	15,9	0,04751	1,09	102,7	3546	4699	0,0164	1,64
115	31,78	9,7	7,2	26,3	15,9	0,04751	1,09	107,7	3545	4698	0,0163	1,63
120	31,78	9,7	7,2	26,31	15,9	0,04749	1,09	112,8	3545	4699	0,0161	1,61
125	31,78	9,7	7,2	26,31	15,9	0,04749	1,09	117,8	3543	4698	0,0158	1,58
130	31,78	9,7	7,2	26,32	15,9	0,04747	1,09	122,9	3540	4697	0,0151	1,51
135	31,78	9,7	7,2	26,32	15,9	0,04747	1,09	127,9	3538	4695	0,0150	1,50
140	31,78	9,7	7,2	26,32	15,9	0,04747	1,09	133,0	3538	4693	0,0154	1,54
145	31,78	9,7	7,2	26,32	15,9	0,04747	1,09	138,0	3537	4696	0,0145	1,45
150	31,78	9,7	7,2	26,33	15,9	0,04745	1,09	143,1	3534	4695	0,0139	1,39

155	31,78	9,7	7,2	26,3	15,9	0,04751	1,09	148,1	3531	4694	0,0133	1,33
160	31,78	9,7	7,2	26,3	15,9	0,04751	1,09	153,1	3528	4693	0,0126	1,26
165	31,78	9,7	7,2	26,3	15,9	0,04751	1,09	158,2	3525	4693	0,0118	1,18
170	31,78	9,7	7,2	26,4	15,9	0,04733	1,09	177,7	3525	4694	0,0116	1,16
175	31,78	9,7	7,2	26,4	15,9	0,04733	1,09	370,1	3524	4695	0,0111	1,11
180	31,78	9,7	7,2	26,4	15,9	0,04733	1,09	170,7	3524	4695	0,0111	1,11
185	31,78	9,7	7,2	26,4	15,9	0,04733	1,09	190,3	3523	4696	0,0106	1,06
190	31,78	9,7	7,2	26,5	15,9	0,04715	1,09	251,3	3522	4697	0,0101	1,01
195	31,78	9,7	7,2	26,5	15,9	0,04715	1,09	182,7	3521	4698	0,0096	0,96

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.5 Recolección de datos y toma de mediciones

2.5.1 Cálculo de la pretensión (T) de las bandas

Para calcular las pretensiones de las bandas según el tipo de transmisión se emplea la ecuación (19), de modo que cada pretensión calculada dependerá de la fuerza aplicada por el sistema de tensado, obteniendo resultados indicados en las siguientes tablas (28-2), (30-2), (32-2), (34-2).

Además, se va a calcular la ecuación de la pretensión en función de la fuerza para cada banda según el tipo de transmisión, se aplicará el método de los mínimos cuadrados la misma que utilizará parámetros como: la sumatoria de la fuerza F de la balanza digital, la sumatoria de la pretensión de la banda, el producto de la fuerza por la pretensión y la fuerza elevada al cuadrado.

La expresión del método de los mínimos cuadrados se basa en la ecuación de la recta $y = mx + b$ donde (m) es la pendiente y (b) el punto de corte, y vienen representadas en las siguientes ecuaciones.

$$m = \frac{n * \sum(F * T) - \sum F * \sum T}{n * \sum F^2 - (\sum F)^2} \quad (37)$$

$$b = \frac{\sum T - m * \sum F}{n} \quad (38)$$

2.5.1.1 Pretensión de la banda trapezoidal según el tipo transmisión

Se van a calcular las pretensiones para las bandas: A29 en la transmisión (1:1), la A30 en la transmisión (1,3:1), la A32 en la transmisión (1,6:1) y la A33 en la transmisión (1,3:1), las otras pretensiones de las bandas con su tipo de transmisión van estar calculadas en el inciso (2.5.2).

La pretensión de cada banda en cada una de las transmisiones depende de la fuerza que se le aplique a la balanza digital, se van a tomar 10 mediciones iniciando con una fuerza de 15 N y con intervalos de 20 N hasta llegar a los 195 N, los resultados estarán representados en las siguientes tablas, también para cada tabla se va a representar parámetros para determinar la ecuación de la pretensión en función de la fuerza.

Tabla 19-2: Pretensión de la banda A29 en una transmisión 1:1.

Fuerza [N]	Peso del alternador [N]	Polea conductora [cm]	Polea conducida [cm]	Distancia entre centros [cm]	Distancia GJ [cm]	Ángulo α [rad]	Ángulo β [rad]	Pretensión [N]
15	31,78	7,2	7,2	26	15,9	0	1,09	6,7
35	31,78	7,2	7,2	26,2	15,9	0	1,09	26,7
55	31,78	7,2	7,2	26,3	15,9	0	1,09	46,7
75	31,78	7,2	7,2	26,34	15,9	0	1,09	66,7
95	31,78	7,2	7,2	26,37	15,9	0	1,09	86,7
115	31,78	7,2	7,2	26,4	15,9	0	1,09	106,7
135	31,78	7,2	7,2	26,45	15,9	0	1,09	126,7
155	31,78	7,2	7,2	26,5	15,9	0	1,09	146,7
175	31,78	7,2	7,2	26,55	15,9	0	1,09	166,7
195	31,78	7,2	7,2	26,6	15,9	0	1,09	186,7

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 20-2: Parámetros para el método de los mínimos cuadrados para la banda A29.

	F	T	F * T	F ²
Sumatoria	1050	967,1	134546,974	143250

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 21-2: Pretensión de la banda A30 en una transmisión 1,3:1.

Fuerza [N]	Peso del alternador [N]	Polea conductora [cm]	Polea conducida [cm]	Distancia entre centros [cm]	Distancia GJ [cm]	Ángulo α [rad]	Ángulo β [rad]	Pretensión [N]
15	31,78	9,7	7,2	25,8	15,9	0,0484	1,09	6,8
35	31,78	9,7	7,2	26	15,9	0,0480	1,09	27,0
55	31,78	9,7	7,2	26,1	15,9	0,0478	1,09	47,2
75	31,78	9,7	7,2	26,2	15,9	0,0476	1,09	67,3
95	31,78	9,7	7,2	26,25	15,9	0,0476	1,09	87,5
115	31,78	9,7	7,2	26,29	15,9	0,0475	1,09	107,7
135	31,78	9,7	7,2	26,3	15,9	0,0475	1,09	127,9
155	31,78	9,7	7,2	26,32	15,9	0,0474	1,09	148,1
175	31,78	9,7	7,2	26,4	15,9	0,0473	1,09	168,3

195	31,78	9,7	7,2	26,5	15,9	0,0471	1,09	188,5
-----	-------	-----	-----	------	------	--------	------	-------

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 22-2: Parámetros para el método de los mínimos cuadrados para la banda A30.

	F	T	F * T	F ²
Sumatoria	1050	976,3	135818,3	143250

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 23-2: Pretensión de la banda A32 en una transmisión 1,6:1.

Fuerza [N]	Peso del alternador [N]	Polea conductora [cm]	Polea conducida [cm]	Distancia entre centros [cm]	Distancia GJ [cm]	Ángulo α [rad]	Ángulo β [rad]	Pretensión [N]
15	31,78	12,2	7,2	25,8	15,9	0,0967	1,09	6,9
35	31,78	12,2	7,2	25,9	15,9	0,0963	1,09	27,3
55	31,78	12,2	7,2	26	15,9	0,0960	1,09	47,7
75	31,78	12,2	7,2	26,1	15,9	0,0956	1,09	68,2
95	31,78	12,2	7,2	26,2	15,9	0,0952	1,09	88,6
115	31,78	12,2	7,2	26,25	15,9	0,0950	1,09	109,0
135	31,78	12,2	7,2	26,3	15,9	0,0949	1,09	129,4
155	31,78	12,2	7,2	26,35	15,9	0,0947	1,09	149,8
175	31,78	12,2	7,2	26,4	15,9	0,0945	1,09	170,3
195	31,78	12,2	7,2	26,45	15,9	0,0943	1,09	190,7

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 24-2: Parámetros para el método de los mínimos cuadrados para la banda A32.

	F	T	F * T	F ²
Sumatoria	1050	987,8	137424,3	143250

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 25-2: Pretensión de la banda A33 en una transmisión 1,3:1.

Fuerza [N]	Peso del alternador [N]	Polea conductora [cm]	Polea conducida [cm]	Distancia entre centros [cm]	Distancia GJ [cm]	Ángulo α [rad]	Ángulo β [rad]	Pretensión [N]
15	31,78	9,7	7,2	29,8	15,9	0,0419	1,09	6,8
35	31,78	9,7	7,2	30	15,9	0,0416	1,09	26,9
55	31,78	9,7	7,2	30,1	15,9	0,0415	1,09	47,1
75	31,78	9,7	7,2	30,2	15,9	0,0413	1,09	67,3
95	31,78	9,7	7,2	30,25	15,9	0,0413	1,09	87,4
115	31,78	9,7	7,2	30,3	15,9	0,0412	1,09	107,6
135	31,78	9,7	7,2	30,35	15,9	0,0411	1,09	127,7

155	31,78	9,7	7,2	30,4	15,9	0,0411	1,09	147,9
175	31,78	9,7	7,2	30,5	15,9	0,0409	1,09	168,0
195	31,78	9,7	7,2	30,55	15,9	0,0409	1,09	188,2

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 26-2: Parámetros para el método de los mínimos cuadrados para la banda A33.

	F	T	F * T	F ²
Sumatoria	1050	974,9	135629,87	143250

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.5.1.2 Ecuación de la pretensión en función de la fuerza con el método de los mínimos cuadrados

En la siguiente tabla (27-2) se va a representar las ecuaciones de la pretensión en función de la fuerza para cada banda trapezoidal con el tipo de transmisión seleccionado, empleando las ecuaciones (37) y (38) respectivamente.

Tabla 27-2: Ecuación de la pretensión en función de la fuerza para cada tipo de banda.

Banda A29	Banda A30	Banda A32	Banda A33
Transmisión 1:1	Transmisión 1,3:1	Transmisión 1,6:1	Transmisión 1,3:1
$T = 1F - 8,29$	$T = 1,009F - 8,315$	$T = 1,02F - 8,32$	$T = 1,002F - 8,354$

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.5.2 Cálculo del deslizamiento para cada tipo de banda trapezoidal

Para calcular el deslizamiento en las bandas A29, A30, A32 y A33 según la pretensión calculada para cada tipo de transmisión (1:1), (1,3:1) y (1,6:1) se empleará la ecuación (27), la misma que está representada con una medida real de la frecuencia de rotación de la polea conductora y polea conducida y que será tomada mediante el tacómetro digital.

2.5.2.1 Cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda trapezoidal A29

En las siguientes tablas se van a representar el cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda tipo A29 en las transmisiones (1:1), (1,3:1) y (1,6:1).

Tabla 28-2: Deslizamiento de la banda A29 en la transmisión 1:1.

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,7	59,60	59,92	0,47	53,13
35	26,7	59,58	59,92	0,44	55,94
55	46,7	59,55	59,93	0,36	64,37
75	66,7	59,53	59,95	0,30	69,99
95	86,7	59,53	59,97	0,27	72,79
115	106,7	59,52	59,98	0,22	78,41
135	126,7	59,52	60,02	0,16	84,01
155	146,7	59,50	60,02	0,13	86,83
175	166,7	59,48	60,03	0,08	92,46
195	186,7	59,47	60,05	0,02	98,09

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 29-2: Deslizamiento de la banda A29 en la transmisión 1,3:1

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,8	59,40	78,25	2,22	97,78
35	27,0	59,40	78,40	2,03	97,97
55	47,2	59,43	78,50	1,96	98,04
75	67,4	59,28	78,52	1,69	98,31
95	87,6	59,25	78,47	1,70	98,30
115	107,8	59,22	78,38	1,75	98,25
135	128,0	59,15	78,42	1,60	98,40
155	148,2	59,13	78,42	1,57	98,43
175	168,4	59,08	78,38	1,53	98,47
195	188,6	59,07	78,37	1,52	98,48

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 30-2: Deslizamiento de la banda A29 en la transmisión 1,6:1

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,9	59,27	96,42	3,99	96,0
35	27,4	59,15	96,47	3,75	96,2
55	47,9	59,25	97,08	3,30	96,7
75	68,4	59,13	97,05	3,14	96,9
95	89,0	59,12	97,08	3,08	96,9
115	109,5	58,98	97,17	2,78	97,2
135	130,0	58,97	97,08	2,83	97,2

155	150,5	58,92	97,08	2,75	97,2
175	171,0	58,92	97,07	2,77	97,2
195	191,5	58,85	97,02	2,71	97,3

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.5.2.2 Cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda trapezoidal A30

En las siguientes tablas se van a representar el cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda tipo A30 en las transmisiones (1:1), (1,3:1) y (1,6:1).

Tabla 31-2: Deslizamiento de la banda A30 en la transmisión 1:1.

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,7	59,57	59,75	0,69	30,78
35	26,7	59,57	59,77	0,66	33,58
55	46,7	59,50	59,80	0,50	50,42
75	66,7	59,50	59,80	0,50	50,42
95	86,7	59,45	59,82	0,38	61,68
115	106,7	59,43	59,83	0,33	67,30
135	126,7	59,42	59,85	0,27	72,93
155	146,7	59,40	59,87	0,21	78,56
175	166,7	59,37	59,88	0,13	87,03
195	186,7	59,33	59,90	0,04	95,51

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 32-2: Deslizamiento de la banda A30 en la transmisión 1,3:1.

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,8	59,47	78,23	2,35	97,65
35	27,0	59,45	78,25	2,30	97,70
55	47,2	59,47	78,37	2,18	97,82
75	67,3	59,40	78,35	2,09	97,91
95	87,5	59,37	78,38	2,00	98,00
115	107,7	59,28	78,40	1,82	98,18
135	127,9	59,30	78,42	1,84	98,16
155	148,1	59,28	78,38	1,86	98,14
175	168,3	59,27	78,40	1,81	98,19
195	188,5	59,17	78,42	1,62	98,38

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 33-2: Deslizamiento de la banda A30 en la transmisión 1,6:1.

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,9	59,23	96,35	4,00	96,00
35	27,4	59,12	96,52	3,65	96,35
55	47,8	59,17	96,80	3,45	96,55
75	68,3	59,13	96,87	3,32	96,68
95	88,8	59,05	96,97	3,09	96,91
115	109,2	59,02	96,92	3,08	96,92
135	129,7	58,98	96,95	3,00	97,00
155	150,2	58,95	96,92	2,97	97,03
175	170,6	58,92	96,93	2,90	97,10
195	191,1	58,87	96,95	2,80	97,20

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.5.2.3 Cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda trapezoidal A32

En las siguientes tablas se van a representar el cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda tipo A32 en las transmisiones (1:1), (1,3:1) y (1,6:1).

Tabla 34-2: Deslizamiento de la banda A32 en la transmisión 1:1.

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,7	59,65	59,73	0,86	13,97
35	26,7	59,62	59,75	0,78	22,37
55	46,7	59,58	59,77	0,70	29,65
75	66,7	59,53	59,77	0,61	39,19
95	86,7	59,47	59,78	0,47	53,25
115	106,7	59,43	59,78	0,41	58,89
135	126,7	59,40	59,78	0,35	64,53
155	146,7	59,37	59,80	0,27	72,99
175	166,7	59,33	59,80	0,21	78,65
195	186,7	59,28	59,82	0,10	89,96

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 35-2: Deslizamiento de la banda A32 en la transmisión 1,3:1.

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,8	59,45	77,83	2,82	97,18

35	27,0	59,38	77,92	2,61	97,39
55	47,1	59,33	78,05	2,36	97,64
75	67,3	59,32	78,03	2,35	97,65
95	87,5	59,32	78,07	2,31	97,69
115	107,6	59,23	78,03	2,21	97,79
135	127,8	59,27	78,08	2,21	97,79
155	148,0	59,17	78,03	2,10	97,90
175	168,2	59,20	78,08	2,10	97,90
195	188,3	59,17	78,03	2,10	97,90

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 36-2: Deslizamiento de la banda A32 en la transmisión 1,6:1.

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,9	59,25	95,92	4,46	95,54
35	27,3	59,23	96,25	4,10	95,90
55	47,7	59,22	96,45	3,88	96,12
75	68,2	59,13	96,58	3,61	96,39
95	88,6	59,12	96,63	3,53	96,47
115	109,0	59,07	96,62	3,47	96,53
135	129,4	58,98	96,67	3,28	96,72
155	149,8	58,97	96,70	3,22	96,78
175	170,3	58,93	96,75	3,11	96,89
195	190,7	58,92	96,73	3,10	96,90

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.5.2.4 Cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda trapezoidal A33

En las siguientes tablas se van a representar el cálculo del deslizamiento y eficiencia de transmisión de la banda tipo A33 en las transmisiones (1:1), (1,3:1) y (1,6:1).

Tabla 37-2: Deslizamiento de la banda A33 en la transmisión 1:1.

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,7	59,67	59,70	0,94	5,59
35	26,7	59,63	59,72	0,86	13,97
55	46,7	59,62	59,72	0,83	16,77
75	66,7	59,57	59,73	0,72	27,98
95	86,7	59,50	59,75	0,58	42,02
115	106,7	59,47	59,75	0,52	47,65
135	126,7	59,47	59,77	0,50	50,45

155	146,7	59,43	59,78	0,41	58,89
175	166,7	59,35	59,78	0,27	73,01
195	186,7	59,33	59,82	0,19	81,46

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 38-2: Deslizamiento de la banda A33 en la transmisión 1,3:1.

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,8	59,45	77,57	3,15	96,85
35	26,9	59,40	77,77	2,82	97,18
55	47,1	59,38	77,85	2,69	97,31
75	67,3	59,35	77,87	2,62	97,38
95	87,4	59,33	77,85	2,61	97,39
115	107,6	59,32	77,95	2,46	97,54
135	127,7	59,33	77,98	2,44	97,56
155	147,9	59,28	77,97	2,38	97,62
175	168,0	59,25	77,95	2,35	97,65
195	188,2	59,23	77,98	2,28	97,72

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 39-2: Deslizamiento de la banda A33 en la transmisión 1,6:1.

Fuerza de la báscula [N]	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia rotación polea motriz [Hz]	Frecuencia rotación polea conducida [Hz]	Deslizamiento [%]	Eficiencia de transmisión [%]
15	6,8	59,25	95,53	4,84	95,16
35	27,2	59,22	96,00	4,32	95,68
55	47,6	59,17	96,20	4,04	95,96
75	68,0	59,13	96,40	3,79	96,21
95	88,4	59,07	96,42	3,67	96,33
115	108,8	59,03	96,47	3,56	96,44
135	129,2	59,00	96,47	3,51	96,49
155	149,5	58,98	96,50	3,45	96,55
175	169,9	58,95	96,48	3,41	96,59
195	190,3	58,90	96,52	3,29	96,71

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

2.5.3 *Medición de la frecuencia natural de cada banda trapecoidal acoplada en cada tipo de transmisión.*

Se midió la frecuencia natural de las bandas trapecoidal según el tipo de transmisión y la pretensión calculada mediante la toma de vibraciones identificadas en el espectro de velocidad medidas por el equipo Vibrachek 200 ABG y el software MAINTraq Viewer.

2.5.3.1 Medición de la Frecuencia natural de la banda

La frecuencia natural medida de cada banda trapezoidal acoplada en cada tipo de transmisión y a diferentes pretensiones se realiza mediante el equipo Vibracheck 200 ABG y programa MAINTraq Viewer rasgando el ramal de la correa de forma radial de acuerdo con la posición del acelerómetro y en el momento en que el sistema se encuentre en estado estático. La frecuencia natural se identifica en el espectro de velocidad y es el espectro predominante como se detalla en la siguiente figura (19-2).

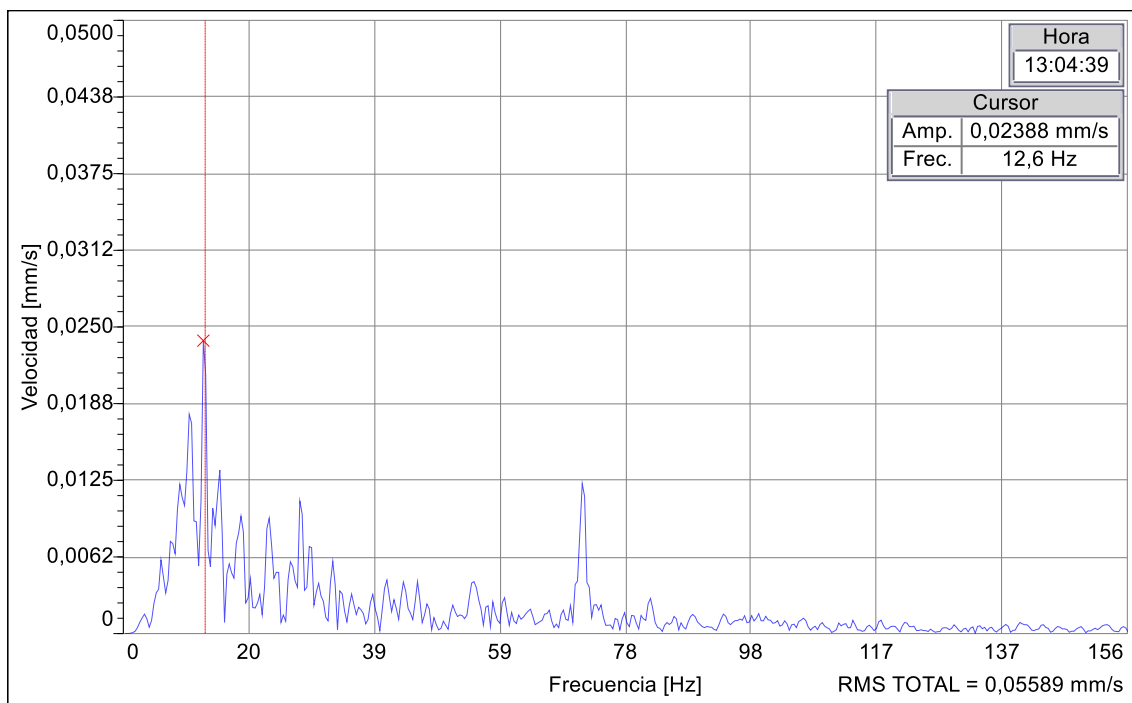


Figura 19-2: Medición de la frecuencia natural de la banda A32.

Realizado por: Uvidia, O 2021

En la figura (19-2) se determinó la frecuencia natural medida de 12,6 Hz con una velocidad de 0,02388 mm/s de la banda A32 acoplada a una transmisión de potencia (1,3:1) con una tensión en la banda de 87,5 N.

2.5.3.2 Medición de la frecuencia natural en las bandas trapezoidales

En la siguiente tabla (40-2) se representa diferentes pretensiones que se aplicó a la banda trapezoidal A32 acoplada en una transmisión (1,3:1) y donde se determina la frecuencia natural medida en las unidades de Hercios (Hz) y la velocidad de vibración en milímetros sobre segundo (mm/s), como ejemplo las mediciones que se tomaron en la figura (19-2).

Tabla 40-2: Frecuencia natural medida de la banda A32 en la transmisión 1,3:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,8	8	0,02706
27,0	8	0,02116
47,1	9	0,01696
67,3	10	0,02280
87,5	12	0,02388
107,6	13	0,01811
127,8	13	0,01685
148,0	13	0,02379
168,2	13	0,01959
188,3	13	0,02053

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

El procedimiento de medición que se realizó para medir la frecuencia natural y la velocidad de vibración del espectro predominante que se origina al momento de rasgar el ramal de banda A32 acoplada en la transmisión (1,3:1) que se indica en la figura (19-2) y se representa con diferentes pretensiones en la tabla (40-2) es similar para la toma de mediciones para las bandas trapezoidales A29, A30, A32, A33 acopladas en cada transmisión (1:1), (1,3:1) y (1,6:1) y donde dichas tablas con las mediciones de la frecuencia natural y la velocidad de vibración se encuentran en la sección de anexos A, B, C, D.

2.5.4 *Cálculo de la frecuencia natural de cada banda trapezoidal acoplada en cada tipo de transmisión.*

En la siguiente tabla (41-2) se determinó la frecuencia natural calculada de la banda A29 acoplada en la transmisión (1,3:1) mediante la ecuación (35) con parámetros de la tensión del ramal (T_{ramal}), la densidad lineal de la masa (ρ) representado en la tabla (17-2) y el tramo libre (l_s) mediante la ecuación (14). Así mismo; se va a determinar la frecuencia natural calculada empleándose la ecuación (35) para las bandas trapezoidales A29, A30, A32, A33 acopladas en cada transmisión (1:1), (1,3:1) y (1,6:1) y donde dichas tablas se encuentran en la sección de anexos E, F, G, H.

Tabla 41-2: Frecuencia natural calculada de la banda A29 en la transmisión 1,3:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,8	5	0,111	0,242	13,89
27,0	5	0,111	0,243	13,83

47,2	5	0,111	0,244	13,77
67,4	5	0,111	0,245	13,71
87,6	5	0,111	0,246	13,66
107,8	6	0,111	0,246	14,96
128,0	6	0,111	0,246	14,93
148,2	6	0,111	0,246	14,91
168,4	6	0,111	0,247	14,90
188,6	6	0,111	0,247	14,87

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Pretensión de la banda según el tipo de transmisión

La pretensión que se calcula para cada banda trapezoidal según el tipo de transmisión es directamente proporcional a la fuerza que se aplica a la barra medida por la báscula digital, en los gráficos (1-3), (2-3), (3-3), (4-3) se pueden observar una línea de tendencia lineal debido a que los valores de la pretensión crecen en forma proporcional a la fuerza.

3.1.1 Pretensión de la A29 en la transmisión 1:1

Para la banda trapezoidal A29 acoplada a una transmisión (1:1), la ecuación de la pretensión en función de la fuerza es de tendencia lineal ya que los valores de la pretensión crecen en forma proporcional a la fuerza ejercida por la báscula digital como se observa en la tabla (19-2), determinando que la pendiente de la pretensión en función de la fuerza es de 1 y el punto de intersección con el eje de las ordenadas es de $-8,29$ se representa en el inciso 2.5.1.1.

$$T = 1F - 8,29$$

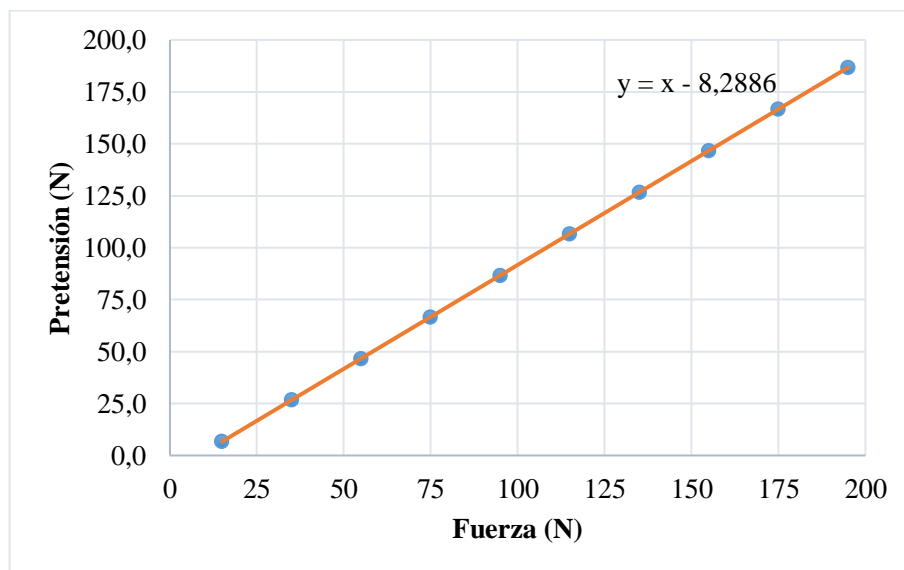


Gráfico 1-3: Variación de la pretensión para una banda A29 en la transmisión 1:1.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

3.1.2 *Pretensión de la banda A30 en la transmisión 1,3:1*

Para la banda trapezoidal A30 acoplada a una transmisión (1,3:1), la ecuación de la pretensión en función de la fuerza es de tendencia lineal ya que los valores de la pretensión crecen en forma proporcional a la fuerza ejercida por la báscula digital observe la tabla (21-2), determinando que la pendiente de la pretensión en función de la fuerza es de 1,009 y el punto de intersección con el eje de las ordenadas es de - 8,315 se representa en el inciso 2.5.1.1.

$$T=1,009F - 8,315$$

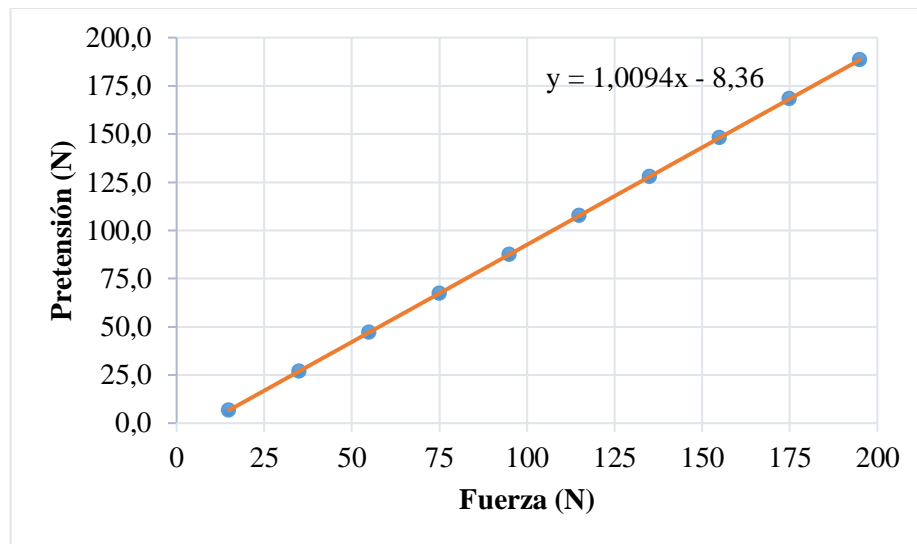


Gráfico 2-3: Variación de la pretensión para una banda A30 en la transmisión 1,3:1.

Realizado por: Uvidia, O 2021

3.1.3 *Pretensión de la banda A32 en la transmisión 1,6:1*

Para la banda trapezoidal A32 acoplada a una transmisión (1,6:1), la ecuación de la pretensión en función de la fuerza es de tendencia lineal ya que los valores de la pretensión crecen en forma proporcional a la fuerza ejercida por la báscula digital observe la tabla (23-2), determinando que la pendiente de la pretensión en función de la fuerza es de 1,02 y el punto de intersección con el eje de las ordenadas es de - 8,32 se representa en el inciso 2.5.1.1.

$$T = 1,02F - 8,32$$

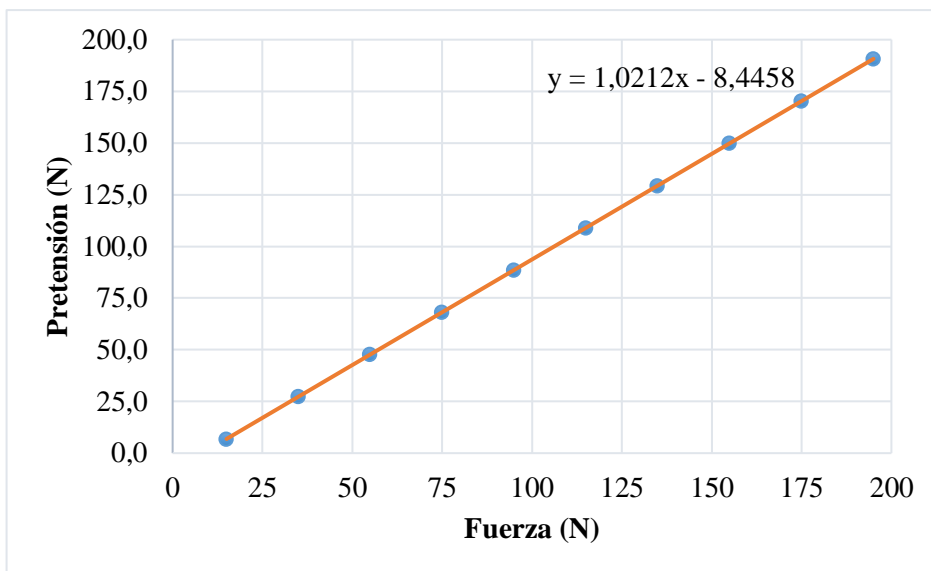


Gráfico 3-3: Variación de la pretensión para una banda A32 en la transmisión 1,6:1.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

3.1.4 Pretensión de la banda A33 en la transmisión 1,3:1

Para la banda trapezoidal A33 acoplada a una transmisión (1,3:1), la ecuación de la pretensión en función de la fuerza es de tendencia lineal ya que los valores de la pretensión crecen en forma proporcional a la fuerza ejercida por la báscula digital observe la tabla (25-2), determinando que la pendiente de la pretensión en función de la fuerza es de 1,008 y el punto de intersección con el eje de las ordenadas es de $-7,35$ se representa en el inciso 2.5.1.1.

$$T = 1,008F - 8,35$$

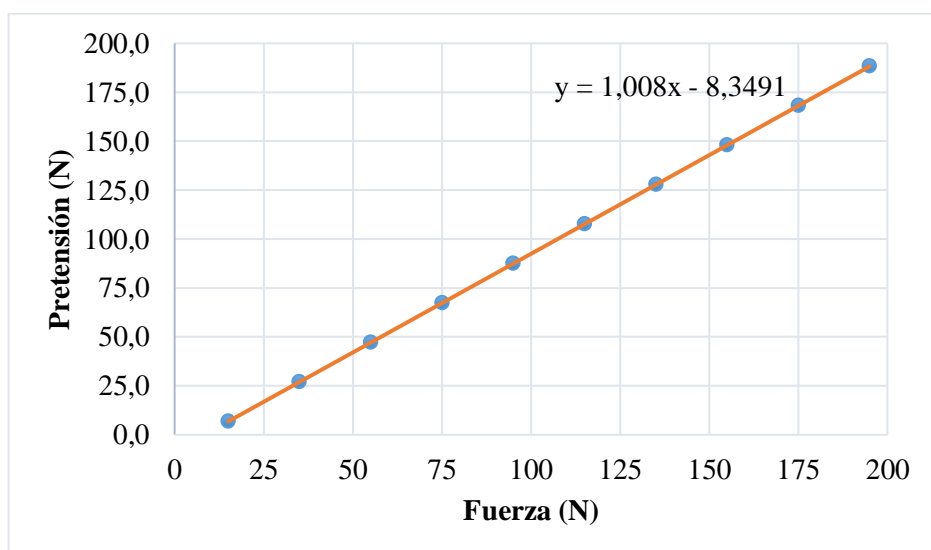


Gráfico 4-3: Variación de la pretensión para una banda A33 en la transmisión 1,3.

Realizado por: Uvidia, O 2021

3.2 Análisis del deslizamiento en los sistemas de transmisión

La variación del deslizamiento en función de la tensión se interpreta y analizar de dos maneras y con valores calculados en el capítulo anterior, la primera; la variación del deslizamiento está representado en los gráficos (5-3), (6-3), (7-3), (8-3) donde cada banda trapezoidal esta acoplada en cada relación de transmisión, y la segunda; la variación del deslizamiento está representado en los gráficos (9-3), (10-3), (11-3) donde en cada tipo de transmisiones se acopla cada una de las bandas trapezoidales.

3.2.1 Deslizamiento de la banda A29 en cada una de las transmisiones

En el siguiente gráfico (5-3) se presenta los valores del deslizamiento en función de la pretensión de la banda trapezoidal A29 acoplada en cada una de las transmisiones (1:1), (1,3:1), y (1,6:1), a partir de los datos de las tablas (28-2), (29-2), (30-2).

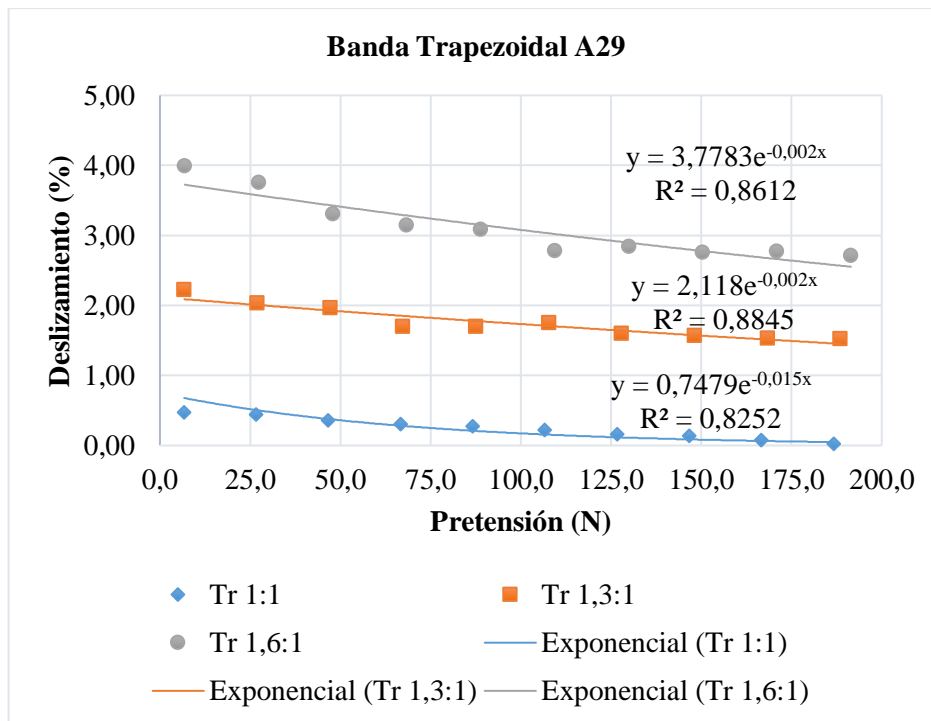


Gráfico 5-3: Deslizamiento la banda A29 en función del pretensado para cada transmisión.

Realizado por: Uvidia, O 2021

Para el sistema de transmisión (1,6:1) con una pretensión mínima de 6,9 N el deslizamiento es 3,99% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 96,0%, pero al llegar a una pretensión

máxima de 191,5 N el deslizamiento es 2,71% y la eficiencia de transmisión del sistema de 97,3% observe la tabla (30-2).

Para el sistema de transmisión (1,3:1) con una pretensión mínima de 6,8 N el deslizamiento es 2,22% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 97,78%, pero al llegar a una pretensión máxima de 188,6 N el deslizamiento es 1,52% y la eficiencia de transmisión del sistema de 98,48% observe la tabla (29-2).

Para el sistema de transmisión (1:1) con una pretensión mínima de 6,7 N el deslizamiento es 0,47% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 53,13%, pero al llegar a una pretensión máxima de 186,7 N el deslizamiento es 0,02% y la eficiencia de transmisión del sistema de 98,09% observe la tabla (28-2).

Por consiguiente, al estar acoplada la banda trapezoidal A29 en cada una de las transmisiones y diferentes pretensiones, se indica que, a mayor relación transmisión de potencia mayor es el deslizamiento que existe entre banda y polea gráfico (5-3), en este caso en la transmisión (1,6:1) el deslizamiento es mayor con diferencia a las otras transmisiones, pero lo que se relaciona entre las transmisiones es que el deslizamiento tiende a disminuir a medida que se aumenta la pretensión y la eficiencia de transmisión aumenta, creando transmisiones más eficientes.

3.2.2 *El deslizamiento de la banda A30 en cada una de las transmisiones*

Se realiza la gráfica de tendencia (6-3) con los datos de las tablas (31-2), (32-2), (33-2) para evaluar los valores del deslizamiento en función de la pretensión de la banda trapezoidal A30 acoplada en cada una de las transmisiones (1:1), (1,3:1), y (1,6:1).

Para el sistema de transmisión (1,6:1) con una pretensión mínima de 6,9 N el deslizamiento es 4,00% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 96,00%, pero al llegar a una pretensión máxima de 191,1 N el deslizamiento es 2,80% y la eficiencia de transmisión del sistema de 97,20% observe la tabla (33-2).

Para el sistema de transmisión (1,3:1) con una pretensión mínima de 6,8 N el deslizamiento es 2,35% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 97,65%, pero al llegar a una pretensión máxima de 188,5 N el deslizamiento es 1,62% y la eficiencia de transmisión del sistema de 98,38% observe la tabla (32-2).

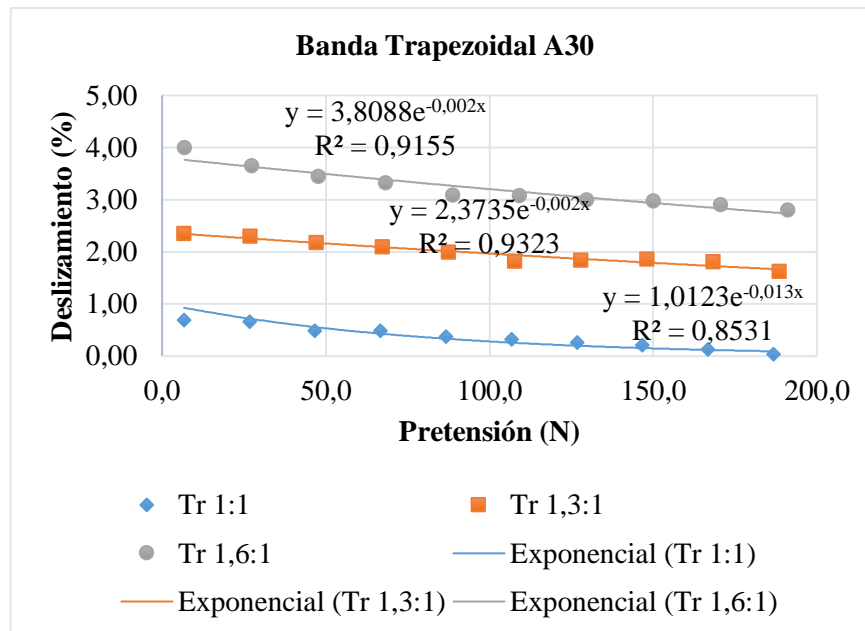


Gráfico 6-3: Deslizamiento la banda A30 en función del pretensado para cada transmisión

Realizado por: Uvidia, O 2021

Para el sistema de transmisión (1:1) con una pretensión mínima de 6,7 N el deslizamiento es 0,69% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 30,78%, pero al llegar a una pretensión máxima de 186,7 N el deslizamiento es 0,04% y la eficiencia de transmisión del sistema de 95,51% observe la tabla (31-2).

Como resultado de la gráfica (6-3) se observa de una forma muy evidente que el deslizamiento tiende a disminuir a medida que se aumenta la pretensión y como resultado la eficiencia de transmisión aumenta, esto para todas las relaciones de transmisión de potencia montadas con la banda trapezoidal A30, también se puede evaluar que cuando mayor es la relación de transmisión de potencia mayor es el deslizamiento que existe entre banda y polea, en este caso, en la transmisión (1,6:1) el deslizamiento es mayor con diferencia a las otras transmisiones.

3.2.3 Deslizamiento de la banda A32 en cada una de las transmisiones

En la siguiente gráfica (7-3) se puede apreciar los valores del deslizamiento en función de la pretensión de la banda A32 acoplada en cada una de las transmisiones (1:1), (1,3:1), y (1,6:1), a partir de los datos de las tablas (34-2), (35-2), (36-2).

Para el sistema de transmisión (1,6:1) con una tensión mínima de 6,9 N el deslizamiento es 4,46% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 95,54%, pero al llegar a una pretensión máxima

3.2.4 Deslizamiento de la banda A33 en cada una de las transmisiones

En la siguiente gráfica (8-3) se representa los valores del deslizamiento en función de la pretensión de la banda trapezoidal A33 acoplada en cada una de las transmisiones (1:1), (1,3:1), y (1,6:1), a partir de los datos de las tablas (37-2), (38-2), (39-2).

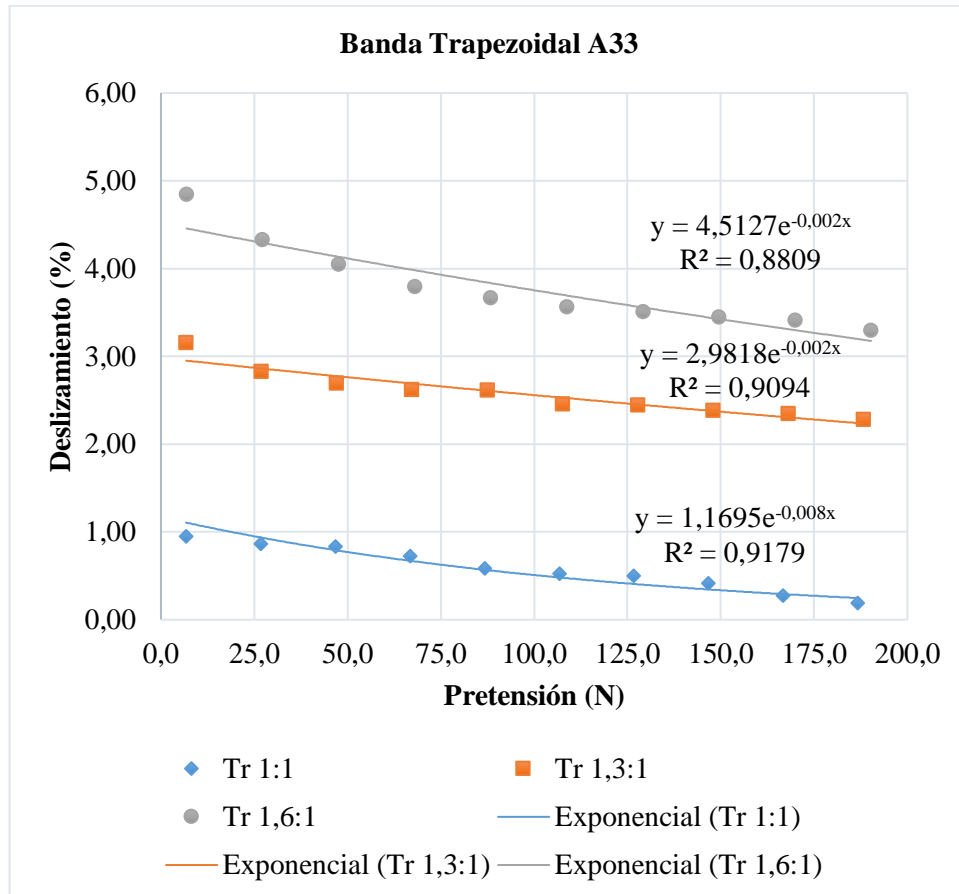


Gráfico 8-3: Deslizamiento la banda A33 en función del pretensado para cada transmisión.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

Para el sistema de transmisión (1,6:1) con una pretensión mínima de 6,8 N el deslizamiento es 4,84% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 95,16%, pero al llegar a una pretensión máxima de 190,3 N el deslizamiento es de 3,29% y la eficiencia de transmisión del sistema de 96,71% observe la tabla (39-2).

Para el sistema de transmisión (1,3:1) con una pretensión mínima de 6,8 N el deslizamiento es 3,15% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 96,85%, pero al llegar a una pretensión máxima de 188,2 N el deslizamiento es 2,28% y la eficiencia de transmisión del sistema de 97,72% observe la tabla (38-2).

Para el sistema de transmisión (1:1) con una pretensión mínima de 6,7 N el deslizamiento es 0,94% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 5,59%, pero al llegar a una pretensión máxima de 186,7 N el deslizamiento es 0,19% y la eficiencia de transmisión del sistema de 81,46% observe la tabla (37-2).

De la gráfica (8-3) se indica que la trayectoria del deslizamiento que se produce en cada relación de transmisión de potencia tiende a disminuir a medida que se aumenta la pretensión como resultado la eficiencia de transmisión aumenta, pero para la transmisión (1,6:1) el deslizamiento producido es mayor con diferencia a las otras transmisiones (1,3:1) y (1:1).

3.2.5 Deslizamiento de cada banda trapezoidal en la transmisión 1:1

En la siguiente gráfica (9-3) se indica los valores del deslizamiento en función de la pretensión de cada una de las bandas trapezoidales acopladas a una transmisión (1:1), a partir de los datos de las tablas (28-2), (31-2), (34-29), (37-2).

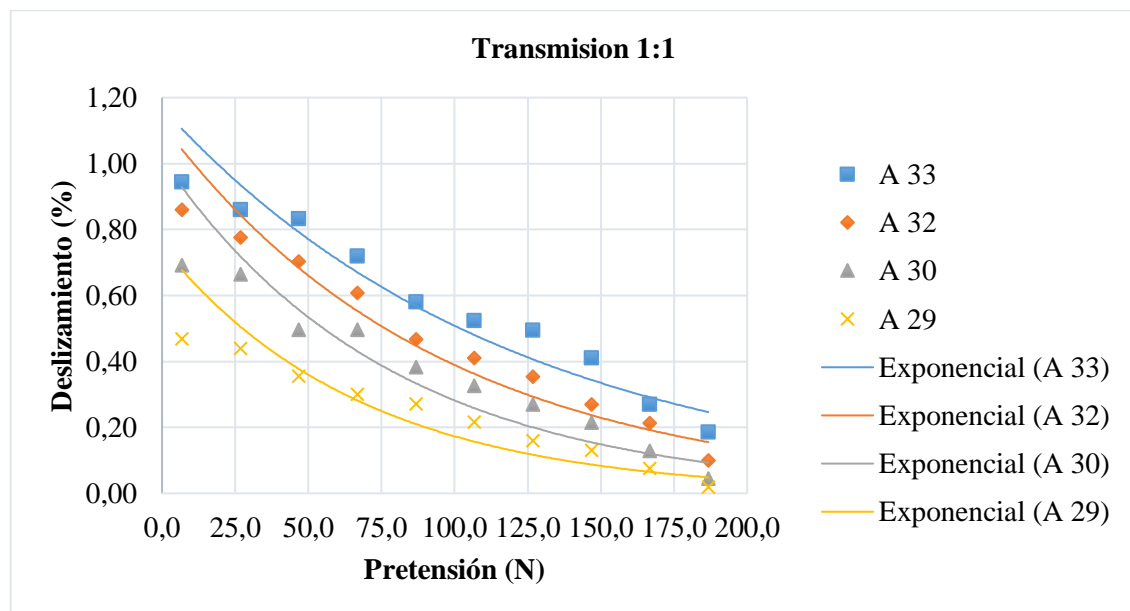


Gráfico 9-3: Deslizamiento de cada banda trapezoidal en la transmisión 1:1.

Realizado por: Uvidia, O 2021

Para la banda trapezoidal A33 acoplada a una transmisión (1:1) al aplicar una pretensión mínima de 6,7 N el deslizamiento es 0,94% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 5,59%, pero al aplicar una pretensión máxima de 186,7 N el deslizamiento es 0,19% y la eficiencia de transmisión del sistema de 81,46% observe la tabla (37-2).

Para la banda trapezoidal A32 acoplada a la transmisión (1:1) al aplicar una pretensión mínima de 6,7 N el deslizamiento es 0,86% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 13,97%, pero al aplicar una pretensión máxima de 186,7 N el deslizamiento es 0,10% y la eficiencia de transmisión del sistema de 89,96% observe la tabla (34-2).

Para la banda trapezoidal A30 acoplada a la transmisión (1:1) al aplicar una pretensión mínima de 6,7 N el deslizamiento es 0,69% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 30,38%, pero al aplicar una pretensión máxima de 186,7 N el deslizamiento es 0,04% y la eficiencia de transmisión del sistema de 95,51% observe la tabla (31-2).

Para la banda trapezoidal A29 acoplada a la transmisión (1:1) al aplicar una pretensión mínima de 6,7 N el deslizamiento es 0,49% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión 53,13%, pero al aplicar una pretensión máxima de 186,7 N el deslizamiento es 0,02 % y la eficiencia de transmisión del sistema de 98,09% observe la tabla (28-2).

Mediante la gráfica (9-3) se establece que a mayor longitud de banda trapezoidal mayor es el deslizamiento que existe en la transmisión (1:1), como resultado el deslizamiento es mayor en la banda A33 y menor en la banda A29, también se evalúa que la variación del deslizamiento en todas las bandas disminuye a medida que la pretensión aumenta, por lo que se indica que el deslizamiento depende directamente de la pretensión que se le aplica a la banda trapezoidal.

3.2.6 Deslizamiento de cada banda trapezoidal en la transmisión 1,3:1

Se realiza la gráfica (10-3) con los datos de las tablas (29-2), (32-2), (35-2), (38-2) para evaluar los valores del deslizamiento en función de la pretensión de la banda trapezoidal A29, A30, A32, A33 acopladas en la transmisión (1,3:1).

Para la banda trapezoidal A33 acoplada a una transmisión (1,3:1) al aplicar una pretensión mínima de 6,8 N el deslizamiento es 3,15% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 96,85%, pero al aplicar una pretensión máxima de 188,2 N el deslizamiento es 2,28% y la eficiencia de transmisión del sistema de 97,72% observe la tabla (38-2).

Para la banda trapezoidal A32 acoplada a la transmisión (1,3:1) al aplicar una pretensión mínima de 6,8 N el deslizamiento es 2,82% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 97,18%, pero al aplicar una pretensión máxima de 188,3 N el deslizamiento es 2,10% y la eficiencia de transmisión del sistema de 97,90% observe la tabla (35-2).

Para la banda trapezoidal A30 acoplada a la transmisión (1,3:1) al aplicar una pretensión mínima de 6,8 N el deslizamiento es 2,35% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 97,65%, pero al aplicar una pretensión máxima de 188,5 N el deslizamiento es 1,62 y la eficiencia de transmisión del sistema de 98,38% observe la tabla (32-2).

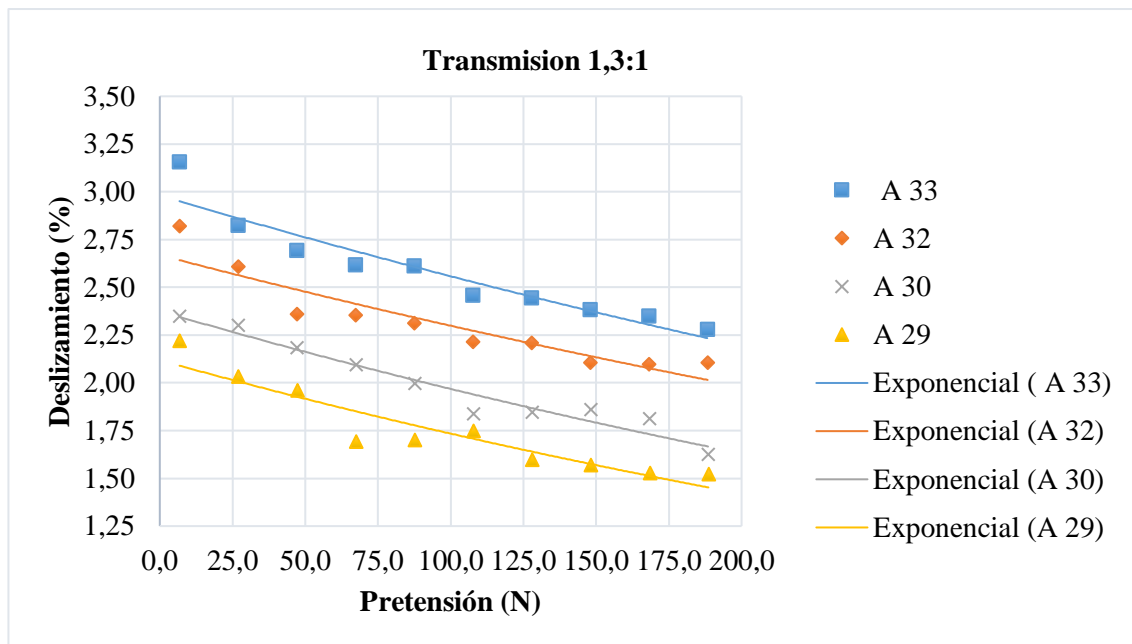


Gráfico 10-3: Deslizamiento de cada banda trapezoidal en la transmisión 1,3:1.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

Para la banda trapezoidal A29 acoplada a la transmisión (1,3:1) al aplicar una pretensión mínima de 6,8 N el deslizamiento es 2,22% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión 97,78%, pero al aplicar una pretensión máxima de 188,6 N el deslizamiento es 1,52% y la eficiencia de transmisión del sistema de 98,48% observe la tabla (29-2).

Como resultado de la gráfica (10-3) se observa de una forma muy evidente que el deslizamiento tiende a disminuir a medida que se aumenta la pretensión y como resultado aumenta la eficiencia de transmisión esto en la relación de transmisión (1,3:1) acoplada con cada una de las bandas A29, A30, A32, y A33, también se puede evaluar que cuando mayor sea la longitud de banda trapezoidal, mayor es el deslizamiento que existe entre banda y polea, en este caso en la banda trapezoidal A33 el deslizamiento es mayor con diferencia a las otras bandas trapezoidales.

3.2.7 Deslizamiento de cada banda trapezoidal en la transmisión 1,6:1

En la siguiente gráfica (11-3) se puede apreciar los valores del deslizamiento en función de la tensión de cada una de las bandas trapezoidales acopladas en la transmisión 1,6:1, a partir de los datos de las tablas (30-2), (33-2), (36-2), (39-2).

Para la banda trapezoidal A33 acoplada a una transmisión (1,6:1) al aplicarle una pretensión mínima de 6,8 N el deslizamiento es 4,84% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 95,16%, pero al aplicar una tensión máxima de 190,3 N el deslizamiento es 3,29% y la eficiencia de transmisión del sistema de 96,71% observe la tabla (39-2).

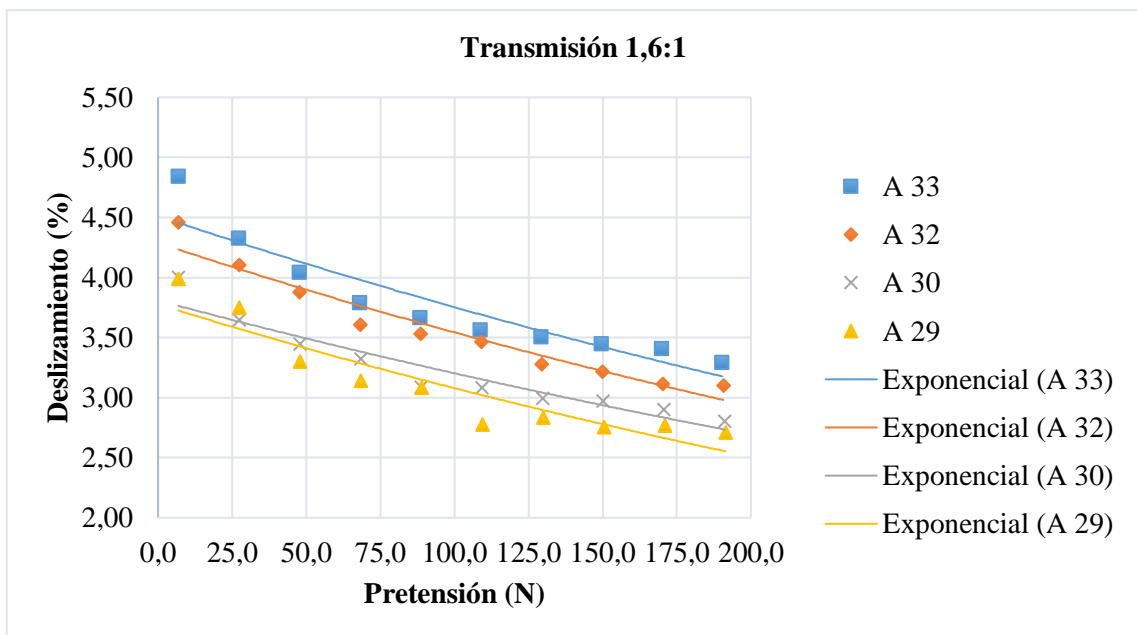


Gráfico 11-3: Deslizamiento de cada banda trapezoidal en la transmisión 1,6:1.

Realizado: Uvidia, O 2021

Para la banda trapezoidal A32 acoplada a la transmisión (1,6:1) al aplicarle una pretensión mínima de 6,9 N el deslizamiento es 4,46% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 95,54%, pero al aplicar una pretensión máxima de 190,7 N el deslizamiento es 3,10% y la eficiencia de transmisión del sistema de 96,73% observe la tabla (36-2).

Para la banda trapezoidal A30 acoplada a la transmisión (1,6:1) al aplicarle una pretensión mínima de 6,9 N el deslizamiento es 4,00% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión de 96,01%, pero al aplicarla una pretensión máxima de 191,1 N el deslizamiento es 2,80 y la eficiencia de transmisión del sistema de 97,20% observe la tabla (33-2).

Para la banda trapezoidal A29 acoplada a la transmisión (1,6:1) al aplicarle una pretensión mínima de 6,9 N el deslizamiento es 3,99% y el sistema tiene una eficiencia de transmisión 96,00%, pero al aplicarla una pretensión máxima de 191,5 N el deslizamiento es 2,71% y la eficiencia de transmisión del sistema de 97,3% observe la tabla (30-2).

Se puede establecer que al estar acoplada cada banda en la relación transmisión (1,6:1) se determina que a mayor longitud de banda trapezoidal mayor es el deslizamiento que existe en la transmisión, como resultado el deslizamiento es mayor en la banda A33 y menor en la banda A29, pero lo que se relaciona para cada una de las bandas es que el deslizamiento disminuye a medida que la tensión aumente, también se puede indicar que el deslizamiento depende directamente de la tensión que se le aplica a la banda trapezoidal.

3.3 La Frecuencia natural en los sistemas de transmisión de potencia

Para la frecuencia natural de las bandas trapezoidales acopladas en cada transmisión se realiza de dos maneras, como la frecuencia natural calculada con parámetros determinados de cada sistema de transmisión de potencia y como la frecuencia natural medida mediante el equipo Vibracheck 200 ABG y programa Maintraq Viewer. Las dos frecuencias naturales calculadas se analizan para la banda A29 en la relación de transmisión 1:1.

3.3.1 *Análisis de la frecuencia natural de la banda A29*

Para el análisis se representa los valores de la frecuencia natural en función de la tensión para la banda trapezoidal A29 acoplada en la transmisión (1:1) a partir de los datos de las tablas (7-3) y (19-3) que se encuentra en anexos.

En la gráfica (12-3) se representa la variación de la frecuencia natural en función de la pretensión a la banda trapezoidal A29, en donde la frecuencia natural calculada y la frecuencia natural medida se encuentran correlacionados de forma que describen una trayectoria de tendencia lineal y en donde ambas frecuencias naturales aumentan directamente de forma proporcional a medida que aumenta el pretensado a la banda trapezoidal.

En las siguientes figuras (1-3 y 2-3) se representa las formas de ondas por el espectro de velocidad que se desarrolla al momento de rasgar la banda trapezoidal A29 (frecuencia natural) a una pretensión de 6,7 N y 186,7 N.

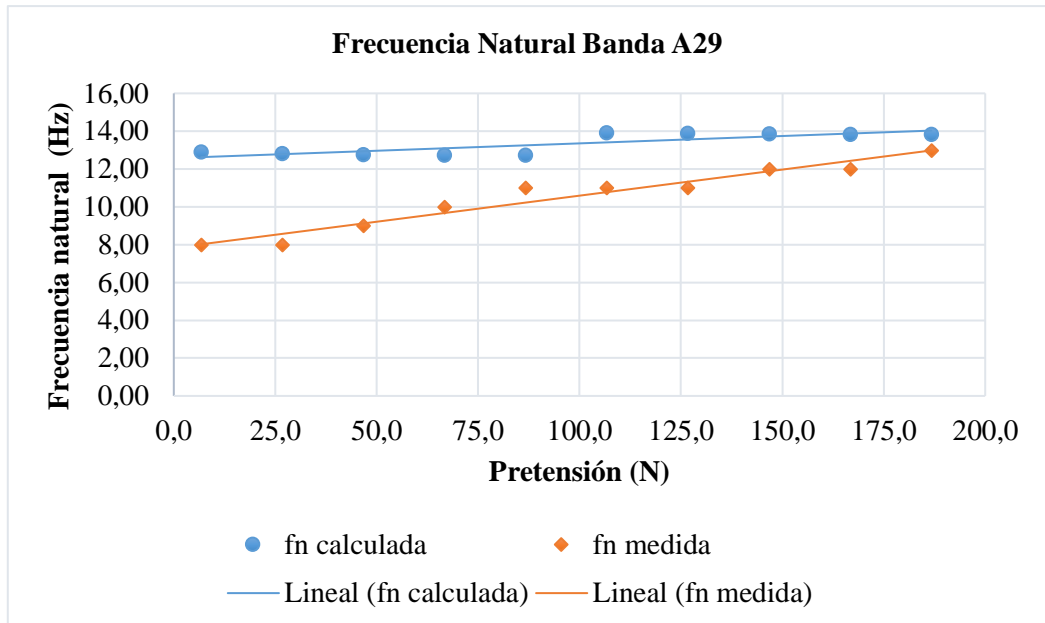


Gráfico 12-3: Frecuencia natural de banda A29 en la transmisión 1:1.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

Donde se determina que la forma de onda con una pretensión de 6,7 N alcanza una $V_{max} = 2,55$ m/s y $V_{min} = -2,45$ m/s y la forma de onda con una pretensión de 186,7 N alcanza una $V_{max} = 4$ m/s y $V_{min} = -3,75$ m/s, al respecto conviene decir que la frecuencia natural de la banda A29 acoplada a una transmisión 1:1 tiende a ser más elevada en la parte más tensada y más baja en la parte menos tensa.

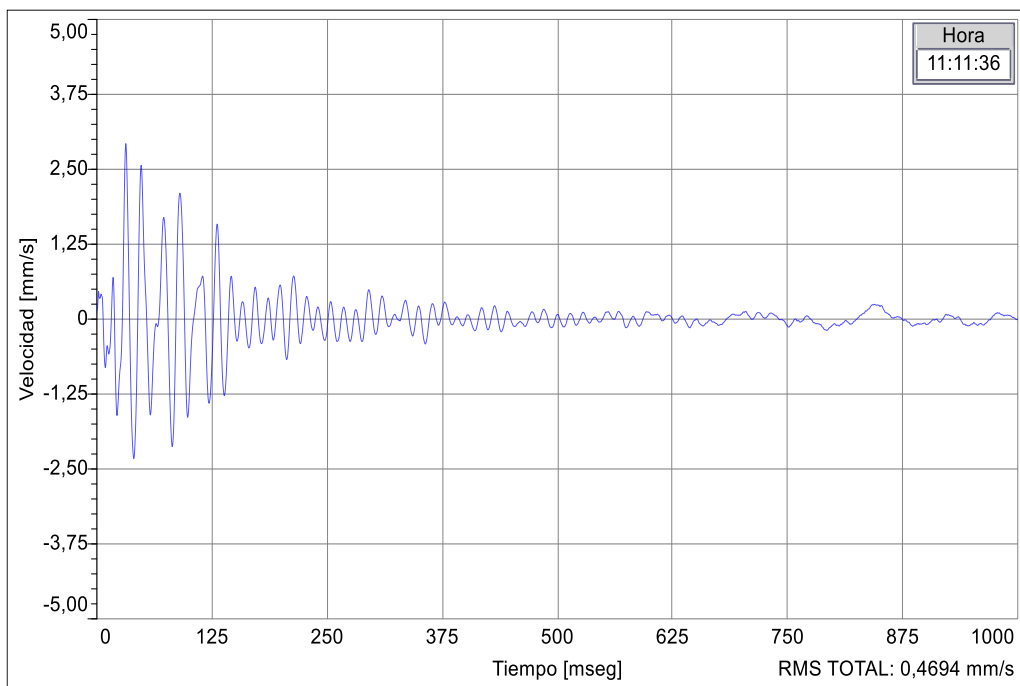


Figura 1-3: Forma de onda de la banda A29 con una pretensión de 6,7 N.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

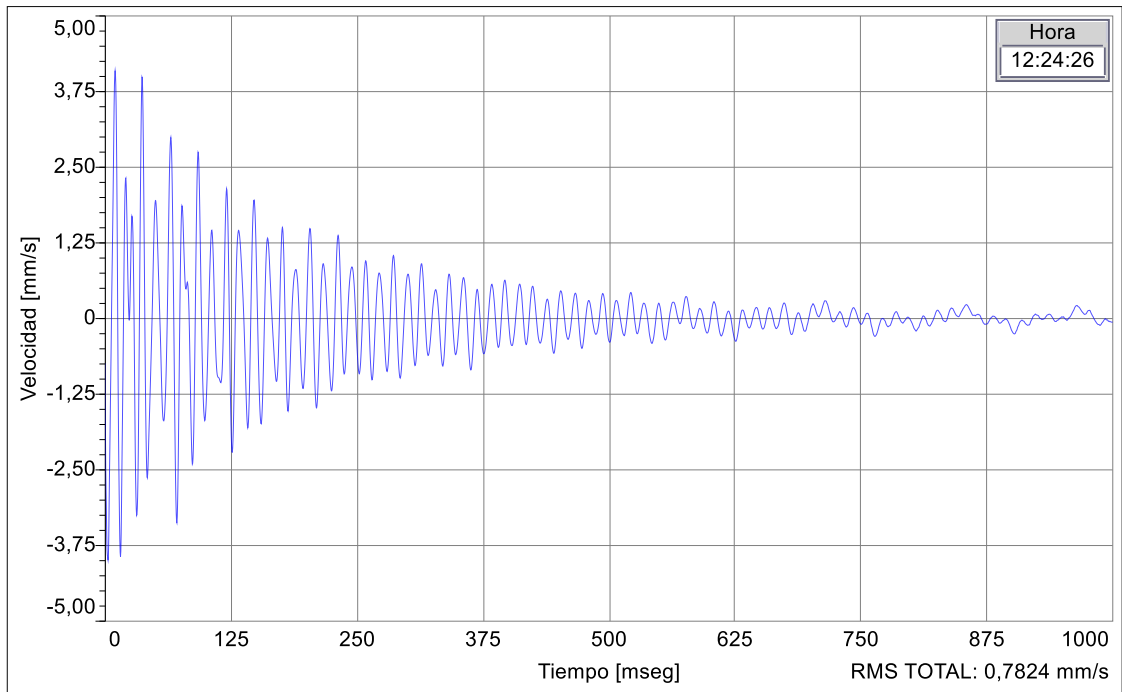


Figura 2-3: Forma de onda de la banda A29 con una pretensión de 186,7 N.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

3.3.2 *Análisis de la frecuencia natural para las bandas A30, A32 y A33*

El análisis de la frecuencia natural calculada y medida de la banda A29 es similar para las bandas trapecoidales A30, A32 y A33 en las relaciones de transmisión (1:1), (1,3:1) y (1,6:1) donde los gráficos elaborados a partir de las tablas calculadas se encuentran en los anexos I, J, K, además se observa que en todas las bandas la frecuencia natural calculada es mayor que la frecuencia natural medida y ambas frecuencias aumentan directamente de forma proporcional a medida que aumenta el pretensado a la banda trapecoidal.

3.4 **Demostración de hipótesis**

Para la validación se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis alternativa: El deslizamiento y la frecuencia natural de la banda varían en función del pretensado.

Hipótesis nula: El deslizamiento y la frecuencia natural de la banda no varían en función del pretensado.

Para validar la hipótesis se ejecuta la demostración de las variables dependientes planteadas además se determina el valor crítico del coeficiente de correlación (r) de Pearson de 0,765 para

10 ítems con un nivel de significancia del 0,01 representado en la siguiente tabla (31-3). (TRIOLA F., 2009)

3.4.1 Demostración del deslizamiento

Para demostrar que el deslizamiento varía en función del pretensado se obtiene la ecuación matemática que parte de las siguientes condiciones:

Condición 1: El deslizamiento (Dz) es un índice cuyo valor oscila entre 0 y 1, en el cual, a medida que la pretensión (T) aumenta, el deslizamiento disminuye con una tendencia hacia cero sin que pueda alcanzar valores negativos, como resultado la pretensión tiende al infinito, y el límite del deslizamiento tiende a cero.

$$\lim_{T \rightarrow \infty} Dz(T) = 0 \quad (39)$$

Condición 2: Si no existiese pretensado (T=0) no se origina transferencia de potencia entre la polea motriz y conducida, por lo que está no tendrá ningún movimiento. En esta condición el deslizamiento adquiere su máximo valor de (1), lo que significa que la banda se desliza totalmente sobre la polea conducida sin transmitir movimiento.

$$Dz(T = 0) = 1 \quad (40)$$

Las dos condiciones son cumplidas perfectamente por el siguiente modelo exponencial inverso, de los cuales por su flexibilidad se optó por la distribución de tipo:

$$Dz = e^{-(\alpha T)^\beta} \quad (41)$$

Donde β y α son parámetros del modelo de escala y de forma respectivamente. Aplicando logaritmos a la ecuación (41) se asemeja a una función lineal.

$$\ln\left(\ln\frac{1}{Dz}\right) = \beta * \ln(T) + \beta * \ln(\alpha) \quad (42)$$

Mediante los valores de la pretensión y deslizamiento de la banda A32 acoplada a una transmisión (1,6:1) tabla (36-2), se determinan los valores para la función lineal mediante la ecuación (42), donde se generan datos que se grafica en la gráfica (13-3) y se ajustan a una línea recta.

Tabla 1-3: Valores para determinar la función lineal.

Ítems	Pretensión [N]	Deslizamiento [%]	X [N]	Y [%]	X * Y	X ²	Y ²
			ln(T)	$\ln\left(\left(\ln\frac{1}{Dz}\right)\right)$			
1	6,9	0,0446	1,9255	1,1345	2,1845	3,7076	1,2871
2	27,3	0,0410	3,3067	1,1611	3,8395	10,9342	1,3482
3	47,7	0,0388	3,8655	1,1788	4,5565	14,9420	1,3895
4	68,2	0,0361	4,2218	1,2006	5,0687	17,8234	1,4414
5	88,6	0,0353	4,4839	1,2071	5,4124	20,1052	1,4570
6	109,0	0,0347	4,6914	1,2126	5,6889	22,0090	1,4705
7	129,4	0,0328	4,8631	1,2289	5,9764	23,6499	1,5103
8	149,8	0,0322	5,0096	1,2344	6,1838	25,0963	1,5237
9	170,3	0,0311	5,1374	1,2440	6,3908	26,3926	1,5475
10	190,7	0,0310	5,2506	1,2450	6,5369	27,5690	1,5499
Sumatoria			42,7555	12,0470	51,8383	192,2293	14,5252

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Además, mediante el cálculo del coeficiente de correlación (r) de Pearson ecuación (43) y mediante el método de los mínimos cuadrados ecuación (44,45) se comprueba si la ecuación (42) es una medida de dependencia lineal, tabla (1-3).

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (43)$$

La $(\sum x)^2$ y $(\sum y)^2$ calculados en la tabla (1-3).

$$(\sum x)^2 = 1828,03$$

$$(\sum y)^2 = 145,13$$

$$r = \frac{10(51,8383) - (42,7555)(12,0470)}{\sqrt{10(192,2293) - (1828,03)} \sqrt{10(14,5252) - (145,13)}}$$

$$r = 0,97529$$

$$r^2 = 0,9512$$

$$a = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (44)$$

$$a = \frac{10(51,8383) - (42,7555)(12,0470)}{10(192,2293) - 1828,03}$$

$$a = 0,0351$$

$$b = \frac{\sum y - a \sum x}{n} \quad (45)$$

$$b = \frac{12,0470 - 0,0351(42,7555)}{10}$$

$$b = 1,0546$$

$$y = 0,0351x + 1,0546$$

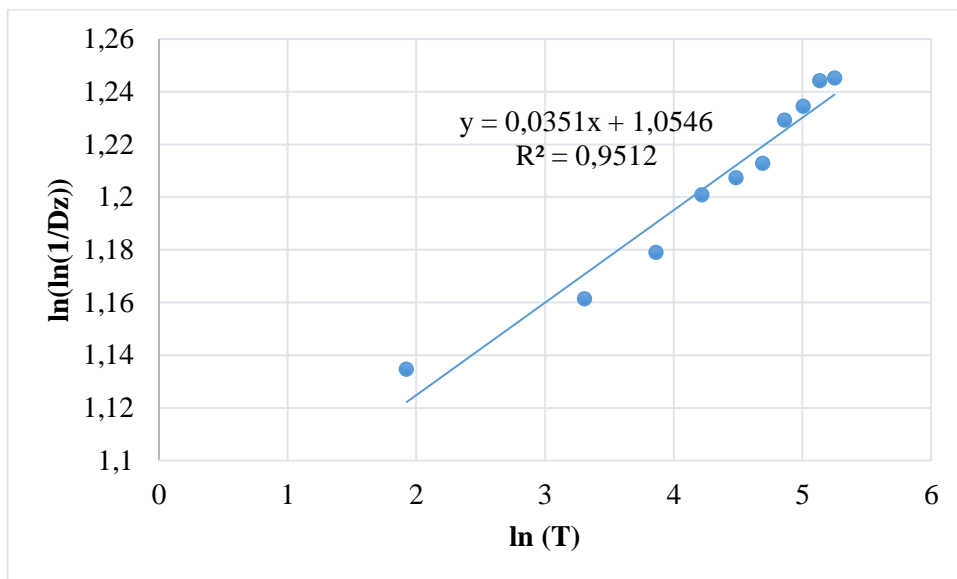


Gráfico 13-3: Linealización de la curva del deslizamiento en función del pretensado.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

Mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson y de acuerdo con la ecuación (42) y con los parámetros de linealización indicados en la tabla (2-3), el modelo matemático ecuación (41) corresponde al cálculo del deslizamiento (Dz) en función del pretensado (T) para la banda trapezoidal A32 en la transmisión (1,6:1).

Tabla 2-3: Parámetros de linealización de la ecuación del deslizamiento.

Banda trapezoidal	Transmisión	Pendiente	Intersección	α	β
A32	1,6:1	0,0351	1,0546	$1,118E^{+13}$	0,0351

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

$$Dz = e^{-(\alpha T)^\beta}$$

$$Dz = e^{-(1,118E^{+13}T)^{0,0351}} \quad (46)$$

Para la validación del ajuste de la ecuación (46) experimental, se observan los coeficientes de correlación (r) de Pearson para cada banda trapezoidal acoplada a cada transmisión tabla (3-3), donde los valores de (r) determinados son mayores a 0,765 para un conjunto de diez datos y un nivel de significancia del 1%, entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que sostiene que el deslizamiento de la banda varían en función del pretensado, donde queda demostrado y validada la hipótesis del proyecto de investigación.

Al despejar el pretensado (T) de la ecuación (46) se obtiene el modelo matemático que determina la pretensión de la banda en función del deslizamiento para una banda A32 acoplada en la transmisión (1,6:1). Para las demás bandas trapezoidales montadas en cada transmisión se efectúa el mismo procedimiento que se realiza para la banda A32, las demás ecuaciones del pretensado (T) de las bandas se expresan en la tabla (3-3).

$$\ln(Dz) = \ln\left(e^{- (1,118E^{+13}T)^{0,0351}}\right)$$

$$\ln(Dz) = - (1,118E^{+13}T)^{0,0351}$$

$$\sqrt[0,0351]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)} = \sqrt[0,0351]{(1,118E^{+13}T)^{0,0351}}$$

$$T = \frac{\sqrt[0,0351]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}}{1,118 E^{+13}}$$

$$T = 8,9406E^{-14} * \sqrt[0,0351]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$$

Tabla 3-3: Ecuación empírica de la pretensión en función del deslizamiento.

Tipo de banda	Tipo de transmisión	Ecuación	Coefficiente de correlación (r) de Pearson
A29	1:1	$T = 7,37149E^{+19} * \sqrt[0,0383]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9345
	1,3:1	$T = 6,496E^{-19} * \sqrt[0,0303]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9565
	1,6:1	$T = 3,81E^{-13} * \sqrt[0,0379]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9685
A30	1:1	$T = 2,02438E^{12} * \sqrt[0,0678]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9564

	1,3:1	$T = 3,4608E^{-21} * \sqrt[0,0019]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9006
	1,6:1	$T = 8,7533E^{-16} * \sqrt[0,0317]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9825
A32	1:1	$T = 7,99902E^8 * \sqrt[0,1034]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9724
	1,3:1	$T = 9,7755E^{-22} * \sqrt[0,0252]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9829
	1,6:1	$T = 8,9406E^{-14} * \sqrt[0,0351]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9752
A33	1:1	$T = 2,6141E^{+7} * \sqrt[0,1354]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9759
	1,3:1	$T = 1,8144E^{-20} * \sqrt[0,0261]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9862
	1,6:1	$T = 5,3886E^{-13} * \sqrt[0,0365]{\ln\left(\frac{1}{Dz}\right)}$	0,9933

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Como comprobación se selecciona una de las ecuaciones de la tabla (3-3), donde se comparan la pretensión de la banda que se establece para determinar el deslizamiento con el modelo de ecuación validado para hallar la pretensión (T), para la banda A32 con una relación de transmisión (1,3:1) se representa en la siguiente tabla (4-3).

Tabla 4-3: Comparación de pretensiones.

Pretensión de la banda [N]	Deslizamiento [%]	Pretensión mediante la ecuación [N]
6,8	0,0282	8,18
27,0	0,0261	19,43
47,1	0,0236	57,05
67,3	0,0235	58,76
87,5	0,0231	70,98
107,6	0,0221	110,54
127,8	0,0221	114,58
148,0	0,0210	187,42
168,2	0,0210	194,49
188,3	0,0210	187,42

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

De la tabla (4-3) se comparan los valores de la pretensión de la banda con los valores de la pretensión mediante la ecuación y se determina que reemplazando el valor del deslizamiento en el modelo de ecuación que se valida la pretensión de la banda es directamente proporcional al deslizamiento.

Además, en las figuras del deslizamiento en función del pretensado del capítulo III se determina que a mayor longitud de banda y a mayor relación de transmisión el deslizamiento es elevado, pero el deslizamiento disminuye a medida que la pretensión aumenta.

3.4.2 Demostración de la frecuencia natural de la banda

Con los valores de la frecuencia natural medida en función del pretensado de las bandas acopladas en cada transmisión representados en los anexos A, B, C, D se calcula el coeficiente de correlación (r) de Pearson y con dicho valor se evalúa la hipótesis planteada.

Se determina el coeficiente de correlación (r) de Pearson mediante la ecuación (43) y mediante el método de los mínimos cuadrados se determina los parámetros de la pendiente e intersección de la recta empleando las ecuaciones (44, 45), con valores de la frecuencia natural medida y la pretensión de banda A29 acoplada en la transmisión (1;3:1).

Tabla 5-3: Valores para determinar (r) de la frecuencia natural medida.

Ítems	X	Y	X*Y	X ²	Y ²
	Pretensión de la banda [N]	Frecuencia Natural medida [Hz]			
1	6,8	8	54,25	45,99	64
2	27,0	10	269,88	728,37	100
3	47,2	10	471,93	2227,20	100
4	67,4	11	741,36	4542,27	121
5	87,6	11	963,57	7673,35	121
6	107,8	12	1293,62	11621,28	144
7	128,0	12	1536,04	16384,89	144
8	148,2	12	1778,46	21964,82	144
9	168,4	12	2020,89	28361,06	144
10	188,6	14	2640,49	35572,43	196
Sumatoria	976,98	112,0	11770,5	129121,7	1278

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

La $(\sum x)^2$ y $(\sum y)^2$ calculados en la tabla (5-3).

$$(\sum x)^2 = 954493,17$$

$$(\sum y)^2 = 12544$$

$$r = \frac{10(11770,5) - (976,98)(112,0)}{\sqrt{10(129121,7) - (954493,17)} \sqrt{10(1278) - (12544)}}$$

$$r = 0,92918$$

$$r^2 = 0,8634$$

$$a = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{10(11770,5) - (976,98)(112,0)}{10(129121,7) - 954493,17}$$

$$a = 0,0246$$

$$b = \frac{\sum y - a \sum x}{n}$$

$$b = \frac{122,0 - 0,0246(976,98)}{10}$$

$$b = 8,7967$$

$$y = 0,0246x + 8,797 \quad (47)$$

En la siguiente gráfica (14-3) se observa los datos graficados de la frecuencia natural media en función de la pretensión de la banda A29, mismos que se ajustan a una línea recta con un coeficiente de correlación (r) de Pearson 0,92918, cabe indicar que el valor de (r) y los valores de la pendiente e intersección de la ecuación de la recta son iguales a los calculados.

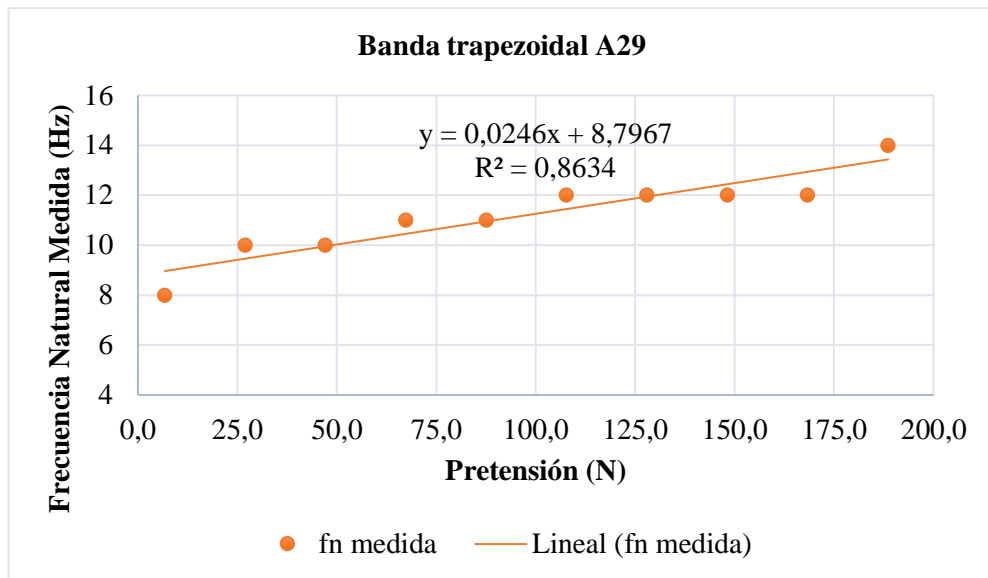


Gráfico 14-3: Frecuencia natural medida de la banda trapezoidal A29.

Realizado por: Uvidia, O. 2021

Mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson y los parámetros de la pendiente e intersección de la recta representados en la ecuación (47), corresponden al cálculo de la frecuencia natural medida en función del pretensado para la banda trapezoidal A29 en la transmisión (1,3:1).

Para la validación del ajuste de la ecuación (47), se observan los coeficientes de correlación (r) de Pearson de cada banda trapezoidal acoplada a cada transmisión tabla (6-3), donde los valores de (r) determinados son mayores a 0,765 para un conjunto de diez datos y un nivel de significancia del 1%, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que sostiene que la frecuencia natural de la banda varían en función del pretensado, donde queda demostrado y validada la hipótesis del proyecto de investigación.

Al despejar la variable (X) como pretensión y (Y) como la frecuencia natural medida en la ecuación (47) se obtiene el modelo matemático que determina la pretensión de la banda en función de la frecuencia natural medida para una banda A29 en la transmisión (1,3:1).

$$y = 0,0246x + 8,797$$

$$fn = 0,0246(T) + 8,797$$

$$fn - 8,797 = 0,0246(T)$$

$$T = \frac{fn - 8,797}{0,0246}$$

Para determinar los coeficientes de correlación (r) y los parámetros de las pendientes e intersecciones de las rectas en las demás bandas trapezoidales montadas en cada transmisión se efectúa el mismo procedimiento que se realiza para la banda A29 acoplada en la transmisión 1;3:1 tabla (6-3).

Tabla 6-3: Ecuación empírica de la pretensión en función de la frecuencia natural medida.

Tipo de banda	Tipo de transmisión	Ecuación	Coefficiente de correlación (r) de Pearson
A29	1:1	$T = \frac{fn - 7,8331}{0,0276}$	0,97310
	1,3:1	$T = \frac{fn - 8,797}{0,0246}$	0,92918
	1,6:1	$T = \frac{fn - 11,007}{0,0201}$	0,79815
A30	1:1	$T = \frac{fn - 8,1485}{0,0212}$	0,91851
	1,3:1	$T = \frac{fn - 7,4692}{0,03}$	0,9671
	1,6:1	$T = \frac{fn - 11,007}{0,0201}$	0,79814
A32	1:1	$T = \frac{fn - 8,0984}{0,0124}$	0,91382
	1,3:1	$T = \frac{fn - 7,976}{0,033}$	0,91705
	1,6:1	$T = \frac{fn - 9,3377}{0,0249}$	0,95186
A33	1:1	$T = \frac{fn - 7,464}{0,0148}$	0,90416
	1,3:1	$T = \frac{fn - 7,5122}{0,0183}$	0,96533
	1,6:1	$T = \frac{fn - 8,062}{0,0095}$	0,8807

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

CONCLUSIONES

Se implemento el módulo de pruebas utilizando el software INVENTOR PROFESSIONAL para el diseño y montaje del motor eléctrico, alternador y balanza digital, el módulo de pruebas brinda las facilidades para realizar la toma y recolección de datos para el estudio del deslizamiento y la frecuencia natural en cada una de las bandas trapecoidales A29, A30, A32 y A33 acopladas con cada relación de transmisión (1:1), (1,3:1) y (1,6:1).

Se observo la variación del deslizamiento de las bandas trapecoidales acopladas a cada relación de transmisión en donde a mayor longitud de banda y a mayor relación de transmisión el deslizamiento es elevado, pero el deslizamiento tiende a disminuir a medida que la pretensión aumenta de forma potencial inversa.

El deslizamiento en todos los sistemas de transmisión de potencia por bandas y poleas, se ajustan al modelo matemático exponencial ecuación (41) por lo que es confiable utilizar las ecuaciones de la tabla (3-3) para determinar el pretensado de las bandas a partir de la medición directa del deslizamiento sin la necesidad de apagar la máquina.

Las variaciones de la frecuencia natural calculada con los parámetros de la ecuación (35) y la frecuencia natural medida mediante el equipo Vibracheck 200 ABG y programa MAINTraQ Viewer indican que aumentan directamente de forma proporcional a medida que se aumenta la pretensión a la banda trapecoidal.

La frecuencia natural medida en los sistemas de transmisión de potencia por bandas y poleas, se ajustan al modelo matemático ecuación (47) por lo que es confiable utilizar las ecuaciones de la tabla (6-3) para determinar el pretensado de las bandas a partir de la medición de la frecuencia natural de las bandas.

Mediante las demostraciones de las variables dependientes planteadas se calcularon los modelos matemáticos que determinan la aceptación de la hipótesis alternativa que sostiene que el deslizamiento y la frecuencia natural de la banda varían en función del pretensado.

RECOMENDACIONES

Al sector industrial que utiliza sistema de transmisión de potencia con bandas trapezoidales, en sus planes de mantenimiento deben planificar y programar tareas que determinen la pretensión de las bandas trapezoidales en función del deslizamiento y la frecuencia natural medida de la banda.

La manipulación del módulo debe ser realizada con cuidado para evitar daños en los elementos, terminado el estudio del deslizamiento y frecuencia natural de las bandas se recomienda almacenar el módulo en un lugar limpio y seco, libre de polvo y agentes corrosivos.

Previo al ensayo se recomienda verificar visualmente que las correas trapezoidales A29, A30, A32 y A33 estén en buen estado, se debe verificar que la conexión del alternador no excite al rotor con más de 6 voltios de corriente continua debido a que el alternador es el encargado de que el motor eléctrico funcione a plena carga.

Para la recolección y toma de datos en el banco de pruebas verificar que el motor eléctrico monofásico funcione al 80% de su carga nominal.

BIBLIOGRAFÍA

A-MAQ. S.A. ANÁLISIS DE MÁQUINARIA. [En línea] Bogotá-Colombia 2005 10 de Junio de 2005, [Consulta el: 10 de Junio de 2021.]. Disponible en: http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

ÁLAREZ HERNÁNDEZ, JONATAN. *Análisis de Vibraciones en Sistemas Auxiliares de Centrales Térmicas.* San Cristóbal de la Laguna-España: Publucon de Universidad de la Laguna, 2016, pp 20-30.

A-MAQ, S.A. Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico. Bogotá-Colombia 2005 10 de Junio de 2005. [Consulta el: 23 de Agosto de 2021.]. Disponible en: http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

BUDYNAS, RICHARD ;& NISBETT, KEITH. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* Octava. Monterrey-México. MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A, 2008. p. 880.

CACUANGO EUGENIO, LUIS FABIAN. Construcción de un módulo de pruebas para el estudio del tensado óptimo de las correas trapezoidales mediante análisis vibracional y energético, para la Facultad de Mecánica de la ESPOCH. Ingeniería. Trabajo de titulación. ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO. Mecánica. Ingeniería Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2017. Repositorio ESPOCH [En línea] 01 de Noviembre de 2017. [Citado el: 23 de Febrero de 2021.] Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/>.

CHARLOTTE, TECHNICAL ASSOCIATES OF. *Lista Ilustradas de diagnostico de vibraciones.* Primera. Maracaibo-Venezuela. Technical associates of, 2016. p. 21

CORDERO FLORES , PAUL ESTEBAN ;& SANCHEZ SIGUA, MANUEL PAULINO. Diseño y construcción de un banco didáctico para comprobar motores de arranque y alternadores. Trabajo de titulación. Universidad del Azuay. Mecánica Automotriz. 2015. Repositorio Institucional Universidad del Azuay. y. En línea 23 Agosto de 2015. Citado 23 de Marzo de 2021 Disponible en <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4900>.

DUNLOP. *Correas de transmisión industrial* [En línea]. Bella Vista-Argentina. Dunlop Argentina S.A. 2018. [Citado] 19 de abril de 2021. Disponible en <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/03-Catalogodecorreasindustriales.pdf>

GATES, JOHN. *MASTER DE BANDAS INDUSTRIALES TRANSMISIÓN DE POTENCIA.* Vol.2 Colorado-EE. UU : 2018. p.28.

HERNÁNDEZ, EDUARDO. "Estimación empírica del pretensado de una banda trapezoidal mediante el deslizamiento de las poleas" *INGENIUS.* 2019. Riobamba- Chimborazo-Ecuador.[Citado] 23 de abril de 2021. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/html/>

LAZO, SEBASTIAN M. Transmisión de potencia por correas. Trabajo de titulación. Facultad de ingeniería. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO. Mendoza-Argentina. 2016 [En línea] Agosto de 2016. [En línea]. [Citado el: 23 de Febrero de 2021.] Disponible en <https://docplayer.es/45847231-Universidad-nacional-de-cuyo.html>.

WEG, Catálogo. *Motor Eléctrico Monofásico.* Jaraguá do Sul-Brasil. Weg.S.A, 2017. p.6

MYSZKA, DAVID H. *Máquinas y mecanismos.* Cuarta edición. Merida-Mexico: Pearson Educacion, 2012. p.302.

NIETO, CARLOS ;& LOPÉZ, RAFAEL. *Montaje de poleas y correas en "V" y Elemento de Máquinas.* Bogotá-Colombia SENA. 2013 p.53.

OPTIBELT, POWER TRANSMISSION. *Manual técnico para transmisiones por correas trapeziales.* Alemania. Vol. 2. optibelt, 2017. p.202

OZAETA EIDELMAN, ALEJANDRO ;& FLORÉZ GARCÍA LUIS CARLOS. *Diseño y generación de transmisiones de potencia por correa trapezoidal en Solidwors mediante una aplicación en Visual Basic.* Pereira Colombia.Vol. 22. SENA, 2013. p.4

RESTREPO, LUIS ;& GONZÁLEZ, JULIÁN. *De Pearson a Spearman.* Medellin-Colombia. Universidad Antioquia. 2015. [En línea]. [Citado el: 23 de agosto de 2021.] Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023034010.pdf>

TRIOLA F, MARIO. *ESTADÍSTICA.* 10° edición. México. Cámara Nacional de la industria editorial Mexicana , 2009.p. 800.

WHITE, GLEN. *Introducción al Análisis de Vibraciones.* Nueva York. Woburn Press, 2010. p. 86.

ANEXOS

ANEXO A: LA FRECUENCIA NATURAL MEDIDA Y LA VELOCIDAD DE VIBRACIÓN A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A29 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1).

Tabla 7-3: Frecuencia natural medida de la banda A29 en la transmisión 1:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,7	8	0,02212
26,7	8	0,02076
46,7	9	0,02708
66,7	10	0,02391
86,7	11	0,02575
106,7	11	0,01979
126,7	11	0,02278
146,7	12	0,02267
166,7	12	0,1981
186,7	13	0,01519

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 8-3: Frecuencia natural medida de la banda A29 en la transmisión 1,3:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,8	8	0,02743
27,0	10	0,01763
47,2	10	0,01597
67,4	11	0,01900
87,6	11	0,01902
107,8	12	0,01984
128,0	12	0,02365
148,2	12	0,02516
168,4	12	0,01603
188,6	14	0,02437

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 9-3: Frecuencia natural medida de la banda A29 en la transmisión 1,6:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
----------------	-------------------------	-----------------------------------

6,9	9	0,02131
27,4	12	0,02219
47,9	13	0,02858
68,4	13	0,02069
89,0	13	0,02047
109,5	14	0,02033
130,0	14	0,02207
150,5	14	0,0252
171,0	14	0,0235
191,5	14	0,02859

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

ANEXO B: LA FRECUENCIA NATURAL MEDIDA Y LA VELOCIDAD DE VIBRACIÓN A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A30 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1).

Tabla 10-3: Frecuencia natural medida de la banda A30 en la transmisión 1:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,7	9	0,01944
26,7	9	0,0332
46,7	9	0,0353
66,7	9	0,0488
86,7	10	0,0704
106,7	10	0,0396
126,7	10	0,0748
146,7	11	0,02374
166,7	12	0,0488
186,7	13	0,02269

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 11-3: Frecuencia natural medida de la banda A30 en la transmisión 1,3:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,8	7	0,01780
27,0	9	0,02058
47,2	9	0,01881
67,3	10	0,02179
87,5	10	0,02131
107,7	10	0,02859

127,9	11	0,01981
148,1	12	0,01256
168,3	13	0,02070
188,5	13	0,02861

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 12-3: Frecuencia natural medida de la banda A30 en la transmisión 1,6:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,9	9	0,0233
27,4	12	0,02201
47,8	13	0,032
68,3	13	0,1069
88,8	13	0,0584
109,2	14	0,0778
129,7	14	0,0517
150,2	14	0,035
170,6	14	0,0502
191,1	14	0,00009

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

ANEXO C: LA FRECUENCIA NATURAL MEDIDA Y LA VELOCIDAD DE VIBRACIÓN A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A32 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1).

Tabla 13-3: Frecuencia natural medida de la banda A32 en la transmisión 1:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,7	8	0,01813
26,7	8	0,01801
46,7	9	0,03481
66,7	9	0,02025
86,7	9	0,0235
106,7	10	0,01575
126,7	10	0,0166
146,7	10	0,02062
166,7	10	0,0173
186,7	10	0,01581

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 14-3: Frecuencia natural medida de la banda A32 en la transmisión 1,3:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,8	8	0,02706
27,0	8	0,02116
47,1	9	0,01696
67,3	10	0,02280
87,5	12	0,02388
107,6	13	0,01811
127,8	13	0,01685
148,0	13	0,02379
168,2	13	0,01959
188,3	13	0,02053

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 15-3: Frecuencia natural medida de la banda A32 en la transmisión 1,6:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,9	9	0,01544
27,3	10	0,02443
47,7	10	0,02403
68,2	12	0,01845
88,6	12	0,02713
109,0	12	0,02699
129,4	13	0,01642
149,8	13	0,02335
170,3	13	0,01666
190,7	14	0,01841

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

ANEXO D: LA FRECUENCIA NATURAL MEDIDA Y LA VELOCIDAD DE VIBRACIÓN A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A33 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1).

Tabla 16-3: Frecuencia natural medida de la banda A33 en la transmisión 1:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,7	8	0,01496
26,7	8	0,01915

46,7	8	0,02398
66,7	8	0,02128
86,7	9	0,02917
106,7	9	0,02179
126,7	9	0,01564
146,7	9	0,01237
166,7	10	0,01770
186,7	11	0,01820

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 17-3: Frecuencia natural medida de la banda A33 en la transmisión
1,3:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,8	8	0,01794
26,9	8	0,02292
47,1	8	0,00760
67,3	9	0,01993
87,4	9	0,02106
107,6	9	0,01765
127,7	10	0,02650
147,9	10	0,02253
168,0	11	0,02028
188,2	11	0,01384

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 18-3: Frecuencia natural medida de la banda A33 en la transmisión
1,6:1.

Pretensión [N]	Frecuencia natural [Hz]	Velocidad de vibración rms [mm/s]
6,8	8	0,01191
27,2	8	0,02063
47,6	9	0,0225
68,0	9	0,02277
88,4	9	0,02623
108,8	9	0,02178
129,2	9	0,01933
149,5	9	0,02297
169,9	10	0,0204
190,3	10	0,01601

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

ANEXO E: LA FRECUENCIA NATURAL CALCULADA A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A29 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1).

Tabla 19-3: Frecuencia natural calculada de la banda A29 en la transmisión 1:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,7	5	0,111	0,260	12,91
26,7	5	0,111	0,262	12,81
46,7	5	0,111	0,263	12,76
66,7	5	0,111	0,263	12,74
86,7	5	0,111	0,264	12,73
106,7	6	0,111	0,264	13,92
126,7	6	0,111	0,265	13,90
146,7	6	0,111	0,265	13,87
166,7	6	0,111	0,266	13,85
186,7	6	0,111	0,266	13,82

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 20-3: Frecuencia natural calculada de la banda A29 en la transmisión 1,3:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,8	5	0,111	0,242	13,89
27,0	5	0,111	0,243	13,83
47,2	5	0,111	0,244	13,77
67,4	5	0,111	0,245	13,71
87,6	5	0,111	0,246	13,66
107,8	6	0,111	0,246	14,96
128,0	6	0,111	0,246	14,93
148,2	6	0,111	0,246	14,91
168,4	6	0,111	0,247	14,90
188,6	6	0,111	0,247	14,87

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 21-3: Frecuencia natural calculada de la banda A29 en la transmisión 1,6:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,9	5	0,111	0,222	15,14
27,4	5	0,111	0,224	15,01
47,9	5	0,111	0,224	14,97
68,4	5	0,111	0,225	14,94
89,0	5	0,111	0,225	14,91

109,5	6	0,111	0,226	16,29
130,0	6	0,111	0,226	16,26
150,5	6	0,111	0,227	16,22
171,0	6	0,111	0,227	16,19
191,5	6	0,111	0,228	16,15

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

ANEXO F: LA FRECUENCIA NATURAL CALCULADA A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A30 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1).

Tabla 22-3: Frecuencia natural calculada de la banda A30 en la transmisión 1:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,7	5	0,107	0,276	12,41
26,7	5	0,107	0,277	12,34
46,7	5	0,107	0,278	12,29
66,7	5	0,107	0,279	12,25
86,7	5	0,107	0,280	12,21
106,7	6	0,107	0,281	13,35
126,7	6	0,107	0,281	13,32
146,7	6	0,107	0,282	13,30
166,7	6	0,107	0,282	13,28
186,7	6	0,107	0,283	13,25

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 23-3: Frecuencia natural calculada de la banda A30 en la transmisión 1,3:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,8	5	0,107	0,258	13,26
27,0	5	0,107	0,260	13,16
47,2	5	0,107	0,261	13,11
67,3	5	0,107	0,262	13,06
87,5	5	0,107	0,262	13,04
107,7	6	0,107	0,263	14,26
127,9	6	0,107	0,263	14,25
148,1	6	0,107	0,263	14,24
168,3	6	0,107	0,264	14,20
188,5	6	0,107	0,265	14,14

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 24-3: Frecuencia natural calculada de la banda A30 en la transmisión 1,6:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,9	5	0,107	0,238	14,38
27,4	5	0,107	0,239	14,32
47,8	5	0,107	0,240	14,26
68,3	5	0,107	0,241	14,20
88,8	5	0,107	0,242	14,14
109,2	6	0,107	0,242	15,46
129,7	6	0,107	0,243	15,43
150,2	6	0,107	0,243	15,39
170,6	6	0,107	0,244	15,36
191,1	6	0,107	0,244	15,33

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

ANEXO G: LA FRECUENCIA NATURAL CALCULADA A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A32 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1).

Tabla 25-3: Frecuencia natural calculada de la banda A32 en la transmisión 1:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,7	5	0,106	0,294	11,68
26,7	5	0,106	0,296	11,60
46,7	5	0,106	0,297	11,56
66,7	5	0,106	0,299	11,48
86,7	5	0,106	0,300	11,45
106,7	6	0,106	0,301	12,50
126,7	6	0,106	0,302	12,48
146,7	6	0,106	0,302	12,46
166,7	6	0,106	0,303	12,44
186,7	6	0,106	0,303	12,42

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 26-3: Frecuencia natural calculada de la banda A32 en la transmisión 1,3:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,8	5	0,106	0,275	12,50
27,0	5	0,106	0,277	12,41
47,1	5	0,106	0,279	12,32
67,3	5	0,106	0,280	12,28
87,5	5	0,106	0,280	12,25

107,6	6	0,106	0,285	13,21
127,8	6	0,106	0,281	13,40
148,0	6	0,106	0,282	13,35
168,2	6	0,106	0,283	13,31
188,3	6	0,106	0,285	13,21

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 27-3: Frecuencia natural calculada de la banda A32 en la transmisión 1,6:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,9	5	0,106	0,257	13,37
27,3	5	0,106	0,258	13,32
47,7	5	0,106	0,259	13,27
68,2	5	0,106	0,260	13,22
88,6	5	0,106	0,261	13,17
109,0	6	0,106	0,261	14,40
129,4	6	0,106	0,262	14,37
149,8	6	0,106	0,262	14,34
170,3	6	0,106	0,263	14,31
190,7	6	0,106	0,263	14,29

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

ANEXO H: LA FRECUENCIA NATURAL CALCULADA A DIFERENTES PRETENSIONES DE LA BANDA TRAPEZOIDAL A33 ACOPLADA A CADA UNA DE LAS TRANSMISIONES (1:1), (1,3:1) Y (1,6:1).

Tabla 28-3: Frecuencia natural calculada de la banda A33 en la transmisión 1:1

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,7	5	0,108	0,319	10,66
26,7	5	0,108	0,322	10,57
46,7	5	0,108	0,323	10,55
66,7	5	0,108	0,323	10,53
86,7	5	0,108	0,324	10,52
106,7	6	0,108	0,324	11,50
126,7	6	0,108	0,325	11,48
146,7	6	0,108	0,325	11,47
166,7	6	0,108	0,326	11,45
186,7	6	0,108	0,330	11,29

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 29-3: Frecuencia natural calculada de la banda A33 en la transmisión 1,3:1.

Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,8	5	0,108	0,298	11,43
26,9	5	0,108	0,300	11,35
47,1	5	0,108	0,301	11,31
67,3	5	0,108	0,302	11,27
87,4	5	0,108	0,302	11,26
107,6	6	0,108	0,303	12,31
127,7	6	0,108	0,303	12,29
147,9	6	0,108	0,304	12,27
168,0	6	0,108	0,305	12,23
188,2	6	0,108	0,305	12,21

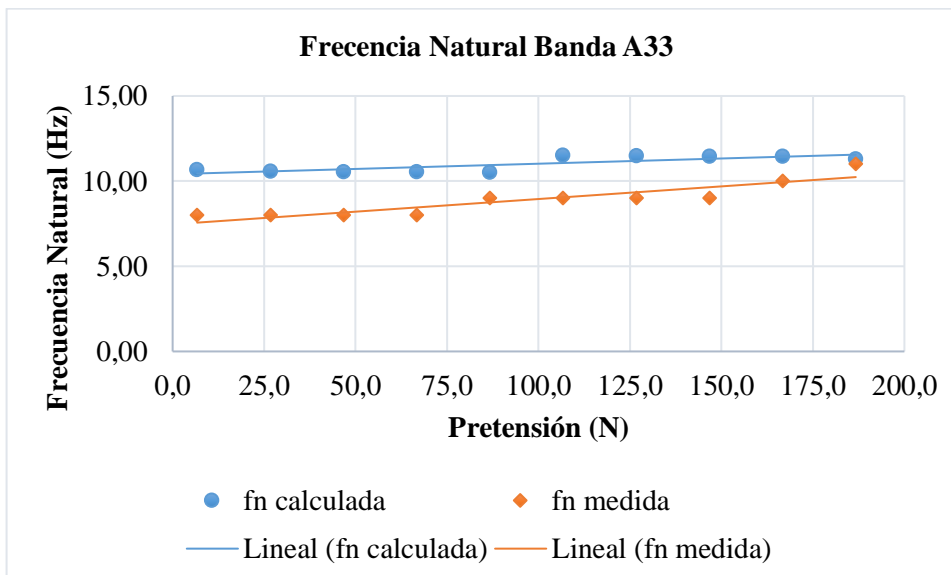
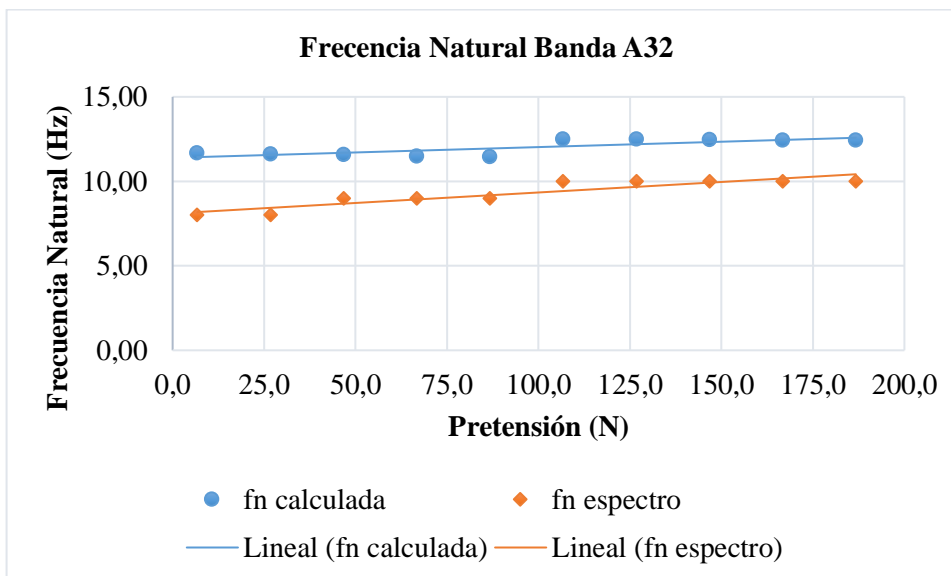
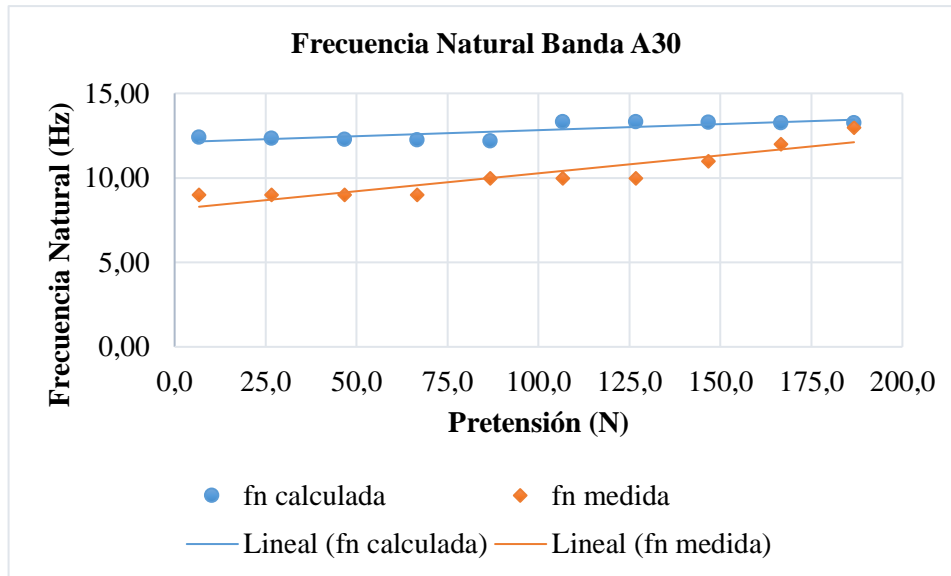
Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

Tabla 30-3: Frecuencia natural calculada de la banda A33 en la transmisión 1,6:1.

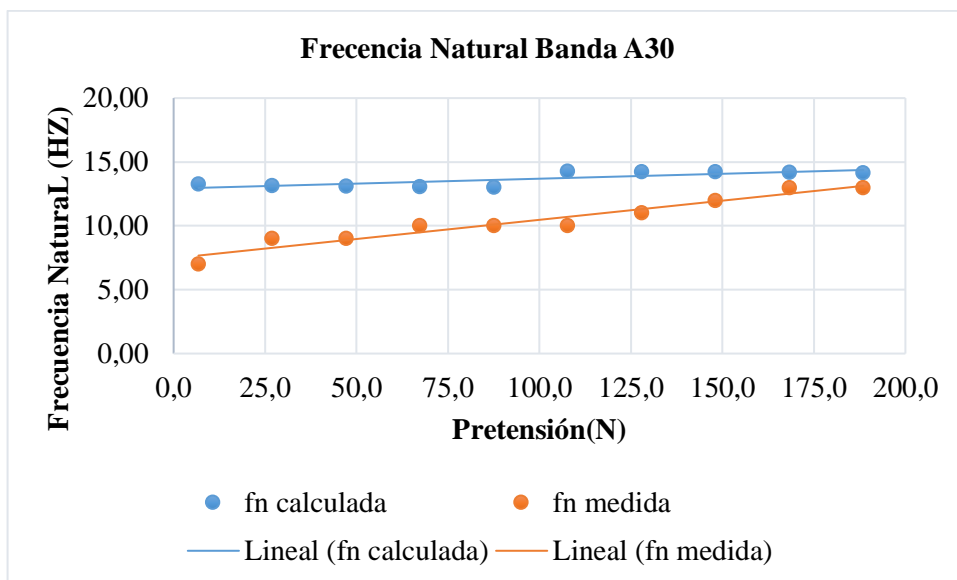
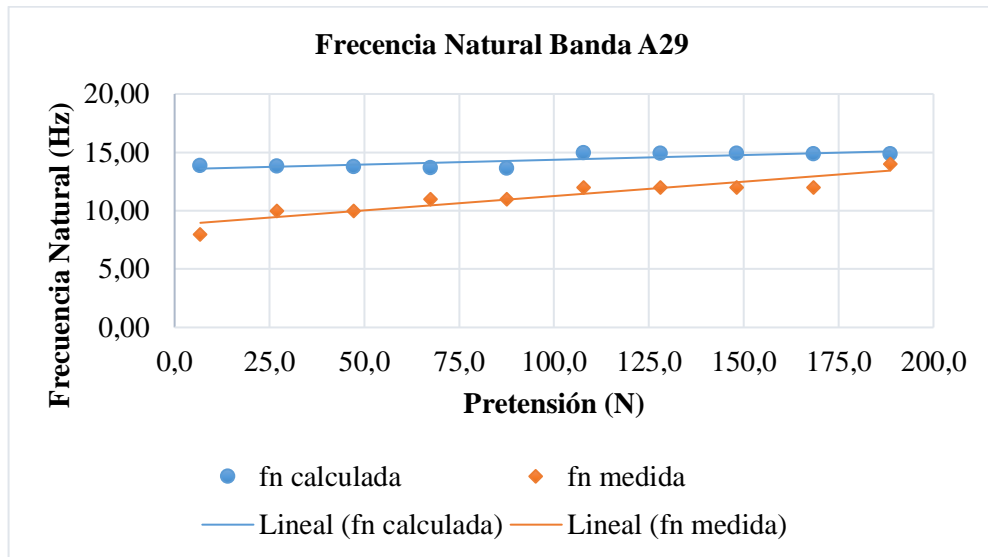
Pretensión [N]	Tensión del ramal [N]	Densidad lineal de la masa [Kg/m]	Tramo libre [m]	Frecuencia natural calculada [Hz]
6,8	5	0,108	0,279	12,20
27,2	5	0,108	0,282	12,07
47,6	5	0,108	0,282	12,05
68,0	5	0,108	0,283	12,03
88,4	5	0,108	0,284	11,98
108,8	6	0,108	0,285	13,06
129,2	6	0,108	0,286	13,03
149,5	6	0,108	0,286	13,01
169,9	6	0,108	0,287	12,99
190,3	6	0,108	0,288	12,94

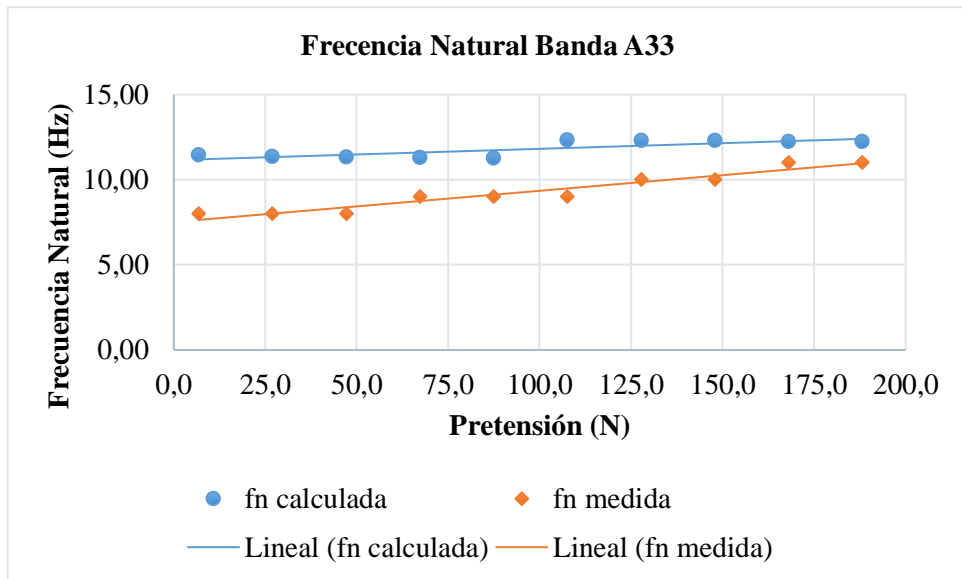
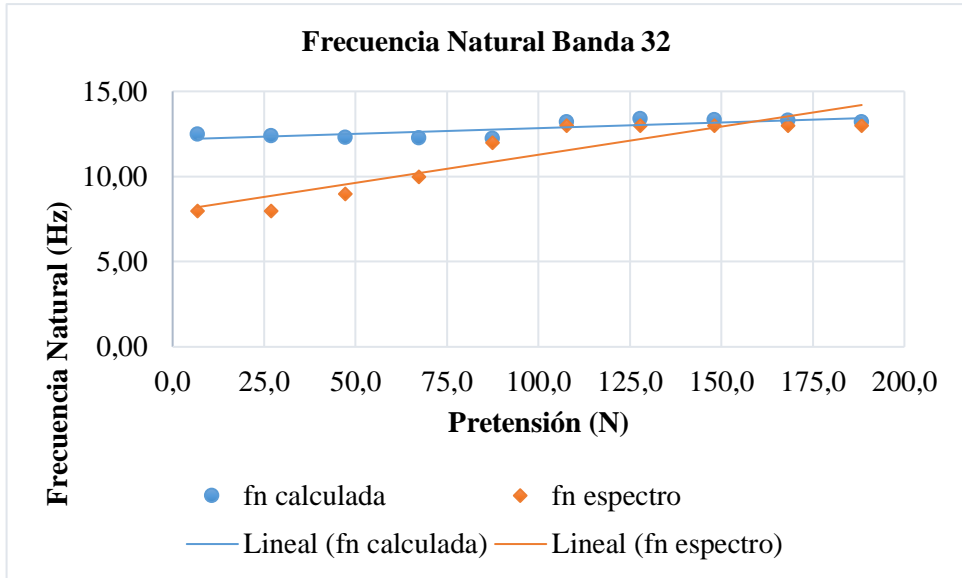
Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021

ANEXO I: FRECUENCIA NATURAL DE LAS BANDAS TRAPEZOIDALES EN LA TRANSMISIÓN 1:1.

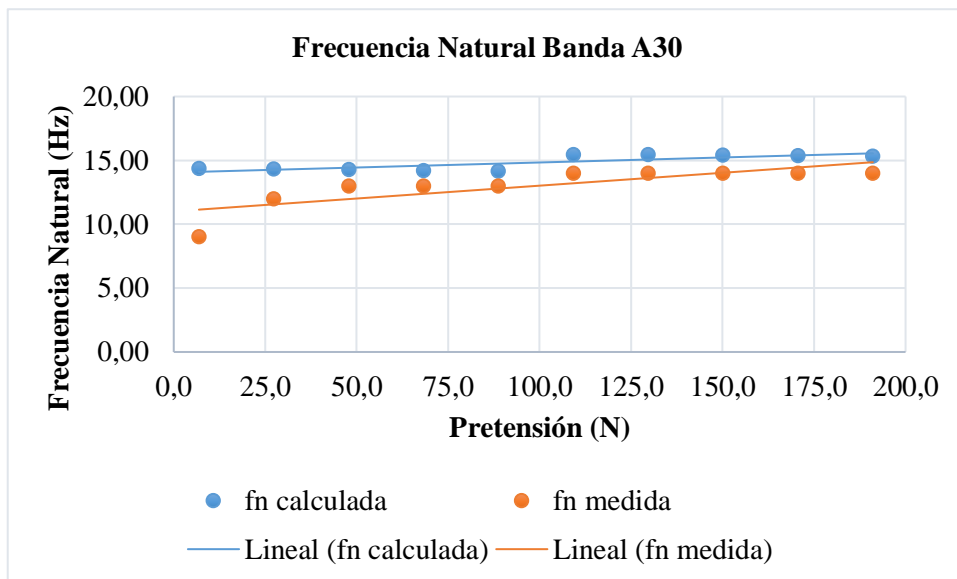
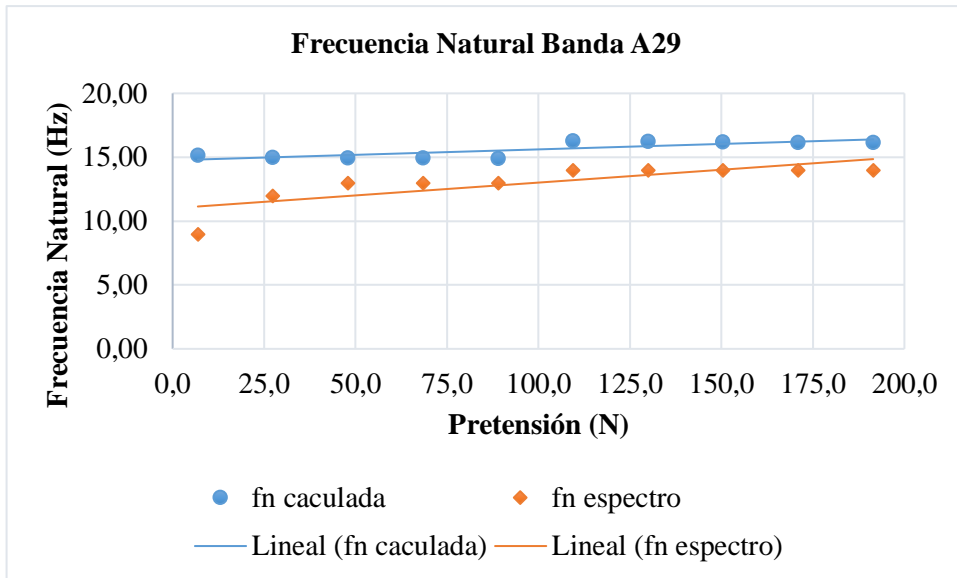


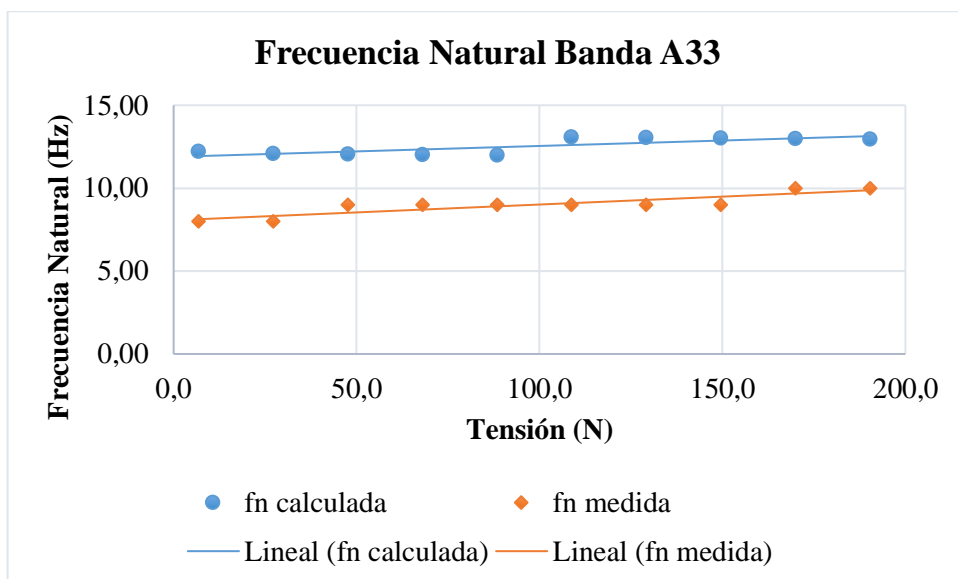
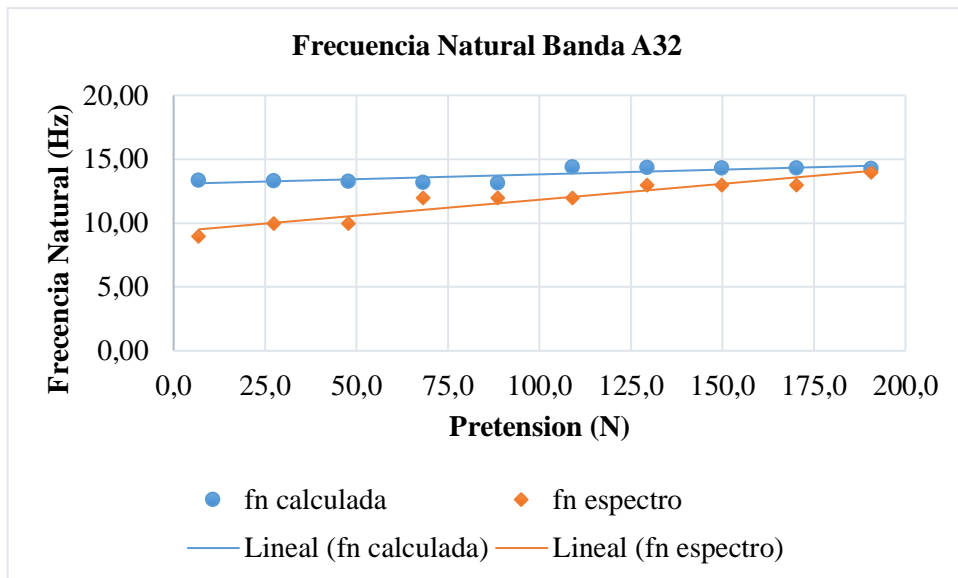
ANEXO J: FRECUENCIA NATURAL DE LAS BANDAS TRAPEZOIDALES EN LA TRANSMISIÓN 1,3:1.





ANEXO K: FRECUENCIA NATURAL DE LAS BANDAS TRAPEZOIDALES EN LA TRANSMISIÓN 1,6:1.





ANEXO L: VALORES CRÍTICOS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (R).

Tabla 31-3: Valores críticos del coeficiente de correlación (r).

Ítems	Nivel de significancia
n	$\alpha=0,01$
4	0,990
5	0,959
6	0,917
7	0,875
8	0,834
9	0,798
10	0,765
11	0,735
12	0,708
13	0,684

14	0,661
----	-------

Fuente: (TRIOLA F., 2009)

Realizado por: Uvidia Gavilanes, Oscar, 2021