

**DESARROLLO METODOLÓGICO DE MÓDULOS DE EDUCACIÓN CONTINUA PARA
EL ÁREA DE MECÁNICA ENFOCADOS EN MÁQUINAS ROTATIVAS DEL
DEPARTAMENTO UNIVERSIDAD MASSY**

Autor

DOOBEREINER CERÓN SABOGAL

Director

LUIS ERNESTO NEIRA ROPERO

Ingeniero en Mecatrónica

**INGENIERÍA MECATRÓNICA
DEPARTAMENTO MMI
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, Mayo 4 de 2022

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo del presente trabajo no hubiera sido posible sin la inspiración y fortalezas dadas por el ser superior, por ello agradecimientos primeramente a Dios padre todopoderoso por ser el guía dador de vida, sabiduría e inteligencia.

Agradecimientos a mi familia por estar siempre apoyándome en mi proyecto no solo de grado sino de vida. Por sus consejos, sacrificios, motivación y momentos agradables de esos que te hacen olvidar las dificultades que se puedan llegar a presentar en el día a día, pero que gracias a esos espacios en familia te recargas de energía para continuar.

Agradecimientos al director de esta pasantía que desde su experiencia y conocimiento aportó sus observaciones, críticas y sugerencias para que el proyecto generara el mayor y mejor impacto posible.

DEDICATORIAS

Dedicado a Dios, por permitirme contar con la fortaleza para moldear la idea inicialmente planteada y contar con la esperanza hasta el final de dar cumplimiento a la misma.

Después del padre altísimo, a mi familia, ya que éste no es un logro solo mío, sino también un logro de cada uno de ellos al ser parte de la lucha que fue necesaria para poder llegar a este punto.

A mis amigos que permanecieron conmigo, teniéndome paciencia y comprendiendo mi ausencia en momentos importantes para ellos, en los que debido a la demanda de tiempo que este trabajo requirió no me fue posible asistir.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIAS	3
RESUMEN.....	12
ACERCA DE LA EMPRESA.....	14
Misión de la empresa	14
Visión de la empresa	14
Capítulo 1.....	15
ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	15
1.1 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.2 Planteamiento del problema.....	15
1.3 Justificación	16
1.4 Estado del Arte	16
1.4.1 Internacionales.....	17
1.4.2 Nacionales	22
1.5 Marco teórico.....	24
1.5.1 Educación	24
1.5.2 Tecnologías en la información y comunicación (TIC).....	25
1.5.3 Software CAD.....	26
Capítulo 2.....	29
TEMÁTICAS DE MÓDULOS	29
2.1 Sujetadores roscados	29
2.1.1 Unión fija o permanente	29
2.1.2. Unión desmontable	31
2.1.3. Normas de tornillos	43
2.2 Metrología dimensional.....	44
2.2.1 Instrumentos de medición	45
2.2.3 Tolerancias y desviaciones.....	49
2.3 Engranajes.....	54
2.3.1 Engranaje cilíndrico recto.....	55
2.3.2 Engranajes cilíndricos helicoidales.....	59

2.3.3 Engranajes cónicos.....	63
2.3.4 Tornillo sin-fin.....	63
2.3.5 Fallas de engranajes.....	64
2.3.6 Normas de engranajes	69
2.4. Acoples mecánicos.....	70
2.4.1 Acoples rígidos.....	70
2.4.2 Acoples flexibles	72
2.4.3 Selección de un acople.....	75
2.4.4 Estándares de acoplamientos	77
2.5 Transmisores de potencia.....	79
2.5.1 Bandas y poleas	79
2.5.2 Cadenas de transmisión.....	90
2.5.3 Junta universal	106
2.5.4 Comparativa de los sistemas de transmisión.	111
2.6. Alineación de ejes	112
2.6.1 Condiciones para alineamiento	113
2.6.2 Métodos de alineamiento tradicionales.....	114
2.7. Bombas hidráulicas	125
2.7.1 Bombas de desplazamiento positivo.....	126
2.7.2 Bombas de cinéticas	134
2.7.3 Estándares de bombas.....	152
Capítulo 3.....	154
3.1 Plataforma EASY y primer objetivo.....	154
3.2 Desarrollo del contenido y segundo objetivo.....	162
CONCLUSIONES.....	181
ANEXOS	182
BIBLIOGRAFÍA.....	186

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interfaz de FUSION 360.	27
Figura 2. Interfaz de INVENTOR PROFESIONAL.....	28
Figura 3. Uniones mediante remaches.	30
Figura 4. Ilustración de unión forzada.....	30
Figura 5. Unión mediante chaveta.....	31
Figura 6. Ilustración de chaveta.....	32
Figura 7. Ilustración de pasador.....	32
Figura 8. Ilustración de diferenciación.....	33
Figura 9. Partes de una rosca.....	33
Figura 10. Rosca métrica ISO.....	35
Figura 11. Rosca nacional americana.....	36
Figura 12. Rosca Whitworth.....	36
Figura 13. Ilustración rosca en v aguda.....	37
Figura 14. Ilustración cabeza hexagonal.....	38
Figura 15. Cabeza avellanada.....	38
Figura 16. Cabeza avellanada.....	39
Figura 17. Cabeza cilíndrica.....	39
Figura 18. Marca de clase según ISO 898-1.....	41
Figura 19. Ejemplo de patrón de apriete.....	43
Figura 20. Imagen de calibrador.....	46
Figura 21 Partes del goniómetro.....	46
Figura 22. Partes del micrómetro.....	47
Figura 23. Calibradores de diferentes rangos.....	48
Figura 24. Partes del reloj comparador.....	49
Figura 25. Posiciones de tolerancias.....	51
Figura 26. Elementos de una cota con desviación y tolerancia.....	54
Figura 27. Partes de una rueda dentada.....	55
Figura 28. Distancia entre centros respecto de ángulo de presión.....	58
Figura 29. Partes de un engranaje helicoidal.....	59
Figura 30. Dientes de engrane espinas de pescado o helicoidal doble.....	62
Figura 31. Geometría base y encaje correcto de engranes cónicos.....	63
Figura 32. Acople de tornillo sin fin y rueda dentada.....	64
Figura 33. Interferencia en engranajes.....	65
Figura 34. Desgaste abrasivo.....	66
Figura 35. Escoriado.....	67
Figura 36. Fractura por fatiga.....	68
Figura 37. Fractura por flexión.....	69
Figura 38. Acople Rígido de manguito.....	71
Figura 39. Acople de bridas.....	71
Figura 40. Acoplamiento de Rejilla.....	72
Figura 41. Acople de Araña.....	73
Figura 42. Acople de engranes.....	73

Figura 43. Acople elastomérico.....	74
Figura 44. Acople de cadena.....	75
Figura 45. Elementos básicos de un mecanismo de transmisión mediante cadena.....	79
Figura 46. Aplicación de correa plana.....	82
Figura 47. Aplicación bandas redondas.	83
Figura 48. Banda trapezoidal diferentes constituciones.	83
Figura 49. banda dentada o sincrónica.....	84
Figura 50. Correa acanalada.....	85
Figura 51. banda cruzada.	85
Figura 52. Transmisión con bandas en ejes cruzadas entre sí.	86
Figura 53. Transmisión con múltiples poleas.....	86
Figura 54. transmisión con múltiples poleas en diferentes planos.	87
Figura 55. Desalineamiento angular.	87
Figura 56. Desalineamiento paralelo entre poleas.....	88
Figura 57. Poleas correctamente alineadas.....	88
Figura 58. Esquema de desviación de banda para tensionar.	89
Figura 59. Partes de una cadena de rodillos.	91
Figura 60. Cadena de paso simple y cadena de paso doble.	92
Figura 61. Cadena de rodillos con tres hileras.	93
Figura 62. Cadena silenciosa.	93
Figura 63. Eslabón de cadena silenciosa.	94
Figura 64. Eslabón de cadena SC.....	95
Figura 65. Eslabón de cadena SC.....	95
Figura 66. Tensor de cadena.	103
Figura 67. Junta universal única.	107
Figura 68. Junta universal doble.....	107
Figura 69. Componentes de transmisión mediante junta universal.	108
Figura 70. Montaje de balanceo dinámico rin-llanta.	110
Figura 71. Desalineamiento angular.	113
Figura 72. Desalineamiento paralelo.....	113
Figura 73. Alineación mediante comparadores invertidos.....	114
Figura 74. Medición de Pandeo.	117
Figura 75. Alineación método cara borde.....	117
Figura 76. Sentido de escala de reloj para mediciones.	118
Figura 77. Alineador de ejes SKF TKSA 11.....	120
Figura 78. Información del sistema para alineación con SKF TKSA 11.....	120
Figura 79 Toma de datos con alineador SKF TKSA 11.	121
Figura 80. Medidas registradas por los sensores de proximidad.	121
Figura 81. Indicaciones de alineador SKF TKSA 11 para plano vertical.....	122
Figura 82. Indicaciones del alineador SKF TKSA 11 en el plano horizontal.....	122
Figura 83. Elementos de alineador láser.....	123
Figura 84. Toma de medidas con alineador Fluke 830.....	123
Figura 85. Datos indicados por alineador Fluke 830 para realizar movimientos de la máquina.	124
Figura 86. Bomba de pistón.....	128

Figura 87. Partes de una bomba de doble diafragma.	128
Figura 88. Ciclo de impulsión de bomba de diafragmas.	129
Figura 89. Bomba de engranajes externos.	130
Figura 90. Bomba de engranajes.....	131
Figura 91. Bomba de lóbulos.....	131
Figura 92. Bombas de paletas.....	132
Figura 93. Bomba de tres tornillos.....	133
Figura 94. Impulsión en bomba periférica.	135
Figura 95. Impulsión en bomba Centrífuga.	136
Figura 96. Bomba tipo OH1.	137
Figura 97. Bomba BB3.	138
Figura 98. Bomba vertical tipo OH3.	138
Figura 99. Bomba de doble voluta.....	139
Figura 100. Impulsor abierto.....	141
Figura 101. Impulsor semiabierto.	141
Figura 102. Impulsor cerrado.	142
Figura 103. Sello mecánico.	143
Figura 104. Cojinete radial- axial.	144
Figura 105. Elevación de acuerdo con gravedad específica.....	146
Figura 106. Esquema de sistema de bombeo.	148
Figura 107. Curvas de rendimiento de una bomba centrífuga.....	150
Figura 108. página principal de intranet.	155
Figura 109. Opciones de intranet.....	155
Figura 110. Acceso a EASYplus.....	156
Figura 111. Cursos de EASYplus.	156
Figura 112. Información de nuevo curso.	157
Figura 113. Información de curso nuevo.	157
Figura 114. Añadiendo contenido a EASYplus.	158
Figura 115. Añadiendo contenido a EASYplus.	158
Figura 116. Contenido agregado.	159
Figura 117. Añadiendo prueba a curso.....	159
Figura 118. Definiendo características del examen.....	160
Figura 119. Definiendo características de la prueba.	160
Figura 120. Seleccionando tipo de pregunta.	161
Figura 121. Redactando pregunta.	161
Figura 122. Visualización de preguntas.....	162
Figura 123. Inicio de presentación del módulo.	163
Figura 124. Captura 1 Parte intermedia de presentación del módulo SUJETADORES ROSCADOS.....	164
Figura 125. Captura 2 parte intermedia de presentación del módulo SUJETADORES ROSCADOS.....	164
Figura 126. Fin de la presentación del módulo.	165
Figura 127. Captura Inicio de sección 1 del módulo SUJETADORES ROSCADOS.	165
Figura 128. Captura 1 Parte intermedia de sección 1 del módulo.	166

Figura 129. Captura 2 parte intermedia de sección 1 del módulo SUJETADORES ROSCADOS.....	166
Figura 130. Captura de fin de la sección 1 del módulo SUJETADORES ROSCADOS. ..	167
Figura 131. Añadiendo dos grabaciones recortadas.	168
Figura 132. Añadiendo sonido de fondo en la grabación.	168
Figura 133. Videos editados.....	169
Figura 134. Reunión de revisión con coordinador de práctica de parte de la empresa Ingeniero Master II Leandro Zurek y Adriana de departamento de talento humano.	170
Figura 135. Reunión de revisión con coordinador de la práctica de parte de la empresa y otros expertos de la misma.....	170
Figura 136. Vista general contenido módulo SUJETADORES ROSCADOS.	171
Figura 137. Temas del módulo METROLOGÍA DIMENSIONAL.	172
Figura 138. Temas del módulo ENGRANAJES.	172
Figura 139. Temas del módulo ACOPLES.....	173
Figura 140. Temas de módulo de TRANSMISIÓN DE POTENCIA.	173
Figura 141. Temas de Módulo ALINEACIÓN DE EJES.	174
Figura 142. Temas de módulo de BOMBAS HIDRÁULICAS.....	174
Figura 143. Perspectiva de contenido como instructor.	175
Figura 144. Pregunta de selección múltiple.....	176
Figura 145. Descripción de la prueba.	177
Figura 146. Resultados de la prueba.	177
Figura 147. Información de los estudiantes para el Instructor.	178
Figura 148. Panel de usuarios.	179
Figura 149. Parte 1 tomada de encuesta sobre módulos a grupo muestra de la empresa.	180
Figura 150. Parte 2 tomada de encuesta sobre módulos a grupo muestra de la empresa.	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecánicas según SAE j429.	40
Tabla 2. Clases de resistencia según ISO 898-1.	41
Tabla 3. Torque de apriete de acuerdo a clase, diámetro y paso de tornillo.	42
Tabla 4. Segmento de tabla de desviaciones.	52
Tabla 5. Valor de tolerancia dada por índice de calidad.	53
Tabla 6. Determinando Factor de Servicio.	76
Tabla 7. Tabla de referencias.	76
Tabla 8. Parámetros de acople de acuerdo a referencia.	77
Tabla 9. Datos de cadena de dos hileras del estándar ISO 606.	96
Tabla 10. Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie europea).	98
Tabla 11. Factor de servicio.	99
Tabla 12. Coeficiente f_2 de acuerdo a número de dientes de engrane pequeño.	100
Tabla 13. presión admisible respecto de velocidad lineal de transmisión.	102
Tabla 14. Lubricación de acuerdo a tipo de cadena y velocidad.	104
Tabla 15. Tipos de lubricación.	105

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Reunión de revisión con especialistas de Massy Energy.	182
Anexo 2. Reunión con especialistas de Massy Energy.....	182
Anexo 3. Animación plan de sellado API PLAN -11.	183
Anexo 4. Animación bomba centrífuga tipo OH2.	183
Anexo 5. Animación de movimiento de engranajes de rientes rectos helicoidales.	184
Anexo 6. Ejemplo de certificado obtenido al aprobar un módulo.	184
Anexo 7. Certificado laboral y constancia de realización satisfactoria de practica laboral de parte de MASSY ENERGY Colombia.	185

RESUMEN

En el presente escrito se encuentra el paso a paso del desarrollo de unos módulos de educación virtual y continuada que se realizaron en la pasantía llevada a cabo en empresa MASSY ENERGY COLOMBIA S.A.S, enfocados en máquinas rotativas con los temas siguientes: Sujetadores Roscados, Metrología dimensional, Engranajes, Acoples, Transmisión de potencia, Alineación de ejes y Bombas Hidráulicas.

En la empresa, inicialmente se contaba con guías escritas, correspondientes a las temáticas en las cuales se enfocan los empleados de las respectivas áreas. Sin embargo, uno de los aspectos que se vio necesario fue la actualización de las mismas y la forma como estas eran impartidas. En la empresa siempre se ha dado oportunidad a la implementación de las nuevas tecnologías para obtener mejores resultados en las actividades, y el entrenamiento del personal no fue la excepción. Por ello, en la empresa surgió iniciativa de crear un proyecto denominado Universidad Massy, que consiste en una agrupación de módulos de educación, con el fin de que los empleados de un área específica puedan acceder a ellos, ya sea como un requisito para poder dar comienzo a determinadas actividades en el trabajo o como un beneficio para afianzar sus conocimientos y saber sobre las principales normas y estándares sobre las que se apoya la empresa. Un aspecto que se tuvo en cuenta para definir los parámetros de los módulos, es que debían ser una evolución de las primitivas guías con las que se contaba, con el fin de que el aprendizaje sea más entretenido y dinámico.

Por ello, en el desarrollo de este proyecto se estuvo estudiando los medios y metodologías que se emplean en educación virtual y a distancia, lo que se encontró es que el empleo de plataformas es lo más habitual en la actualidad, debido a la

facilidad que estas brindan para estructurar la información entre otras ventajas, como es el acceso a información del perfil del estudiante. Gracias a dichas características, se decidió que los módulos que se desarrollaron se integraran a la plataforma EASY PLUS con la que cuenta la empresa en su intranet E-CONNECTION. En los módulos desarrollados en este proyecto, tratándose de temas enfocados a mecanismos, integran simulaciones de ciertos conceptos, algunas fueron obtenidas de fuentes en las que se consultó la información impartida en los cursos y otras fueron realizadas en software CAD apoyadas de modelos existentes, obtenidos de plataformas libres.

Los cursos que se desarrollaron, fueron revisados inicialmente con el acompañamiento del tutor asignado por la empresa, para llevar a cabo esta pasantía, con lo que se realizaron las respectivas correcciones que en su momento fueron necesarias. Además, se tuvo reuniones virtuales con profesionales más específicos de los temas mencionados con lo que se obtuvo recomendaciones y sugerencias adicionales. En principio, los módulos fueron puestos a prueba en un grupo determinado de empleados con lo que se recolectó información, tal como sus opiniones sobre la dinámica de los mismos, con lo que también se apreció otros aspectos importantes, como la tasa de aprobación de los exámenes, con lo cual poder analizar las falencias de los módulos para realizar las mejoras pertinentes. Sin embargo, dichas mejoras no fueron cubiertas por este proyecto.

ACERCA DE LA EMPRESA

Como se mencionó esta práctica se llevó a cabo en la empresa MASSY ENERGY COLOMBIA S.A.S, la cual hace parte del grupo MASSY que es un holding que opera en Centroamérica y el Caribe. Además, esta empresa cotiza en la bolsa de valores. Los sectores en los que la empresa presta servicios son: petroquímico, energético, biocombustibles, industrial, minero, petróleo y gas (Massy Energy Colombia S.A.S, 2022).

Misión de la empresa

“Somos una empresa que presta servicios, a través de una cultura de innovación con personal comprometido. Operamos con procesos eficientes alineados a las necesidades de nuestros clientes, asegurando la calidad, integridad, seguridad, salud y medio ambiente en todas nuestras operaciones.” (Massy Energy Colombia S.A.S, 2022).

Visión de la empresa

“Ser reconocidos por estar adelante de las necesidades de la industria con base en la competencia de nuestra gente, la permanente innovación y con nuestros valores como el centro de todo lo que hacemos, logrando un desarrollo sostenible.” (Massy Energy Colombia S.A.S, 2022).

Capítulo 1

ESTRUCTURA DEL PROYECTO

1.1 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar metodológicamente módulos de educación continua para el área de mecánica enfocados en máquinas rotativas del departamento universidad Massy.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir la estructura para los módulos de enseñanza para el curso de la especialidad en mecánica.
- Crear los módulos para la especialidad de mecánica, con temáticas orientadas a máquinas rotativas.
- Incorporar los módulos a la plataforma de la empresa, la cual se llama EASY PLUS.

1.2 Planteamiento del problema

Hoy en día la constante preparación en las áreas correspondientes a las actividades que se realiza en el día a día, es indispensable. Especialmente en las empresas, en donde para mantener la competitividad es imprescindible.

La empresa Massy Energy tiene clara la necesidad de la constante preparación de sus empleados. Ya sea para recordar la información o para actualizar los conocimientos, de acuerdo con los avances tecnológicos.

Por lo anterior, la empresa Massy Energy requiere de contar con cursos para el entrenamiento y aprendizaje continuo del personal, entre ellos el especializado en el área de mecánica.

Para lograr esa educación continua es necesario contar con información que supla correctamente los requerimientos. Además, es necesario asegurarse de que el aprendizaje se está realizando como se espera inicialmente. Por ello, la empresa requiere contar con dicho contenido que cuente con una estructura que permita tener la seguridad de que los empleados aprenderán realmente.

1.3 Justificación

Mencionado lo anterior, el desarrollo de este proyecto es necesario. Ya que con éste se suplirá dichos módulos de educación continua, requeridos por la empresa para la capacitación del personal en el área de mecánica. Los cuales cumplirán con las especificaciones indicadas por la empresa y las apreciaciones que los mismos estudiantes realicen sobre los mismos.

1.4 Estado del Arte

En este apartado encontrará los aportes más relevantes que se han realizado en pro de la educación continua. En principio, la aclaración del verdadero significado de la educación continua también conocida como formación continua o educación corporativa, las publicaciones que se han realizado al respecto y las mejoras causadas por los desarrollos tecnológicos.

1.4.1 Internacionales

Como se mencionó, los conceptos de educación continua y educación permanente son comúnmente confundidos tal como lo expresó Pérez (2002), siendo éstos diferentes. La educación continua se refiere a un área más específica y hace parte de la educación permanente. Esta es más completa, e incluso es una postura filosófica que expone la necesidad de la educación constante a lo largo de la vida en todos los aspectos de la persona. También, se expone que la educación continua tuvo sus inicios sobre los años ochenta, después de celebrado el año internacional de la educación (1970, UNESCO) y de allí se ha planteado la necesidad de la constante preparación de las personas en sus áreas de desempeño a causa de los crecientes avances tecnológicos.

Una de las maneras en que podría realizarse la educación continua es a través de medios virtuales, debido a que la mayoría de las personas tienen dificultades para acceder a los centros de educación presencial, aún más con el problema actual de la pandemia (COVID-19). A raíz de esto, se considera ciertas tecnologías que faciliten dichos procesos, como es el caso de las plataformas que permiten la interacción a través de softwares conocidos como mundos virtuales. En principio, se ha implementado este tipo de tecnologías en instituciones de educación superior, tal como lo expone Altamirano (2007), el cual comenta el proceso que se realizó en su universidad en donde se crearon unos entornos virtuales; con el fin de fortalecer la interacción entre estudiantes y profesores. Entre los espacios que se desarrolló en esta universidad están: un auditorio y una sala de juntas. Para lograrlo se hizo uso de la plataforma conocida como “Second life”, la cual permite el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual. Sin embargo, hoy en día existen varios softwares de virtualización. Una de las principales conclusiones del trabajo realizado es que las tecnologías de este tipo, como la realidad virtual, deben ser aprovechadas para

potencializar la enseñanza y el aprendizaje, ya que de lo contrario su existencia no tendría sentido.

Por otra parte, la Red de Educación continua de Latinoamérica y Europa (RECLA), también ha aportado a la educación continua. A través de la RECLA, se ha conocido los puntos de vista de las personas experimentadas en temas de educación. Entre estas posturas se destaca la de Velazco (2011), de que la educación continua no sea sólo un modelo de formación sino también de investigación y de responsabilidad social. También, se aprecian características importantes de la educación continua como es su versatilidad en las áreas en las cuales se implementa y en cómo se imparte. De aquí que, la educación pueda ser presencial, a distancia o mediante la integración de tecnologías. Un aspecto importante que se esclarece es que la educación continua no necesariamente tiene que ser impartida por instituciones universitarias.

Desde los inicios de la educación continua se han considerado factores para su mejoramiento. Lo mencionan Garrigos y Narangajavana (2014) en una publicación periódica, en la cual describieron a la educación continua como la necesidad y a la vez como el complemento de la educación tradicional, la cual también puede quedarse corta en la enseñanza, debido a la constante evolución en la información. Por lo que, propusieron que la educación continua también debe estar en constante evolución, ya que de lo contrario se continuaría con limitaciones como en la educación tradicional. También recalcaron que la educación continua debe ser lo más accesible posible. Puesto que, una de las grandes problemáticas de la educación es que siempre ha sido limitada mediante barreras económicas, lo que la ha hecho accesible solo para un selecto grupo de personas.

En cuanto a la forma en que se debe transmitir la educación continua se han realizado algunas propuestas, una de las que se puede considerar es la presentada por Rubio y Gómez (2016). Los cuales, desarrollaron un proyecto sobre el diseño de un modelo

educativo orientado a la educación continua desde la perspectiva de universidades corporativas y empresas. Utilizaron una metodología mixta para analizar las fases de la formación corporativa, de tal manera, que se tenga una base para establecer un modelo que se ajuste a las actividades y roles de los que se capaciten. En este proyecto, se resalta que la principal diferencia de la educación continua con respecto a la universitaria tradicional se debe a que la continua es más práctica y aplicativa, lo que significa que es útil inmediatamente en el área laboral. Ya que se entiende como educación continua aquella que es recibida por personas con educación tradicional y con experiencia en una determinada área. En esta propuesta, se planteó también como mecanismo de evaluación de eficiencia de la capacitación cuatro niveles que son: nivel de satisfacción (por parte del que recibe la capacitación), nivel de competencias (test de conocimientos adquiridos), nivel de aplicabilidad (nivel en el que se aplica las habilidades aprendidas en las labores correspondientes) y el nivel que determina el retorno de la inversión en la capacitación. Como conclusiones en el estudio realizado se obtuvo que, para el desarrollo de un modelo de estudio apropiado es importante que las instituciones educativas sean las que desarrollen la estructura de los cursos, basadas en las necesidades de la empresa. También se identificó que los cuatro factores que influyen en el desarrollo de los modelos son: la empresa, la institución educativa, los docentes y estudiantes, los cuales deben estar en participación equilibrada.

Como se mencionó anteriormente, la educación puede ser impartida de manera no presencial. Hoy en día gracias a las tecnologías de la información y comunicación, la educación puede ser impartida o recibida a través de medios virtuales, que pueden ser entornos virtualizados o plataformas. Las plataformas como lo señala Viñas (2017), permiten diferentes tipos de aprendizajes que pueden resumirse en aprendizaje totalmente a distancia o mixto, es decir que las plataformas educativas pueden ser un apoyo a la

educación recibida presencialmente. Viñas, da a conocer también un gran número de plataformas, que se clasifican en tres tipos: de acceso libre, comercial y en la nube.

A pesar de que la formación corporativa tiene sus años de desarrollo, aún se encuentran falencias en la misma. Así se comentó en formaZion (2018), publicación basada en ciertos estudios sobre la eficiencia de la formación corporativa. Se ha descubierto que ésta es más reducida de lo que se podría llegar a pensar, considerando que se aprecia como la alternativa que pretende mejorar el nivel profesional de las personas y por ende asegurar el futuro de las compañías en las que laboran; con la educación continua se brinda conocimiento el cual complementa al adquirido en las instituciones de educación formal, las cuales suelen quedarse cortas en algunas áreas. Según la información en la que se basa este artículo, sólo un 8% de los programas formativos provocan un impacto favorable en las empresas, por lo que se recomienda ciertas estrategias como la realización de pruebas a las personas; dichas pruebas no deberían ser agobiantes y deben ser en un ambiente tranquilo; otra recomendación es que ésta se realice de manera centrada en los temas de real interés y que en el aprendizaje haya la mayor percepción posible de parte del aprendiz, es decir que la persona tenga la posibilidad de familiarizarse en mayor medida con el contenido recibiendo la máxima cantidad de estímulos. Por ejemplo, hay una diferencia entre aprender algo con sólo recibir una descripción a tener la posibilidad de verlo.

La educación continua también ha sido relacionada con la educación a distancia, según Godínez y Bojórquez (2018), quienes propusieron que la educación continua debe ser incluida en los campos de aplicación de las tecnologías de la información. Con lo que se estaría haciendo referencia a la educación virtual. Ellos también comentaron que México se posiciona como uno de los primeros en dar paso a iniciar a impartir educación continua, con la creación del centro de educación continua (CEC) para la facultad de ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1971. También recalcaron la ventaja

que se obtendría al hacer uso de las tecnologías de la información en la enseñanza, con lo cual se lograría una cooperación interinstitucional debido a la facilidad que las mismas brindan en la comunicación y la posibilidad de romper barreras físicas y temporales.

La tecnología se ha visto como un medio para impulsar a la educación, ya que ésta se ha convertido en un componente esencial en la vida del ser humano. Como se sabe día a día se hace uso de nuevos elementos tecnológicos, los cuales nos permiten comunicarnos, informarnos, entretenernos y que a vez pueden permitirnos aprender. Por lo que algunos autores como Vicente (2020), han destacado la importancia de emplear la tecnología en la enseñanza, ya que brinda diversas facilidades en cuanto a la estimulación sensorial. Lo cual, hace que aprender sea más sencillo y entretenido. Se destaca de las TIC (Tecnologías de la información y la comunicación) las ventajas que brindan en cuanto a la realización de trabajos colaborativos.

Además, la tecnología ha sido vista como la principal razón por la cual la educación puede ser mejorada, como lo señala Vargas (2020). Mediante su integración en la educación, se genera mayor capacidad de creatividad y de invención en los procesos. Se conoce como estrategia de enseñanza al conjunto de acciones realizadas o ayudas empleadas por quien enseña, con el fin de mejorar el proceso de aprendizaje. por lo que, utilizar la tecnología en la educación resulta como una de las mejores estrategias. También se describe a las TIC como el medio que posibilita la educación virtual, la educación flexible y los entornos virtuales. Al hablarse de las TIC también es importante tener en cuenta que no todas las personas dominan estas herramientas, a lo cual se denomina “brecha digital”. Como conclusión, se tiene que la integración de la tecnología en la educación es un hecho que no tiene reversa ya que es algo en evolución constante.

1.4.2 Nacionales

La educación virtual, es un tema relativamente nuevo, razón por la que carece de modelos para su implementación. Este panorama motivó a Arzuaga (2009), a desarrollar una propuesta para el modelo de esta forma de educación, Reconociendo las facilidades que ha brindado la tecnología en el siglo XXI entre las que se destaca la facilidad en la comunicación. Para la realización de su aporte, parte de una observación sobre la falta de dirección en los procesos pedagógicos actuales, a los cuales encuentra con deficiencias. Por lo tanto, propone el empleo de la tecnología para que realmente mejore la calidad de la educación, y no solo como un acto de innovación el cual no brinda facilidades significativas a los procesos de aprendizaje. Para lograr ese objetivo de mejorar la calidad de la educación se define al estudiante como el actor principal en el proceso. Para que haya un buen proceso de enseñanza-aprendizaje, se le atribuye responsabilidad al aprendiz. Como perfil de un buen educando, se establece que debe ser un estudiante con grandes aspiraciones por tener éxito a nivel profesional, a su vez esa motivación puede ser impulsada mediante contenidos dinámicos, por ello el estudiante debe contar con amplia información en diferentes formatos. Además, el estudiante debe exponerse a situaciones en la cuales tenga que desenvolverse como si se tratara de un entorno real. Brindarle recompensas al estudiante al cumplir con una determinada tarea, es una estrategia para estimular su aprendizaje. En cuanto a la evaluación del aprendizaje se propone varias formas en línea para realizarlas, puede ser mediante preguntas de selección múltiple, videollamada, entre otras.

En Colombia la educación continua se ha considerada en algunas universidades, una de ellas en la EAFIT, como lo publicó Villegas (2010), esta universidad plantea que la educación continua, tratándose de conocimiento que es adquirido por profesionales, se debe impartir con una metodología basada en la práctica. Además, la educación continua

no necesariamente tiene que ser presencial, puede ser virtual. sin embargo, en la EAFIT se cree que la educación presencial es la de mayor calidad.

El significado de la educación continua en Colombia según Ossa (2017), se refiere a los cursos de capacitación, talleres, seminarios, workshop y diplomados, los cuales son más centrados en los contenidos que cubren las demandas de las instituciones y organizaciones empresariales.

Manrique (2018), propuso un modelo de educación corporativa orientado a empresas del sector TI. Como criterio para la creación del modelo, se plantea que éste depende de los objetivos de la empresa. Otros aspectos para tener en cuenta en la realización de los módulos de formación son: la definición de las temáticas, los plazos y lo que se pretende lograr con los mismos. En este trabajo se tiene definido el propósito de la formación, como la alternativa para solventar las necesidades de la empresa. Como conclusiones, se obtuvo que la universidad corporativa busca desarrollar el talento de sus trabajadores y con ello mejorar el ambiente laboral. También se establece que la formación corporativa no solo ayuda a que los profesionales mejoren en su área de trabajo, sino también a nivel personal, al contar con conocimiento más sólido, lo que podría decirse que le genera más confianza en sí mismo.

Se ha enmarcado a la educación continua como la solución a problemáticas cruciales en personas de determinada edad, como se destaca mediante un aporte realizado por Londoño et al. (2020), el cual planteó la realización de una investigación cualitativa exploratoria sobre la situación que viven personas de la tercera edad (60 años o más) en Colombia, en especial en la región Caribe, a las cuales se les considera como una población en aumento que requiere de la educación continua. En el estudio se encontró que contrario a lo que comúnmente se cree (Estas personas ya no se encuentran en la disposición de aprender o continuar con su vida laboral), estas personas son las que necesitan en gran

medida de la educación continua, como una solución que les permite continuar integradas social y laboralmente; aspectos que se encuentra muy relacionados con el bienestar de una persona.

La CORPORACIÓN INDUSTRIAL MINUTO DE DIOS (2020), denota a la educación continua como un beneficio, tanto para la persona que recibe el conocimiento como para la empresa de la cual hace parte dicha persona. Ya que, mediante la preparación continua, se obtiene una mayor capacidad para asimilar los cambios en la aparición de nuevos escenarios y demandas del mercado.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Educación

Concepto de educación.

Se define por educación, a la disciplina encargada de las estrategias y métodos de enseñanza-aprendizaje, empleados por instituciones o espacios formalmente reconocidos (Browning, et al .2021). Por ejemplo, las enseñanzas transmitidas de padres a hijos no son vista como educación.

Educación continua - educación corporativa.

Es aquella educación que parte de las empresas, desde la necesidad de estar constantemente adaptadas a los cambios que se presentan en los sectores de su interés debidos a avances tecnológicos, los cuales generan cambios en otros entornos. La educación continua, abarca a la educación en su concepto general, por aportar en los

aspectos como persona en los seres humanos y a su vez contribuir en la estabilidad de las empresas (Cano ,2018).

Educación a distancia.

También conocida como educación en línea o e-learning, su principal característica es la separación física entre estudiantes y profesores, gracias a la existencia de diversas tecnologías que permiten la comunicación a distancia (Berg, 2016).

Estrategias de educación.

Se define como estrategias de educación a todas aquellas acciones que son realizadas de parte de estudiantes y profesores, para facilitar el proceso enseñanza-aprendizaje. Por tanto, se conocen las estrategias de enseñanza y aprendizaje. Las estrategias de enseñanza son las que realiza el profesor, es decir mediar, facilitar y promover la información. Las estrategias de aprendizaje son las realizadas por el estudiante, tales como operaciones cognoscitivas. (Campos, 2000).

1.5.2 Tecnologías en la información y comunicación (TIC)

Las TICs en la educación.

Este concepto se refiere al empleo de la tecnología con el fin de mejorar los procesos de aprendizaje. Se señala que una correcta integración de la tecnología en la educación marca ciertas diferencias en la calidad de los procesos de aprendizaje, tales como mayor disponibilidad de la información, facilidad para su almacenamiento, acceso y para compartirla (Sánchez ,2017).

Plataformas educativas

Una plataforma educativa virtual, es un entorno informático el cual integra diversas herramientas tanto para los profesores como para los estudiantes. Permiten mostrar y así mismo visualizar la información de manera organizada. Estas plataformas incluyen mecanismos de comunicación entre los estudiantes y profesores, además de foros y otros tipos de herramientas. Existen tres tipos de plataformas educativas: Las plataformas comerciales, que son constantemente mejoradas y se debe pagar para hacer uso de ellas. Las plataformas libres, son aquellas que se pueden usar gratuitamente y están disponibles de forma masiva y el tercer tipo de plataforma es la de desarrollo propio, la cual no se encuentra disponible sino solamente para una organización la cual la ha creado (Becerro ,2009).

1.5.3 Software CAD

Para la realización de diseños y animaciones mecánicas, existen gran variedad de programas que se diferencian en cuanto a las condiciones de su uso, es decir si debe pagarse licencia o si son de acceso libre, empleando una licencia educacional, por ejemplo. Para la realización de este proyecto es más conveniente el empleo de la segunda opción, en donde se puede encontrar una gran variedad, como son los productos de Autodesk entre los que se encuentran los siguientes:

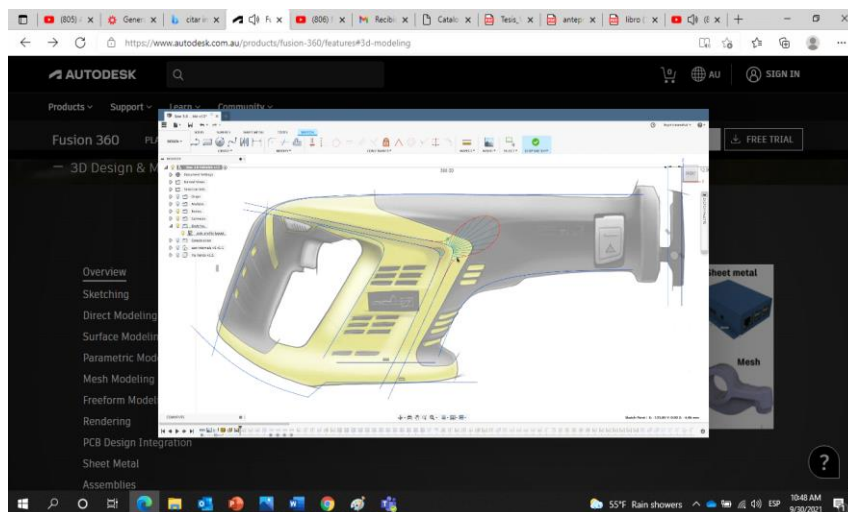
FUSION 360

“Fusion 360 es una plataforma de software de modelado 3D, CAD, CAM, CAE y PCB basada en la nube para el diseño y la fabricación de productos. Por medio de esta:

- Diseñe e ingenie productos para garantizar la estética, la forma, el ajuste y la función.
- Reduzca el impacto de los cambios de diseño, ingeniería y PCB y garantice la capacidad de fabricación con herramientas de simulación y diseño generativo.
- Edite directamente las características existentes o los accesorios del modelo con la única herramienta de software CAD + CAM verdaderamente integrada.”

(AUTODESK, 2021).

Figura 1. *Interfaz de FUSION 360.*



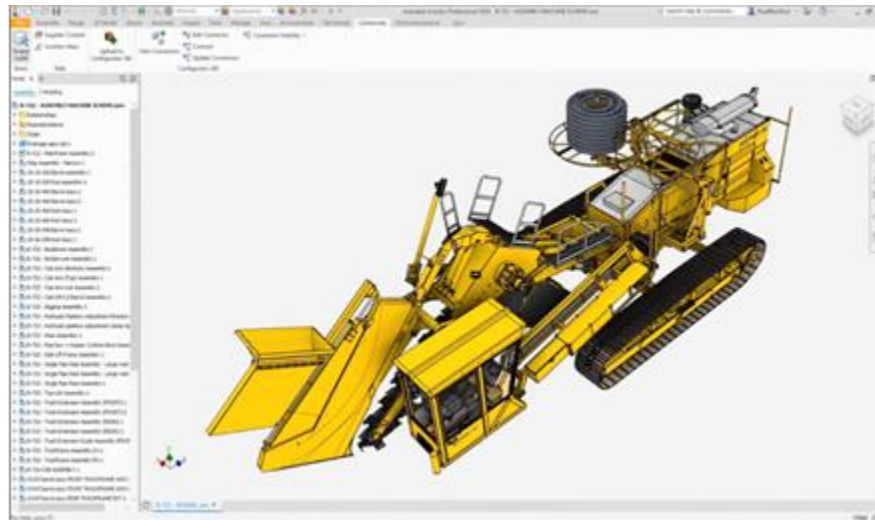
Tomada de: AUTODESK. (2021).

INVENTOR PROFESSIONAL

“El software CAD inventor proporciona herramientas de diseño mecánico 3D, documentación y simulación de productos de calidad profesional. Trabaje de manera

eficiente con una potente combinación de capacidades de diseño paramétricas, directas, de forma libre y basadas en reglas.”, (AUTODESK, 2021).

Figura 2. *Interfaz de INVENTOR PROFESIONAL*



Tomada de: AUTODESK. (2021).

AUTOCAD

“AutoCAD es un software de diseño asistido por ordenador (CAD) en el que confían arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción para crear dibujos precisos en 2D y 3D. Le permite:

- Dibujar, anotar y diseñar geometría 2D y modelos 3D con sólidos, superficies y objetos de malla.
- Automatizar tareas como: comparar dibujos, contar, agregar bloques, crear programaciones y más
- Personalizar con aplicaciones y API adicionales”

(AUTODESK, 2021).

Capítulo 2

TEMÁTICAS DE MÓDULOS

A lo largo de este capítulo encontrará la información base empleada sobre los temas abordados en el desarrollo de los módulos.

2.1 Sujetadores roscados

Es bien sabido que en mecánica los sistemas que existen son mecanismos que se componen de elementos más sencillos, es decir son el producto del ensamblaje o unión de piezas individuales. Por ello, es necesario contar con un medio que permita unirlos. Existen dos tipos de uniones, la fija y la desmontable:

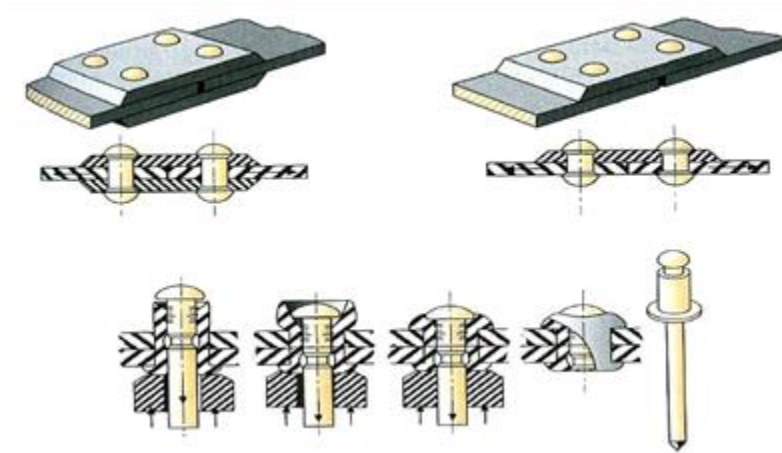
2.1.1 Unión fija o permanente

Es aquella que no se desajusta, no se puede reutilizar una vez se hayan separado los elementos se encuentre unidos de esta manera. Uniones de este tipo son los siguientes:

Remaches

Consisten en la unión de piezas que previamente deben contar con agujeros por medio de los cuales se introduce un eje que cuenta con una cabeza en uno de sus extremos, que le impide atravesar totalmente las piezas. Entonces lo que se hace es crearle una cabeza en el extremo que no tiene, de tal manera que su movimiento quede restringido en ambos sentidos y con ello sostener a las piezas (IMH, 2019).

Figura 3. *Uniones mediante remaches.*

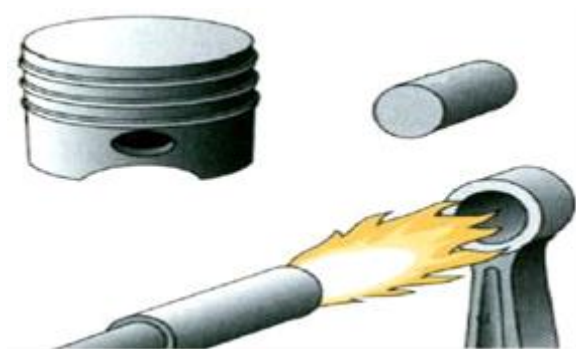


Tomada de: IMH. (2019).

Unión forzada

Es aquella en la que se debe dilatar a uno de los elementos, mediante el incremento de su temperatura, de tal manera que cuando se deje enfriar se contraiga manteniendo al elemento interno sujeto.

Figura 4. *Ilustración de unión forzada.*



Tomada de: IMH. (2019).

Soldadura

En una forma de unir piezas en la que hay fusión del material, ya sea mediante presión o aumento de su temperatura y puede ser que haya aplicación de material adicional o simplemente se fusionen los elementos a unirse (IMH, 2019).

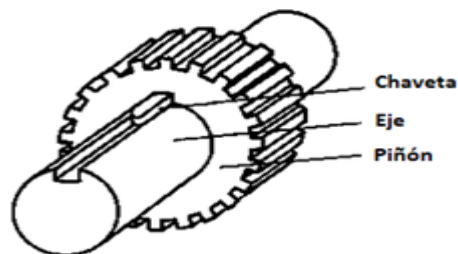
2.1.2. Unión desmontable

Como su nombre lo indica este tipo de unión permite desensamblar el mecanismo o unión que se encuentre realizando, de tal manera que, si se encuentra en buen estado, se puede reutilizar. Existen varios tipos entre los que se encuentra, chavetas y pasadores. Sin embargo, los más conocidos y empleados son los sujetadores roscados.

Chaveta

Consiste en una pieza metálica con forma rectangular denominada también como cuña, que se introduce en una ranura que se ha realizado en los elementos a unir, estas se emplean para aplicaciones en las que se necesita que haya transmisión de movimiento rotacional entre piezas como es el caso de un eje que hace girar a un piñón que se encuentra acoplado a este (Tecnoalex, s.f).

Figura 5. *Unión mediante chaveta.*

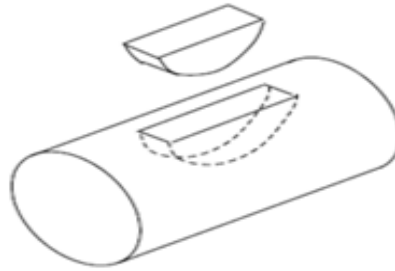


Adaptada de: Tecnoalex (s.f).

Lengüeta

Son elementos que cumplen una función similar a las chavetas. Sin embargo, se diferencia en que permite el desplazamiento longitudinal o axial entre las piezas (Tecnoalex, s.f).

Figura 6. *Ilustración de chaveta.*



Tomada de: Tecnoalex. (s.f).

Pasadores

Son simplemente elementos redondeados alargados que se introducen a través de agujeros que deben tener las piezas a unirse, ocurre de manera similar a los remaches, pero en este caso el elemento cuenta con cabeza en un solo extremo y mediante la presión que ejerce sobre las superficies de los orificios, se mantiene fijo (Tecnoalex, s.f).

Figura 7. *Ilustración de pasador.*

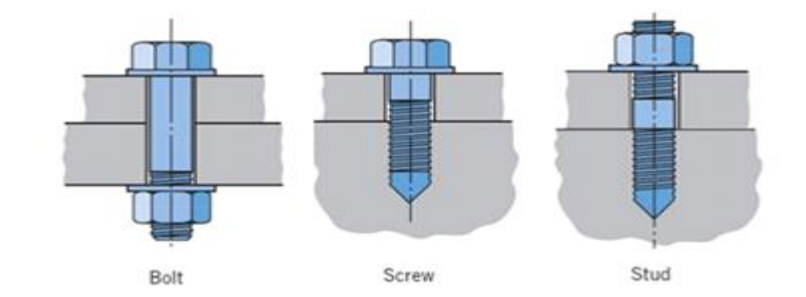


Tomada de: Tecnoalex (s.f).

Uniones roscadas

Estos son las más ampliamente utilizadas en los ensambles, consiste en la unión de piezas mediante uno o más elementos que cuentan con roscas complementarias, es decir uno con rosca exterior y otro con rosca interior. En el caso del elemento interior, puede ser un tornillo, perno o espárrago, los cuales normalmente suelen confundirse. Como elemento exterior, puede tenerse una tuerca o la misma pieza que se requiera unir si cuenta con rosca para el ajuste (Mecapedia, 2016).

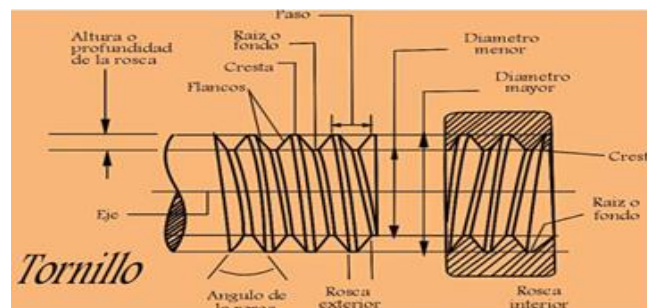
Figura 8. Ilustración de diferenciación.



Tomada de: PERNOS ITALICA (2020).

Los tornillos de manera general se clasifican debido a una gran variedad de características, una de ellas es de acuerdo con su tipo de rosca.

Figura 9. Partes de una rosca.



Tomada de: Díaz. (2018).

La rosca, es un filete de material de forma prismática alrededor o internamente en el elemento cilíndrico denominado núcleo, se compone de varias partes según Díaz (2018):

Paso: Es la distancia que hay dos cresta o valles.

Avance: Es la distancia lineal que recorre el tornillo al dar una vuelta completa.

Angulo de rosca: Es el que forman dos ángulos consecutivos.

Profundidad de rosca: Es la distancia más corta que existe entre un valle y una cresta.

Diámetro exterior: En el caso de los tornillos, es el diámetro de un cilindro tangente a las crestas y en las tuercas, es un cilindro tangente a los fondos.

Diámetro interior: Para los tornillos, es el diámetro correspondiente a un cilindro tangente a los fondos de la rosca, y en la tuerca el correspondiente a las crestas.

Diámetro medio: Es el correspondiente al diámetro correspondiente al punto en el que el ancho del filete es igual al del espacio entre flancos.

Ya teniendo claro las partes de la rosca, es posible ver los tipos que existen de acuerdo con su variación en estos factores.

Clasificación por posición:

Rosca exterior

Es aquella que ha sido labrada alrededor del elemento, como es el caso de los pernos, tornillos y espárragos.

Rosca interior

Se talla en la parte inferior de un elemento, ejemplo de elementos con este tipo de rosca son las tuercas y tapones de rosca.

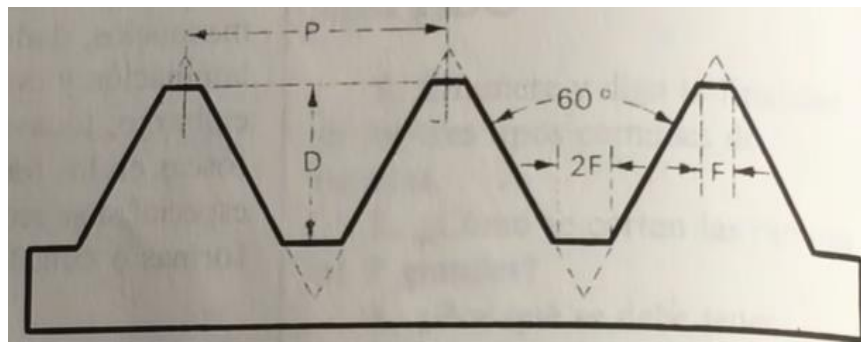
Clasificación de rosca por forma de filete:

En esta clasificación, como su nombre indica la forma del filete es la que mara la diferencia, entre las principales de esta clasificación se pueden encontrar las siguientes:

Rosca métrica (ISO)

Esta rosca está dimensionada en base al sistema métrico, la forma de su filete se basa en la figura de un triángulo equilátero. Su vértice es truncado a una distancia de $1/8$ de su altura total, además esta es redondeada en su raíz a $1/16$ de esa misma altura (roscasferranjoan, s. f.).

Figura 10. Rosca métrica ISO.



Tomada de: Rocha (2018).

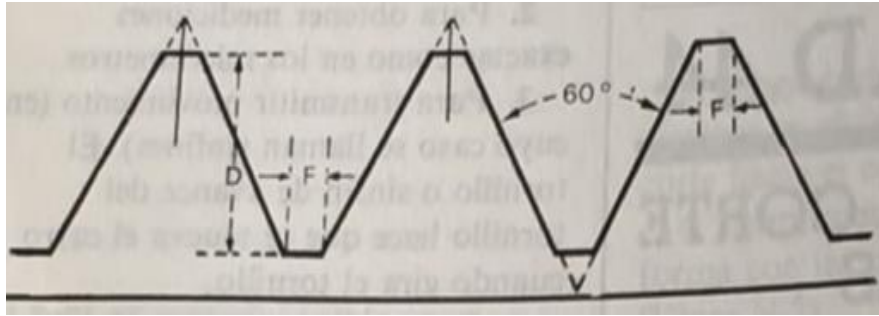
Rosca unificada (ISO)

En cuanto a forma esta es idéntica a la rosca métrica. Sin embargo, su diferencia radica en el sistema de medida en el que están denominadas, ya que en esta sus dimensiones están dadas en el sistema inglés (De Máquinas y Herramientas, 2016).

Americana

En este tipo de rosca, la punta de la forma del filete puede ser mocha o redondeada. Para el caso de su raíz si es estrictamente redondeada (Full Mecánica, 2014).

Figura 11. Rosca nacional americana.

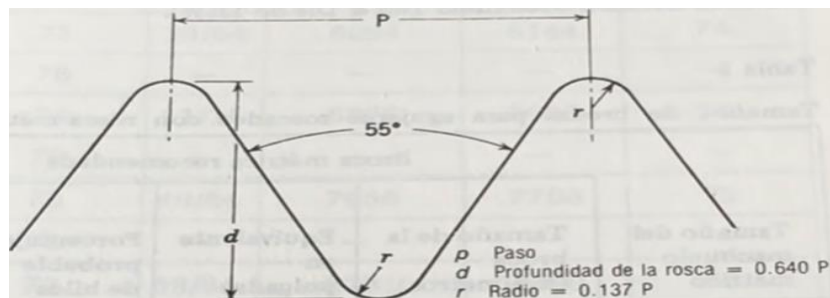


Tomada de: Rocha (2018).

Rosca Whitworth

Esta cuenta con un ángulo entre flancos igual a 55° y tanto sus crestas como sus valles son redondeados.

Figura 12. Rosca Whitworth.

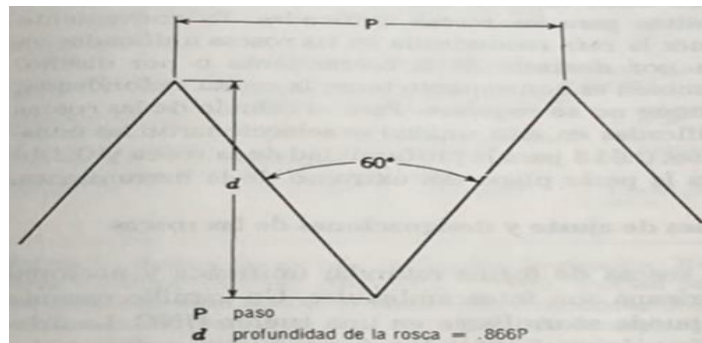


Tomada de: Rocha (2018).

V aguda

Actualmente su utilización es bastante reducida. Como su nombre indica, la forma de su filete corresponde a la de una V. Este tipo de rosca fue la base de las demás, ya que un inconveniente que se tiene es que la unión queda con un ajuste demasiado elevado. Y la solución para mejorar este aspecto es que estos puntos no sean tan críticos.

Figura 13. Ilustración rosca en v aguda.



Tomada de: Rocha (2018).

Clasificación de rosca por número de hilos

Las roscas con las que puede contar un tornillo pueden ser múltiples, es decir se puede tener más de un hilo rodeando a lo que sería el corazón del tornillo. La principal ventaja de esto es que el avance que el tornillo tendrá por vuelta dada será mayor a que si se empleara un tornillo de rosca simple que cuente con un paso de igual valor.

Clasificación de tornillos de acuerdo con el tipo de cabeza

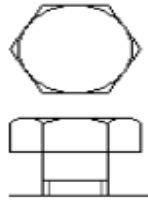
La cabeza del tornillo es una parte de gran importancia, ya que esta es la que permite el apriete del mismo. Además, la cabeza está ligada a la capacidad de ajuste del cuerpo del tornillo y es empleada para abarcar marcas que fueron establecidas por estándares para clasificarlos de acuerdo con su resistencia.

Algunos de los tipos principales que se pueden encontrar son los siguientes (RAMIREZ, 2013):

Cabeza hexagonal

Los tornillos con este tipo de cabeza son los más comunes y de mayor resistencia, ya que por su forma es posible emplear llaves que permiten ejercer torques bastante elevados para su apriete.

Figura 14. *Ilustración cabeza hexagonal*

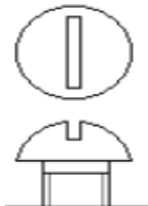


Tomada de: Ramírez. (2013).

Cabeza redonda

La principal característica de los tornillos con este tipo de cabeza, es que cuentan con una base de cabeza con un área bastante amplia lo que asegura una mayor resistencia de parte del material al apriete.

Figura 15. *Cabeza avellanada.*



Tomada de: Ramírez. (2013).

Cabeza avellanada

Un tornillo que cuente con este tipo de cabeza, es el indicado para aquellas aplicaciones en las que se requiere que la cabeza quede a ras de la superficie de la pieza que se atornille.

Figura 16. *Cabeza avellanada*

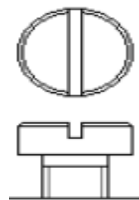


Tomada de: Ramírez. (2013).

Cabeza cilíndrica

Los tornillos con este tipo de cabeza suelen ser ajustables tanto con destornillador como con llave Allen siendo estos los más conocidos, ya que dicho sistema de apriete el cual consiste en una ranura hexagonal interna, cuenta con menor riesgo de que sufra daños debidos a causas externas como sucede con la mayoría de los otros tornillos.

Figura 17. *Cabeza cilíndrica*.



Tomada de: Ramírez. (2013)

Clasificación de tornillos de acuerdo con la resistencia a esfuerzo

Como se mencionó anteriormente, los tornillos que se fabrican bajo los estándares de calidad, cuentan con marcas, las cuales se alojan en su cabeza e indican su resistencia. Existen dos estándares que establecen estas escalas. En escala de grados y en escala de clases.

El primer estándar es el sistema americano, que es definido por la norma SAE j429 establecida por la sociedad de ingenieros de automoción (SAE), los grados y las marcas correspondientes por este estándar, son los que se indican en la tabla 1.

Tabla 1. *Propiedades mecánicas según SAE j429.*

Grade Designation	Products	Nominal Size Dia, In	Full Size Bolts, Screws, Studs, Sems, Proof Load (Stress), psi	Full Size Bolts, Screws, Studs, Sems, Tensile Strength (Stress) Min, psi	Machine Test Specimens of Bolts, Screws, and Studs Yield ⁽²⁾ Strength (Stress) Min, psi	Machine Test Specimens of Bolts, Screws, and Studs Tensile Strength (Stress) Min, psi	Machine Test Specimens of Bolts, Screws, and Studs Elongation ⁽³⁾ Min, %	Machine Test Specimens of Bolts, Screws, and Studs Reduction of Area Min, %	Surface Hardness Rockwell 30N Max	Core Hardness Rockwell Min	Core Hardness Rockwell Max	Grade Identification Marking ⁽⁴⁾
1	Bolts, Screws, Studs	1/4 thru 1-1/2	33 000 ⁽⁵⁾	60 000	36 000 ⁽⁶⁾	60 000	18	35	—	B70	B100	None
2	Bolts, Screws, Studs	1/4 thru 3/4 ⁽⁷⁾	55 000 ⁽⁵⁾	74 000	57 000	74 000	18	35	—	B80	B100	None
		Over 3/4 thru 1-1/2	33 000	60 000	36 000 ⁽⁶⁾	60 000	18	35	—	B70	B100	None
4	Studs	1/4 thru 1-1/2	65 000	115 000	100 000	115 000	10	35	—	C22	C32	None
5	Bolts, Screws, Studs	1/4 thru 1	85 000	120 000	92 000	120 000	14	35	54	C25	C34	Y
		Over 1 thru 1-1/2	74 000	105 000	81 000	105 000	14	35	50	C19	C30	I
5,1 ⁽⁸⁾	Sems	No. 4 thru 5/8	85 000	120 000	—	—	—	—	59.5	C25	C40	I
5.2	Bolts, Screws	1/4 thru 1	85 000	120 000	92 000	120 000	14	35	56	C26	C36	I
8	Bolts, Screws, Studs	1/4 thru 1-1/2	120 000	150 000	130 000	150 000	12	35	58.6	C33	C39	Y
8.1	Studs	1/4 thru 1-1/2	120 000	150 000	130 000	150 000	10	35	58.6	C33	C39	None
8.2	Bolts, Screws	1/4 thru 1	120 000	150 000	130 000	150 000	10	35	58.6	C33	C39	Y

Tomada de: SAE. (1999)

En el estándar de clases los niveles que se tienen son los que se observa en la tabla 2.

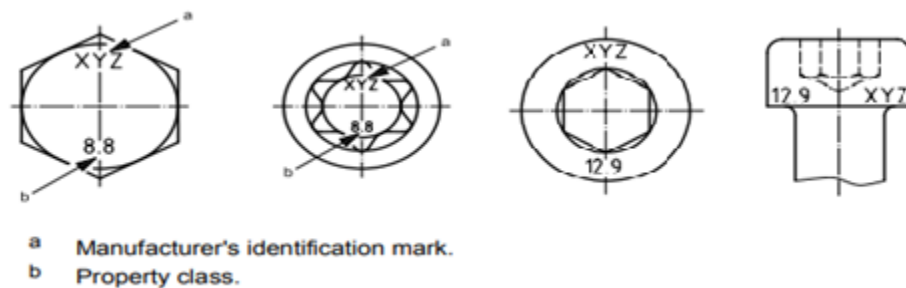
Tabla 2. Clases de resistencia según ISO 898-1.

Property class	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	<u>12.9</u>
Marking symbol ^a	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	<u>12.9</u>
^a The dot in the marking symbol may be omitted.										

Tomada de: ISO 898-1. (2009).

Ahora bien, para identificar la propiedad del tornillo, este deberá contar con dos marcas como se indica en la figura 18.

Figura 18. Marca de clase según ISO 898-1.



Tomada de: ISO 898-1. (2009).

Torque de apriete

Cuando se realiza el apriete de tornillos, es importante que el torque que se ejerce sea el adecuado para que estos operen en óptimas condiciones. El torque recomendado se puede encontrar en tablas, para lo cual es necesario saber el grado o clase de dureza del tornillo. Un ejemplo de la forma como este podría determinarse, es como se indica en la tabla 3, en la que se observa que dependiendo del grado de dureza.

Tabla 3. Torque de apriete de acuerdo a clase, diámetro y paso de tornillo.

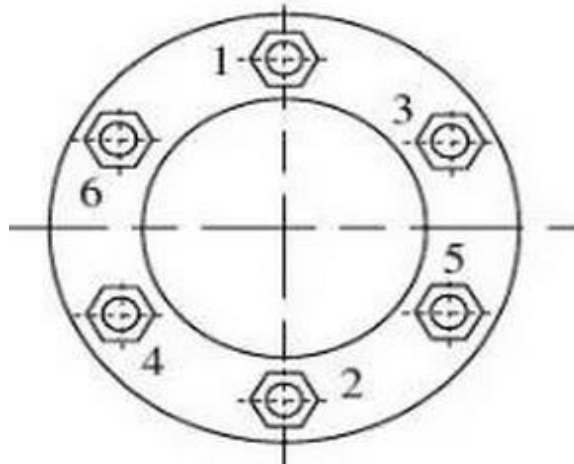
SAE GRADE 2						
Diámetro	Paso	Carga de Prueba (lbs)	Fuerza de Apriete (lbs)	Torque (ft lbs)		
				Lubricado	Galv	Negro
1/4	20	1,750	1,313	3	7	5
5/16	18	2,900	2,175	6	14	11
3/8	16	4,250	3,188	10	25	20
7/16	14	5,850	4,388	16	40	32
1/2	13	7,800	5,850	24	61	49
9/16	12	10,000	7,500	35	88	70
5/8	11	12,400	9,300	48	121	97
3/4	10	18,400	13,800	86	216	173
7/8	9	15,200	11,400	83	208	166
1	8	20,000	15,000	125	313	250
1 1/8	7	25,200	18,900	177	443	354
1 1/4	7	32,000	24,000	250	625	500
1 3/8	6	38,100	28,575	327	819	655
1 1/2	6	46,400	34,800	435	1,088	870

Tomada de: REDICA. (2021).

Secuencia de apriete

Aparte de aplicar un valor de torque de apriete específico, es importante también que cuando sean varios los tornillos a ajustarse, se siga un orden determinado para que ni estos ni la pieza sufran daños. Al orden que se debe seguir para el apriete se le conoce también como patrón de apriete. Existen varios patrones de acuerdo al número de tornillos y a la forma de la pieza que haya que ajustarse, un ejemplo de apriete bastante común es el que se indica en la figura 19.

Figura 19. *Ejemplo de patrón de apriete.*



Tomada de: PARRI. (2019).

2.1.3. Normas de tornillos

Existen varias normas del sistema internacional, referidas a este tipo de uniones desmontables que son roscadas. Entre las más destacadas que se podría consultar sobre sus características, están las siguientes:

UNE-EN ISO 225:2011

Elementos de fijación. Pernos, tornillos, espárragos y tuercas. Símbolos y designación de las dimensiones. (ISO 225:2010).

UNE-EN ISO 898-1:2010

Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y acero aleado. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones con clases de calidad especificadas. Rosca de paso grueso y rosca de paso fino (ISO 898-1, 2009).

UNE-EN ISO 898-2:2013

Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y de acero aleado. Parte 2: Tuercas con clases de calidad especificadas. Rosca de paso grueso y rosca de paso fino. (ISO 898-2, 2012).

UNE-EN ISO 4014:2011

Pernos de cabeza hexagonal. Productos de clases A y B. (ISO 4014, 2011)

2.2 Metrología dimensional

La metrología a modo general se define como la ciencia de las mediciones, que se basa en las variables fundamentales, que son longitud, masa y tiempo de los que se desprenden las demás que se conocen, tales como volumen, aceleración, entre otros. (Britannica, T. Editores de enciclopedia, 2015).

En la metrología se abarca los sistemas de unidades, que son los conjuntos de unidades que se pueden agrupar o combinar para poder especificar una determinada magnitud física.

“Sistema internacional de unidades (SI): Es el más usado. Sus unidades básicas son: el metro, el kilogramo, el segundo, el ampere, el kelvin, la candela y el mol.

Sistema métrico decimal: Primer sistema unificado de medidas.

Sistema cegesimal (CGS): Sus unidades básicas son el centímetro, el gramo y el segundo.

Sistema natural: En el cual las unidades se escogen de forma que ciertas constantes físicas valgan exactamente 1.

Sistema técnico de unidades: Toma como magnitudes fundamentales la longitud, la fuerza, el tiempo y la temperatura.

Sistema anglosajón de unidades: Utilizado en algunos países anglosajones, aunque muchos de ellos lo están reemplazando por el SI. “(Angustias, 2011).

Independientemente del sistema que se emplee, se tiene la posibilidad de realizar conversiones entre magnitudes de uno a otro mediante el factor de conversión correspondiente.

2.2.1 Instrumentos de medición

Los instrumentos con los que se deben realizar las mediciones, es otro de los aspectos contemplados en la metrología y es algo que depende de las variables. La metrología a la que aquí se hace referencia es a la dimensional, es decir la que se ocupa de las dimensiones de los objetos, por lo tanto, en esta se contemplan los instrumentos que permiten obtener mediciones en términos de longitud con instrumentos entre los que se encuentran los siguientes:

Regla graduada

Son un instrumento con divisiones grabadas a lo largo de su cuerpo que corresponden a tramos de distancia basados en el sistema métrico, inglés o en ocasiones cuenta con escalas de ambos sistemas, estos elementos obedecen a características definidas por las normas DIN (*De Máquinas y Herramientas*, 2016).

Calibrador

Figura 20. *Imagen de calibrador.*



Tomada de: Instrumentos de Medición. (2022).

Es un instrumento empleado para medir diámetros externos, internos y profundidades. Se compone de dos reglas las cuales cuentan con escuadras en sus extremos. Dichas reglas tienen escalas marcadas en sus caras para visualizar el valor de la medición. *Instrumentos de Medición* (2022).

Goniómetro

Más conocido como transportador, es un instrumento que permite realizar mediciones de ángulos, existen varios tipos, entre los que se destacan el simple y el digital que son los más comunes. En la figura 21 se aprecia las partes que un transportador debe tener para que la medición sea posible.

Figura 21 *Partes del goniómetro.*

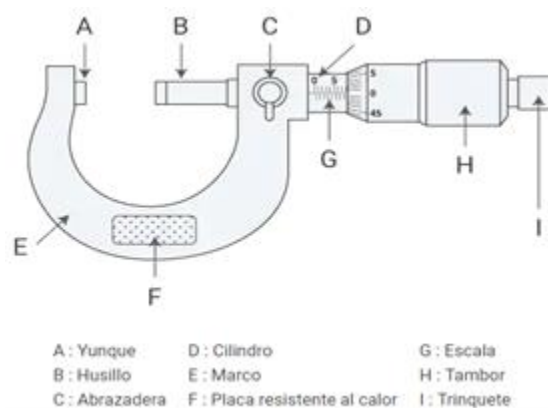


Tomada de: ComoFunciona (2022).

Micrómetro

Es un instrumento que permite realizar mediciones con un margen de precisión y exactitud de hasta en el orden de las micras en algunos casos. Existen varios tipos de calibradores de acuerdo con la medición que se requiera realiza, existen para medir diámetros exteriores, diámetros interiores, profundidades. El que se aprecia en la figura 22 es el más común. Para realizar la medición, la pieza debe estar entre el yunque y el husillo y lo que se hace es girar al tambor con lo que el husillo debe ajustarse a las dimensiones de la pieza a lo que esto suceda, debe accionarse el trinquete para asegurar el husillo y tomar la medida correctamente.

Figura 22. *Partes del micrómetro.*



Tomada de: *KEYENCE*. (2022).

Medidor telescópico

Es un instrumento para realizar mediciones internas, como son los agujeros. Estos en unos de sus extremos cuentan con dos puntas desplegables, las cuales hacen que su figura sea similar a una T. Lo que sucede es que estas puntas inicialmente se encuentran contraídas y posteriormente en el momento de medición, estas se despliegan de manera que la superficie de la pieza que se esté midiendo, limita su expansión. Sin embargo, con este

instrumento no es posible obtener un valor directo de la medida, sino que se requiere un instrumento adicional como un calibrador, por ejemplo, lo que este instrumento permite es tener una referencia de la medida, por ello, este cuenta con un tonillo en el otro extremo para fijar las puntas y así poder retirarlo del agujero para medir la distancia entre sus extremos, que sería el valor correspondiente a la medición realizada. Estos vienen diferenciados debido a que se emplean para realizar mediciones en determinados rangos. *Jobs-Job* (s.f.).

Figura 23. *Calibradores de diferentes rangos*



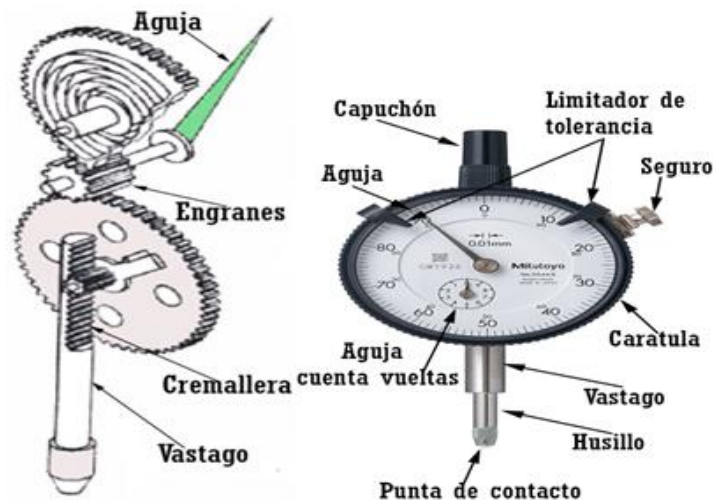
Tomada de: SUMICALI. (s.f.).

Comparador de carátula

También conocido como reloj comparador, como su nombre lo indica permite medir la diferencia entre las dimensiones ya sea entre objetos diferentes o entre las partes de una misma pieza. En este instrumento lo que ocurre es que se realiza una conversión de un movimiento lineal a uno rotatorio, para lo cual este cuenta con un sistema de engranajes, como se muestra en la figura 24, por ello mismo, es posible tener gran precisión y exactitud en la medida. El elemento que se ve afectado al encontrarse diferencias en la medida es el

punto de contacto, pieza que en la figura se puede apreciar se movería hacia adentro o hacia afuera del mecanismo y de acuerdo con eso, la aguja giraría para indicar un determinado valor en la carátula.

Figura 24. Partes del reloj comparador.



Tomada de: INGENIERÍA MECAFENIX. (2018).

2.2.3 Tolerancias y desviaciones

En la metrología también se contempla que ninguna medición que se realiza, es exacta. Además, si en el diseño se estableciera unas medidas sin respetar un margen de error, sería en la fabricación en donde se tendría errores, por cuestión de las máquinas, por ejemplo. También se puede tener inexactitud en la toma de medida debida a la propia naturaleza de los instrumentos o incluso errores humanos, en la utilización de los mismos. Otro aspecto que se considera es que las piezas de un mecanismo necesitan cierto rango de medida para su correcto funcionamiento, es decir, un ensamble puede funcionar correctamente en un software CAD, por ejemplo. Sin embargo, en la realidad para que dos

elementos puedan acoplarse estos necesitan contar con cierta diferencia en sus dimensiones, cosa que el software podría simular, aunque fueran de la misma magnitud, lo que sería erróneo. Por lo anterior, es que se han definido ciertos conceptos y dado lineamientos sobre cómo se deben especificar las medidas de piezas en su etapa de diseño, tal como se verá en este apartado en el que la información dada es en base al documento de la ISO 286-1.

Tolerancia

Es la diferencia que existe entre el valor máximo y el mínimo permitido para la medida de una pieza.

Desviación

Es la diferencia entre el valor límite aceptado y el valor de la medida de referencia o ideal, ese límite puede ser el valor máximo o mínimo, dependiendo de la posición de la tolerancia.

Desviación del límite superior

Corresponde a la desviación en la que la tolerancia dicta, que el valor máximo admitido, se ubique por debajo del valor de referencia. En la gráfica de desviaciones que se mostrará más adelante, se indica como “ES” para mediciones internas y “es” para mediciones externas.

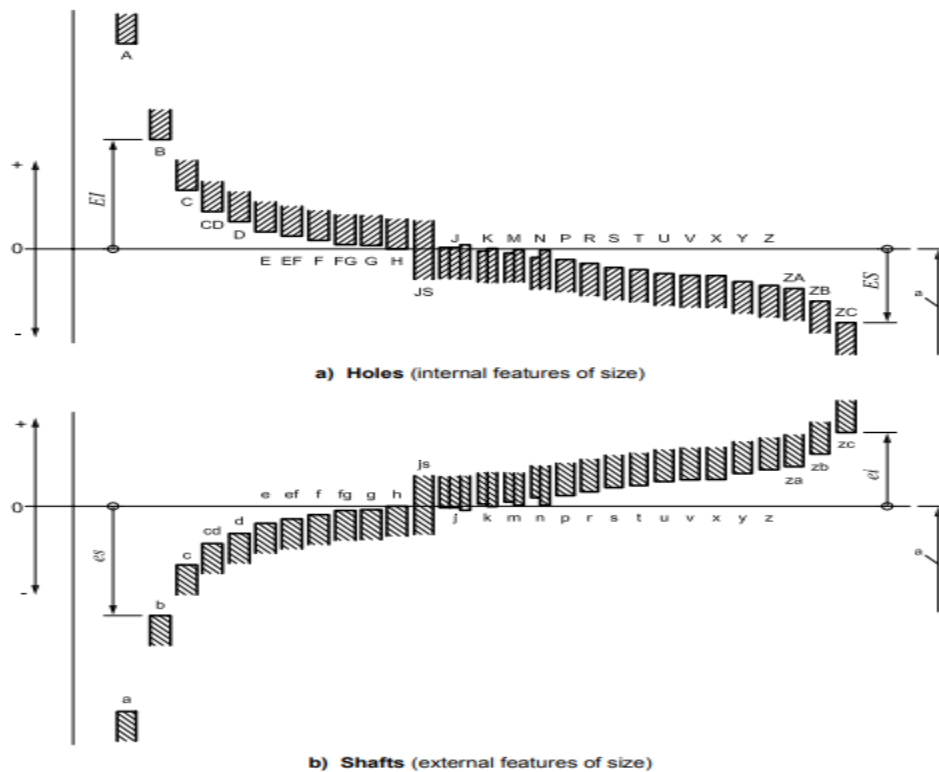
Desviación del límite inferior

Corresponde a la desviación en la que la tolerancia dicta, que el valor mínimo admitido, se ubique por encima del valor de referencia. En la gráfica de desviaciones se denota como “EI” para el caso de mediciones internas y “ei” para mediciones externas.

Es importante saber que las mediciones internas, son ilustradas como si de un agujero se tratara, mientras que para las externas se emplea la geometría de un eje para indicar las características de las medidas.

Entonces de acuerdo con lo que se había mencionado, la desviación puede verse como la posición de la tolerancia. Por ello, es que existen posiciones estándares marcadas mediante letras, como se muestra en la figura 25.

Figura 25. *Posiciones de tolerancias.*



Tomada de: ISO 286-1. (2010)

En la figura se aprecia que, para mediciones internas, se emplea letras mayúsculas y para mediciones externas letras minúsculas.

Cada letra indica una desviación, por lo que, para saber su valor, lo que se hace es ubicar en la tabla de desviaciones del estándar de acuerdo al valor de la medida. Un segmento de la tabla dado por el estándar ISO, es el que se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4. *Segmento de tabla de desviaciones.*

Nominal size mm		Fundamental deviation values Lower limit deviation, <i>ei</i>																
Above	Up to and includ- ing	IT4 to IT7	Up to and includ- ing IT3 and above IT7	All standard tolerance grades														
				k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
		—	3	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40
3	6	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80	
6	10	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97	
10	14	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130	
14	18											+39	+45		+60	+77	+108	+150
18	24	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
24	30									+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
30	40	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
40	50									+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
50	65	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405	
65	80							+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
80	100	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
100	120							+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
120	140	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800	
140	160							+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
160	180	+4	0	+17	+31	+50	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1 000	
180	200							+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1 150
200	225	+4	0	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1 250	
225	250							+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1 050	+1 350
250	280	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1 200	+1 550	
280	315							+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1 000	+1 300	+1 700
315	355	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1 150	+1 500	+1 900	
355	400							+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1 000	+1 300	+1 650	+2 100

Tomada de: ISO 286-1. (2010).

Ahora bien, la escritura de una medición que contemple una desviación y una tolerancia, contará con tres elementos que son: la medida ideal o de referencia, la letra que indica la desviación y un número que corresponde al índice de calidad de la tolerancia que simplemente es el rango de la misma. El índice de calidad es un valor que también se

encuentra en el estándar, como muestra en la tabla 4, el valor está dado en función del valor de la medida, en términos de diámetro, ya que como se había mencionado, en el estándar se toma como base la geometría de agujeros y ejes para describir tolerancias y desviaciones.

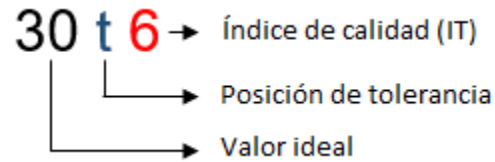
Tabla 5. Valor de tolerancia dada por índice de calidad.

Nominal size mm		Standard tolerance grades																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Above	Up to and including	Standard tolerance values																			
		μm										mm									
—	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1 000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1 000	1 250			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1 250	1 600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1 600	2 000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2 000	2 500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1 100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2 500	3 150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1 350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Tomada de: ISO 286-1. (2010).

Ya conociendo los elementos básicos necesarios, en la figura 26 se tiene un ejemplo de medida especificada contemplando una desviación y tolerancia específicas.

Figura 26. Elementos de una cota con desviación y tolerancia



Elaborada por autor.

De la imagen se puede deducir que la cota corresponde a una dimensión externa o de eje, lo cual se confirma observando la figura 25, mostrada anteriormente. Además, en la figura se aprecia que la tolerancia se encuentra ubicada por encima del valor ideal, lo que significa que incluso el valor mínimo, es mayor a dicha magnitud. El valor que se observaría en la tabla de desviaciones, que en este caso es $48\mu\text{m}$, sería lo que se debe añadir al valor ideal para obtener la dimensión mínima aceptada para esta pieza. Luego, para determinar el rango de tolerancia, se debe observar en la tabla de tolerancias, lo que para esta ocasión sería $16\mu\text{m}$. Por tanto, la medida mínima aceptada para esta pieza sería 30 con $48\mu\text{m}$ y la máxima 30 con $64\mu\text{m}$.

2.3 Engranajes

Un engranaje es un mecanismo, que permite transmitir movimiento de rotación, consiste en el acoplamiento de ruedas dentadas. Existen varios tipos de engranajes, que se diferencian en alguno de los siguientes aspectos: la forma de las ruedas, la orientación de sus dientes respecto a los ejes y la orientación de los ejes entre sí. Entre los principales tipos están los siguientes:

- Engranaje cilíndrico recto.
- Engranaje cilíndrico helicoidal.

- Engranaje cónico.
- Tornillo sin- fin.

(Mecapedia, 2020).

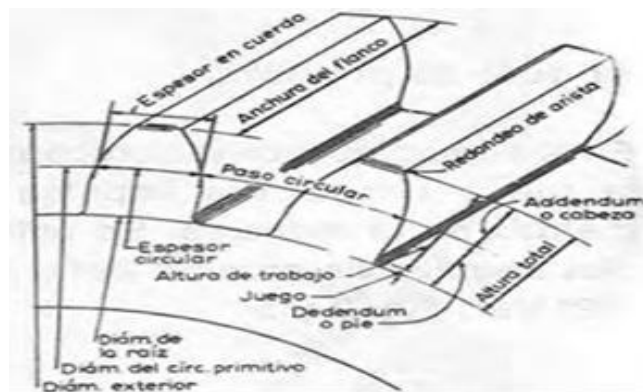
Para conocer un poco más a detalle, se describirá las características y aspectos más importantes sobre cada uno de los engranajes que se mencionó.

2.3.1 Engranaje cilíndrico recto

Este tipo de engranajes debe su nombre a la forma recta de sus dientes y se caracterizan por transmitir movimiento entre ejes que se encuentren dispuestos de forma paralela entre sí y que la distancia entre sus centros sea pequeña.

A continuación, en la figura 27, se puede visualizar las partes de una rueda dentada, que es necesario conocer para la realización de engranajes.

Figura 27. Partes de una rueda dentada



Tomada de: SENA. (1984).

Los conceptos y ecuaciones están basados en información dada por una guía (SENA, 1984):

Módulo (M)

Es el cociente entre el diámetro primitivo expresado en milímetros y la cantidad de dientes de la rueda.

$$M = \frac{D_p}{Z}$$

Diámetro exterior (De)

Es el diámetro que con el que cuenta el cilindro original sobre el que se talla los dientes de la rueda dentada.

Diámetro primitivo (Dp)

Es el diámetro que corresponde a la circunferencia que se forma por el conjunto de puntos de los dientes de las ruedas entre los que se establece el contacto en el movimiento.

$$D_p = Z * M$$

Altura de la cabeza del diente (h1)

Es la distancia radial que existe entre la circunferencia primitiva y exterior. En el sistema internacional, la altura de la cabeza es igual al módulo del diente.

$$h_1 = M$$

Altura del pie del diente (h2)

Es la distancia radial entre la circunferencia raíz y la primitiva.

$$h_2 = 1.157M$$

Altura total del diente (h)

Es la distancia tangencial desde la circunferencia en la que se ha considerado juego, hasta el diámetro exterior.

$$h = h_1 + h_2$$

Juego o espacio libre (J)

Es el espacio que debe haber entre la cabeza y el fondo de los engranajes, a lo que se encuentre acoplados.

$$J = 0.157M$$

Diámetro interno (Di)

Es el diámetro correspondiente a la circunferencia interna, la cual es menor a la primitiva.

$$D_i = D_e - 2h$$

Diámetro de la raíz (Dr)

Es el diámetro de la circunferencia más pequeña que resulta desde la raíz hasta la cabeza del diente.

$$D_R = D_e - 2h - 2J$$

Paso circular (Pc)

Corresponde a la longitud del arco comprendido entre flancos de dos dientes consecutivos.

$$P_c = \pi * M$$

Espesor circular (E_c)

Es el tramo de la circunferencia primitiva que ocupa el espesor de un diente.

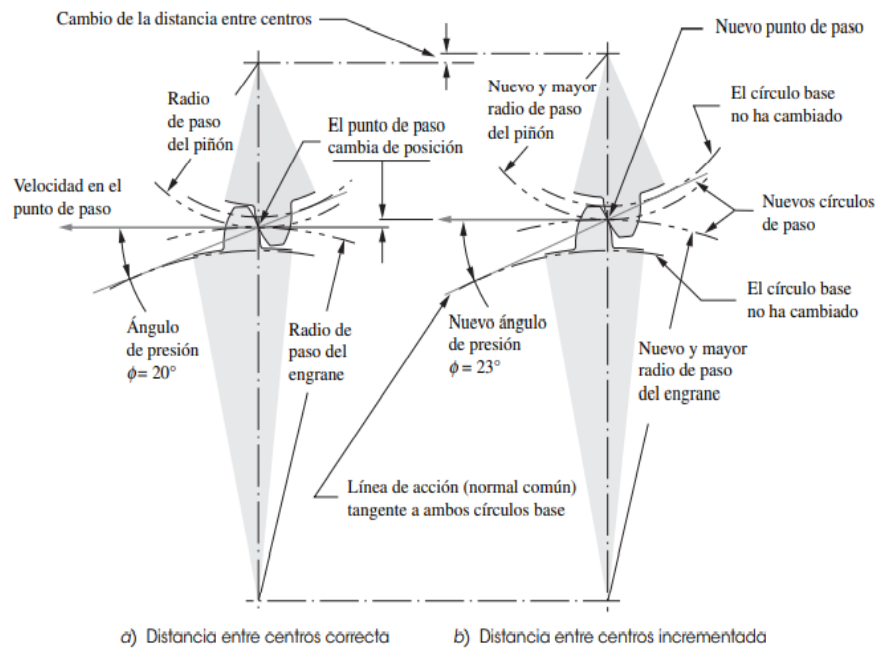
Distancia entre centros (d_c)

Desde una vista transversal a los ejes a los que se ajustan los engranes, es la distancia entre los puntos centrales de dichos ejes. Para un caso ideal, se podría calcular con la formula mostrada

$$d_c = \frac{D_{p1} + D_{p2}}{2}$$

Sin embargo, la distancia entre centros para el caso de engranes con dientes en forma de involuta puede variar dependiendo del ángulo de presión sin afectar la relación de transmisión angular. Esto se puede notar como el caso mostrado en la figura 28.

Figura 28. Distancia entre centros respecto de ángulo de presión



Tomada de: Norton (2009).

Relación de transmisión (RT)

Corresponde a la relación entre la velocidad de salida (N2) y la de entrada (N1) o bien, la relación entre el número de dientes de la rueda de entrada (Z1) entre el de la salida (Z2).

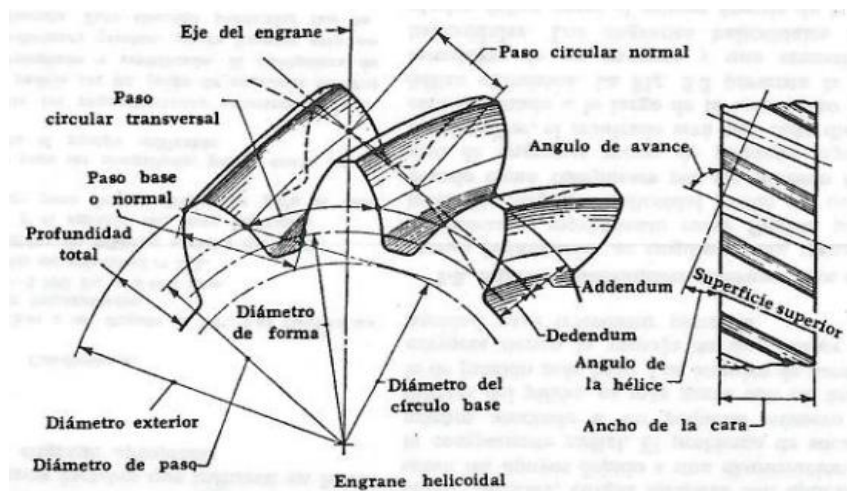
$$RT = \frac{N2}{N1} = \frac{Z1}{Z2}$$

Es necesario tener en cuenta que el eje conducido va a girar en sentido contrario al eje conductor, en caso de que el engranaje solo conste de dos ruedas dentadas. Para que ambos giren en un mismo sentido, es necesario que haya una rueda loca en medio de ellos.

2.3.2 Engranajes cilíndricos helicoidales

Estos con respecto a los anteriores, cuentan con la principal diferencia en la orientación de sus dientes, ya que en estos tienen forma helicoidal o con orientación de tal manera que forman un ángulo con respecto a la línea de los ejes. En este caso el ángulo de los dientes de una de las ruedas del engranaje es en sentido contrario al de la otra que compone el engranaje, para el caso de los que sea justan en ejes paralelos (Dudley,1973).

Figura 29. Partes de un engranaje helicoidal.



Tomada de: Dudley. (1973).

De acuerdo a Dudley (1973), a un engranaje helicoidal se le deben calcular las siguientes partes:

Angulo de la hélice (φ)

Es el ángulo formado entre la línea central del eje sobre el que irá montada la rueda dentada y los dientes de la misma rueda.

Adendo (a)

También conocida como la cabeza del diente, es la distancia tangencial que existe entre la circunferencia primitiva y la circunferencia exterior.

Paso diametral normal (P_n)

Es la distancia normal entre superficies envolventes helicoidales.

$$P_n = \frac{N}{D * \cos\varphi}$$

Diámetro primitivo (D)

De manera similar a los engranajes cilíndricos rectos, en estos corresponde al diámetro sobre el que se establecen las relaciones de transmisión.

$$D = \frac{N}{P_n * \cos\varphi}$$

Distancia entre centros (C)

Es la distancia aproximada a la cual deben situarse los centros de los ejes que soportan a los engranes.

$$C = \frac{Dp1 + Dp2}{2}$$

Diámetro exterior (D_o)

Corresponde al diámetro de la circunferencia más grande, la cual define el límite de los dientes de los engranes.

$$D_o = D + 2a$$

Espesor normal aproximado del diente (t_n)

Consiste en una longitud de arco del diente a lo largo de una hélice normal.

$$t_n = \frac{1.571}{P_n}$$

Espesor transversal del diente (t_t)

Es el espesor circular en el plano transversal.

$$t_t = \frac{t_n}{\cos\phi}$$

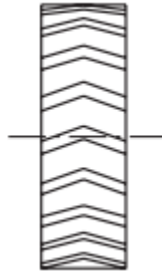
Ángulo de presión normal (ϕ_n)

Corresponde al ángulo formado entre la línea de acción y la línea tangente a las circunferencias primitivas de los engranes.

$$\tan\phi_n = \tan\phi \cos\phi$$

Un aspecto negativo que tienen los engranes helicoidales, es que debido al ángulo que sus dientes tienen, estos ejercen fuerzas axiales sobre sus soportes, con lo que para aplicaciones de altas potencias no serían muy convenientes para la conservación de la máquina. Por ello existen los engranes helicoidales dobles o de espigas de pescado, que consisten básicamente en el ajuste de dos engranes helicoidales simples, en un mismo eje y opuestos entre sí, con esto se generan fuerzan axiales opuestas y así mismo se logra su anulación (Norton, 2009). Sin embargo, para su fabricación se hace desde una sola pieza, en la figura 30 se aprecia como luce un engranaje de este tipo.

Figura 30. *Dientes de engrane espinas de pescado o helicoidal doble*



Tomada de: Norton (2009).

Ya conociendo algunas de las características de los engranes rectos y helicoidales, en cuanto a las ventajas y desventajas de los engranes helicoidales con respecto a los de dientes rectos, de acuerdo con *MecatrónicaLATAM* (2021). Se pueden mencionar las siguientes:

Ventajas

- Permiten transmitir mayores esfuerzos ya que los dientes cuentan con mayor cantidad de material para soportar la carga.
- Son más silenciosos y menos susceptibles a padecer de vibraciones, ya que el movimiento se transmite de manera más suave.

Desventajas

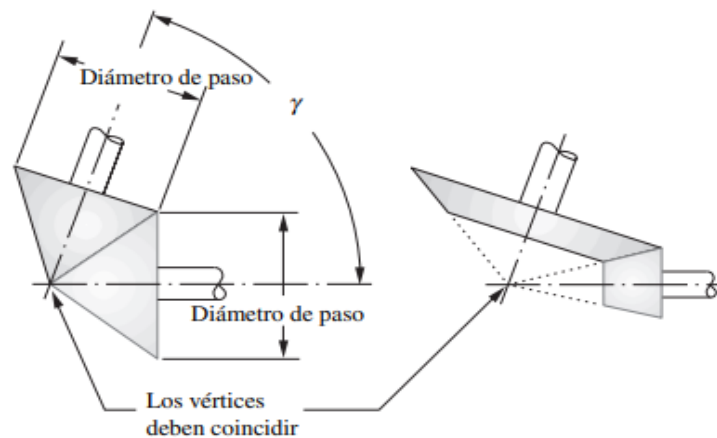
- Los engranes de dientes helicoidales son más complejos de fabricar debido a la complejidad dada por el ángulo de la hélice.
- Son más costosos debido también a que sus dientes demandan más material a causa del ángulo de hélice.
- Son menos eficientes, debido a que, al transmitirse el movimiento de manera suave, se tiene pérdidas por deslizamiento.

- Ejercen fuerzas axiales sobre los soportes, lo cual los deteriora y así mismo genera costos.

2.3.3 Engranajes cónicos

Este tipo de engranajes debe su nombre debido a la geometría básica de las que se parte para su diseño, la cual es cónica como se muestra en la figura 31.

Figura 31. Geometría base y encaje correcto de engranes cónicos



Tomada de: Norton (2009).

Lo interesante de este tipo de engranajes, es que se pueden emplear con ejes que se encuentran en un mismo plano y con un ángulo entre sí que puede ser menor, igual o mayor a 90° (Norton ,2009).

2.3.4 Tornillo sin-fin

Si a un engrane se le aumentara el ángulo de su hélice, este llegaría a un punto en el cual el perfil del diente rodearía de manera continua a la geometría cilíndrica sobre la que ha sido tallado. Es decir, sería un engrane de un solo diente, a este se le conoce como tornillo sinfín. Ahora bien, para que dicho tornillo pueda ser empleado en la transmisión de

movimiento, se requiere de una rueda dentada especial Norton (2009). En la figura 32 se puede visualizar el montaje básico del mecanismo.

Figura 32. *Acople de tornillo sin fin y rueda dentada.*



Tomada de: Norton (2009).

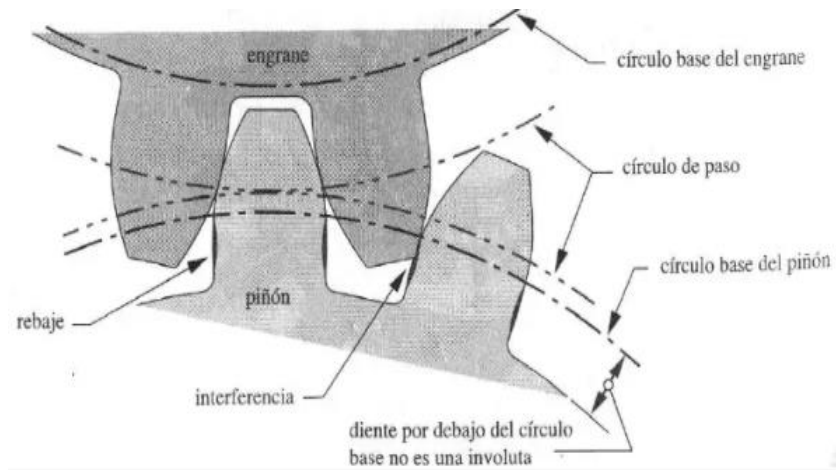
2.3.5 Fallas de engranajes

Cuando se emplea engranajes para la transmisión de movimiento, se pueden tener varios inconvenientes, incluso debidos al incorrecto diseño de los mismos. Por ello, a continuación, se verá algunos de ellos.

Interferencia

Este inconveniente puede aparecer en aquellos casos en que se busca obtener ganancias de transmisión que no son posibles, es decir una ganancia alta en un espacio pequeño, en donde seguramente será necesario que el piñón tenga un número de dientes menor al mínimo posible, cuando esto sucede, se presenta contacto entre caras de dientes del piñón y la rueda, que no deben entrar en contacto. Otra causa de interferencia en el desalineamiento en el acople de los engranes. En la figura 33 se indica la zona de contacto en la que se da el socavamiento a causa de la interferencia.

Figura 33. *Interferencia en engranajes.*



Tomada de: Benítez (1985).

Desgaste

Existen varios tipos de desgaste, que se diferencian a la causa que los produce. Sin embargo, de manera general consiste en el arranque de material de las caras de los dientes.

Desgaste abrasivo

Este se produce a lo largo del perfil del diente, a causa de la presencia de escorias o elementos ajenos al lubricante, en la zona de contacto entre las caras de contacto. Debido al deslizamiento que ocurre desde el punto de contacto más bajo hasta el más alto, este desgaste crea unos patrones sobre las superficies de los dientes, como se aprecia en la figura 34.

Figura 34. *Desgaste abrasivo.*



Tomada de: Benítez (1985).

Desgaste corrosivo

Este consiste en la desintegración del material del cuerpo de los engranajes a causa de su exposición a ciertas sustancias no convenientes para la mantener la composición del mismo debido a que estos desencazan reacciones químicas. Un típico ejemplo de sustancia que puede ocasionar este tipo de desgaste, es el agua (Benítez, 1985).

Desgaste adhesivo

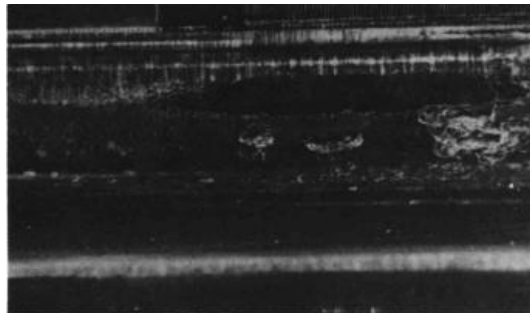
Como en este caso su nombre indica, consiste en una adhesión de material a una determinada cara de las que entran en contacto para la transmisión. Esto sucede cuando

el contacto entre los dientes se realiza de manera directa, es decir sin la capa de lubricante de por medio, por tanto, la temperatura es más alta de la adecuada y las zonas disparejas son arrancadas y adheridas a determinada zona de los dientes. Sin embargo, esto es el inicio de problema, ya que las masas que son adheridas posteriormente se fracturas y a medida que se repite el ciclo, se van generando picaduras en las mismas superficies acabando con la utilidad de los engranes (Benítez, 1985).

Escoriado y rayado

Es un problema, que al igual que en el caso anterior, se origina a causa de las irregularidades en las caras de contacto de los dientes. Sin embargo, este se diferencia en que dichos fragmentos que resultan tras el rozamiento, no se sueldan a ninguna cara, sino que se producen rayas en las mismas superficies y de allí parte el problema de picadura. Si no se toma medidas a tiempo, este fenómeno conduce a un caso peor que se conoce como escoriado, el cual a su vez se clasifica según el nivel de deterioro (Benítez, 1985).

Figura 35. *Escoriado*.



Tomada de: Benítez (1985).

Fatiga superficial

En este caso se habla de una falla que podría decirse que es natural que suceda. Puesto que, se presenta después de que el engranaje ha realizado muchos ciclos. Esta falla consiste en la creación de grietas en la superficie o cerca de la misma. Con lo que puede originarse un escoriado en cadena (Benítez, 1985).

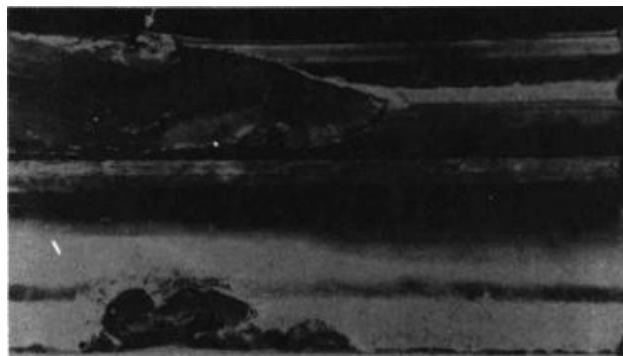
Flujo plástico

En este caso sucede una transferencia de material de un diente a otro, debido a la excesiva carga de transmisión o simplemente en ciertos momentos que se presentan picos máximos de esfuerzo. Lo que ocurre es que cierto material de un diente, se une de manera permanente a otro, obteniéndose un diente con dimensiones inadecuadas. Un ejemplo de esto puede ser un alargamiento de la cabeza del diente (Benítez, 1985).

Fractura por fatiga

Esta se genera en aplicaciones prolongadas y con sobrecargas. Se produce a causa de grietas que surgen en el diente afectado y estas con el funcionamiento de los engranajes, se amplían y se produce una rotura parcial del diente. (Benítez, 1985).

Figura 36. *Fractura por fatiga*.

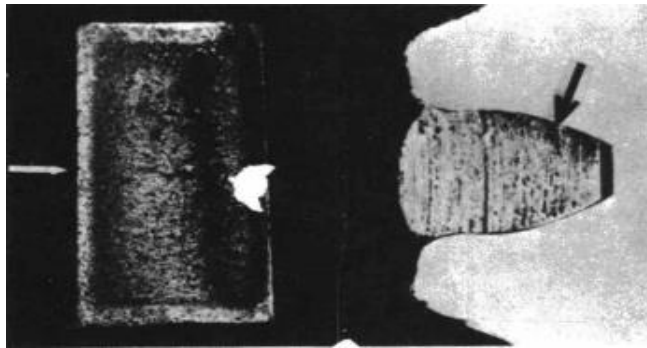


Tomada de: Benítez. (1985).

Rotura por fractura de flexión

Esta de manera similar a la anterior, se produce debido al sometimiento de los dientes a esfuerzos de los cuales una gran parte se concentran en inicios de grietas debidas a diferentes causas, entre ellas errores en la fabricación o a los tratamientos térmicos. Normalmente este daño se produce en la raíz del diente ya que es la zona que mayor esfuerzo soporta.

Figura 37. *Fractura por flexión.*



Tomada de: Benítez (1985).

Rotura por sobrecarga

Esta sucede sin indicar evolución alguna para su ocurrencia, ya que se da cuando los esfuerzos a los que son sometidos los dientes, son mayores al que el material de los mismos es capaz de soportar y por lo tanto simplemente se rompen.

2.3.6 Normas de engranajes

Las principales normas a las que se puede consultar sobre engranajes son las siguientes:

ISO 6336-1

En esta norma se encuentra el procedimiento empleado para el cálculo de los parámetros de diseño de engranajes cilíndricos con perfil de envolvente. Tanto para dientes rectos como helicoidales. Sin embargo, es importante señalar que los cálculos son garantizados para engranajes con parámetros con valores en ciertos intervalos, por lo que es necesario asegurarse de estar dentro de los mismos (ISO 6336-1, 2019).

2.4. Acoples mecánicos

Son los elementos esenciales para la transmisión de movimiento rotativo desde un motor a una máquina. En donde a diferencia de otros elementos, en estos no se obtiene una relación de transmisión, ya que el eje conducido debería girar a la misma velocidad que el conductor o dicho de otra manera la relación sería de uno, existen acoples rígidos y flexibles (Gómez, 2013).

2.4.1 Acoples rígidos

Como su nombre lo indica, son rígidos en sí de estructura y también la unión que realizan, por lo que entre los ejes no debe haber desalineamiento. Entre los acoples rígidos, los que principalmente se encuentran son los siguientes:

Acoplamiento de manguito:

Este puede ser en una sola pieza o en dos. Su forma en general es cilíndrica, en su interior es que los ejes encajan quedando sujetos mediante chavetas y tornillos de sujeción con los que el acople cuenta. Un aspecto importante a considerar sobre este tipo de acople, es que solo se emplea para ejes de un mismo diámetro y que entre estos no haya desalineamiento.

Figura 38. *Acople Rígido de manguito.*



Tomada de: Gómez (2013).

Acoplamiento de bridas

Este se compone de dos manzanas que son las que aseguran a cada eje y a su vez cuentan con platos, que se aseguran entre sí por medio de tornillos con lo que el movimiento de uno de los ejes arrastra al otro (Gómez, 2013).

Figura 39. *Acople de bridas.*



Tomada de: Gómez. (2013).

2.4.2 Acoples flexibles

En este tipo de acoples a diferencia de los anteriores, si es posible que exista cierto grado de desalineación entre los ejes. Además, estos son elementos que actúan como medidas de seguridad para las máquinas, en cuanto a la reducción de vibraciones. Entre los más comunes de este tipo se tiene los siguientes:

Acoplamientos de rejilla

En este acoplamiento la unión de los ejes se realiza empleando una rejilla fabricada de un material flexible, la cual encaja sobre los dientes de las manzanas, que son los elementos que se ajustan a cada eje. Lo que sucede es que dicha rejilla tiene la posibilidad de deslizarse sobre las manzanas con lo que es posible que haya desalineación en el movimiento por lo que este acoplamiento pertenece a los de unión flexible (REXNORD, s.f).

Figura 40. *Acoplamiento de Rejilla.*



Tomada de: REXNORD (s.f.).

Acople tipo araña

Este acoplamiento se denomina de tipo araña debido al elemento intermedio con el que cuenta, el cual es realizado de un material elástico y por tanto permite amortiguación en el movimiento, dicho elemento cuenta con forma de estrella por lo que también es conocido acople de estrella (Intermec, 2019).

Figura 41. *Acople de Araña.*



Tomada de: Intermec. (2019).

Acople de engranes

Este acoplamiento se compone por dos elementos que cuentan con dientes externos, los cuales se ajustan a cada eje y mediante otro elemento que cuenta con dientes internos, se realiza la conexión entre los ejes. La flexibilidad que este acople permite es debida a la holgura entre los dientes de las manzanas y el elemento conector.

Figura 42. *Acople de engranes.*



Tomada de: REXNORD (s.f).

Acople elastomérico

Este acople pertenece a los de unión flexible y su elemento principal es realizado de un material elastomérico, lo cual hace posible una desalineación angular como también paralela y también le permite brindar alta elasticidad torsional, por lo que a pesar de que esta sufra daños al realizarse cambios bruscos de torque, funciona como un mecanismo de seguridad para las máquinas (REXNORD, s.f).

Figura 43. *Acople elastomérico.*



Tomada de: REXNORD (s.f)

Acople de cadena

El acople de este tipo se compone de dos manzanas las cuales cuentan con dientes a su alrededor y se colocan una a cada eje. Para la conexión entre las manzanas se emplea una cadena y de ahí su nombre. Entre la cadena y los dientes existe una holgura por lo que es posible flexibilidad en el movimiento (Intermec, 2019).

Figura 44. *Acople de cadena.*



Tomada de: Intermec. (2019).

2.4.3 Selección de un acople

Para determinar la referencia del acoplamiento que se vaya a emplear se debe considerar las condiciones de operación y las dimensiones de los ejes en los cuales debe encajar. Para lo anterior, se debe contar con el tipo de acople definido. A continuación, se describirá un procedimiento que se recomienda realizar para la selección de acuerdo con el catálogo de Intermec, para el caso de un acople tipo cadena, sin embargo, en general bastante similar para los demás.

Lo que se debe hacer inicialmente es determinar el factor de servicio, que corresponde a un valor que depende de las características de la actividad en la que se emplee el acople y las máquinas, se puede hacer empleando una tabla como la tabla 6, la cual es suministrada por el proveedor del tipo de acople que se vaya a emplear.

Tabla 6. Determinando Factor de Servicio.

Factor de servicio	Equipo Conducido		Fuente de Poder		
	Tipo	Característica	Motor eléctrico o turbinas	Motor de combustión de 4 o más cil.	Motor Diesel o a Gas
A	Ventiladores centrífugos, secadores, bombas o transportadoras con carga uniforme.	Carga uniforme - trabajo 8 horas/día, no reversible y torque bajo de arranque	1,0	1,5	2,0
B	Compresores, transportadoras, cargas pulsantes, martinetes, reductores de velocidad, bombas de múltiples cilindros etc.	Carga no uniforme - trabajo 8 horas/día, choques o torsión moderada, no reversible. Este es el servicio más común.	1,5	2,0	2,5
C	Prensas, trituradoras, carga de impacto, bombas para equipos petroleros	Carga de alto choque - trabajo 8 horas/día, Carga de altos picos de torque, reversibles con carga, arranques con carga	2,0	2,5	3,0

Tomada de: Intermec. (2019).

Posteriormente se debe multiplicar dicho factor de servicio por la potencia que el acople deberá transmitir en la aplicación que será empleado. Luego es necesario seleccionar una referencia que permita transmitir movimiento a dicha potencia calculada con el torque requerido, lo cual se puede hacer mediante el empleo de una tabla como la mostrada en la figura. La cual al igual que la del factor de servicio, es proporcionada por el fabricante.

Tabla 7. Tabla de referencias.

Referencia	Revoluciones por minuto para Acoples Tipo Cadena Intermec®																			
	10	25	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1500	1800	2000	2500	3000	3600	4000	4800
35-18	0,24	0,61	1,2	1,65	2,2	2,6	3	3,3	3,7	4,5	5,6	6,5	7,8	8,9	9,5	11	12	13	13	13
40-18	0,44	1,1	2,2	2,97	3,9	4,7	5,4	5,9	6,7	7,9	10	12	14	16	17	20	21	23	23	23
50-16	0,86	2,1	4,1	5,7	7,5	8,8	9,9	11	12	15	19	22	26	30	32	37	40	43		
50-18	1	2,6	5,6	7,2	9,3	11,2	13,3	14	16	19	24	28	34	38	41	47	51			
60-18	2	4,9	9,8	13	18	21,6	24	27	30	35	45	52	63	72	77	89				
60-22	2,9	7,4	15	21	27	32	36	40	45	54	68	78	94	107	115	133				
80-18	4,4	11	22	31	39	47	54	59	67	80	101	116	141	160	171					
80-22	6,5	16	33	45	60	71	80	89	100	119	151	174	210	239	256					
100-20	9,9	25	49	68	90	107	122	134	151	179	228	261	316	360						
120-20	22	55	111	154	202	242	274	302	339	404	514	589								
160-20	48	120	239	330	436	520	591	651	730	871	1107									
200-18	65	166	331	459	604	723	820	903	1012	1209										
200-20	100	249	496	687	906	1083	1228	1352	1516											
Lubricación	1	2				3				1 Intervalo de Lubricación: una vez al mes										
										2 Intervalo de Lubricación: una vez a la semana, se recomienda utilizar carcasa										
										3 Es imprescindible el uso de carcasa (cubierta) con abundante lubricación.										

Tomada de: Intermec. (2019).

Una vez se haya definido la referencia del acople, en base a la potencia y torque, es necesario corroborar que sus dimensiones son las adecuadas para el encaje de los ejes. Por lo que es necesario emplear una tercera tabla en la que se debe verificar dichos parámetros.

Tabla 8. *Parámetros de acople de acuerdo a referencia.*

Referencia	Hueco máximo permisible mm	Dimensiones principales en milímetros Fig. 1				Desalineamiento máximo permisible - Figs. 2 y 3		RPM máximas sin carcasa	RPM máximas con carcasa oleactuante
		A	Con carcasa C.C.	B	C	Paralelo A mm	Angular B Grados		
C35-18	31	63	73	56	43	0,20	1.5°	1.200	4.800
C40-18	41	84	95	70	59	0,27	2°	1.000	4.500
C50-16	43	95	112	100	63	0,30	2°	800	4.000
C50-18	45	105	123	100	73	0,30	2°	800	3.600
C60-18	57	127	142	125	88	0,35	2°	600	3.000
C60-22	76	151	165	125	115	0,35	2°	500	2.500
C80-18	80	168	186	140	115	0,40	2°	500	2.000
C80-22	95	202	225	155	142	0,40	2°	400	1.900
C100-20	110	232	275	176	160	0,65	2.5°	400	1.800
C120-20	130	275	320	224	184	0,80	3°	300	1.200
C160-20	190	375	440	360	226	0,80	3°	200	1.000
C200-18	205	424	490	508	294	0,80	3°	200	800
C200-20	260	504	570	508	477	0,80	3°	100	600

Tomada de: Intermecc (2019).

Si las dimensiones del acople resultan menores a las que es necesario, entonces se debe seleccionar una referencia mayor a la determinada.

2.4.4 Estándares de acoplamientos

ISO 10441

En este estándar se encuentra las especificaciones sobre los acoplamientos para aplicaciones especiales, tales como en el área del petróleo o industria petroquímica, puesto que en estas las actividades pueden ser más severas para este tipo de elementos. Ya sea por el ambiente o el ritmo y exigencia en la transmisión (ISO, 2007).

ISO 14691

Esta norma cubre aspectos similares al del estándar ISO 10441. Sin embargo, este es aplicable para elementos de propósito general. Por lo que uno podría concluir que los elementos desarrollados basándose en esta guía, pueden resultar de menor costo y dificultad, lo cual indica la importancia emplearlo (ISO, 2008).

UNE 18205

Esta norma abarca especificaciones acerca de acoples flexibles de bulones elásticos (AENOR, 1983).

ISO 7919

En esta norma, se encuentra las especificaciones necesarias para realizar mediciones e interpretar los niveles de vibraciones para todo tipo de elementos rotatorios, con lo que es posible determinar si existen irregularidades los ejes o acoples. Por lo tanto, es importante para prevenir problemas desde o hacia los acoplamientos (ISO, 2001).

AGMA 9001

Este es un estándar referido a la lubricación de algunos acoplamientos flexibles, tales como los acoplamientos de cadena, cadena y rejilla. En este se realiza las recomendaciones en cuanto a la forma de llevar a cabo los procedimientos y también sobre las características que deben cumplir el lubricante a emplearse (AGMA, 2018).

2.5 Transmisores de potencia

Se denomina mecanismo de transmisión encargados de transmitir movimiento entre dos o más elementos dentro de una máquina. Existen varios, estos son:

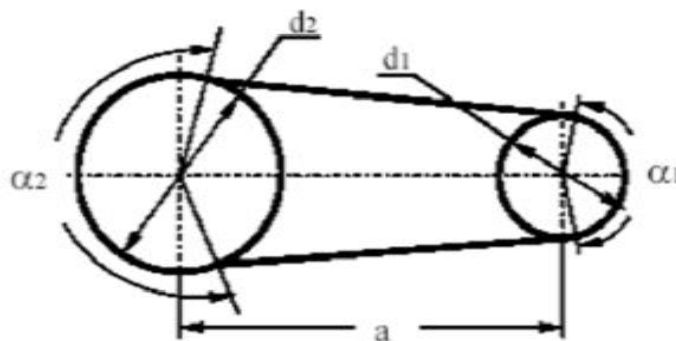
- Engranajes.
- Bandas y poleas.
- Cadenas.
- Cardán.

Como ya existe un apartado para engranajes, la atención en esta sección será sobre los sistemas de transmisión entre ejes relativamente lejanos entre sí.

2.5.1 Bandas y poleas

Este mecanismo de transmisión se compone básicamente de tres elementos, que son: dos poleas y una banda. Donde las poleas se ajustan una a cada eje y la banda es el que las enlaza como se indica en la figura 45. La transmisión del movimiento es posible gracias a la fricción que se genera entre la cara de la banda y las de las poleas en sus áreas de contacto (INGENIERÍA Y MECÁNICA AUTOMOTRIZ, 2020).

Figura 45. Elementos básicos de un mecanismo de transmisión mediante cadena.



Tomada de: Montoya (2021).

1 – Polea menor.

2 – Polea mayor.

$\alpha 1$ – Ángulo de contacto de la polea menor.

$\alpha 2$ – Ángulo de contacto de la polea mayor.

a – Distancia entre centros de poleas.

d1 – Diámetro de la polea menor.

d2 – Diámetro de la polea mayor.

Para conocer los aspectos más importantes de este sistema de transmisión, se empezará analizando los tipos de bandas que existen. Puede ver en la figura anterior, la línea que rodea a ambas poleas, para identificar qué es de lo que se está empezando a comentar.

Tipos de bandas

Cabe aclarar que las bandas se pueden clasificar de acuerdo a diversos factores, dos de lo más relevantes son de acuerdo: El tipo de material del que son fabricadas y la geometría de la sección transversal.

De acuerdo al material

Existen varios materiales de los cuales se pueden realizar las correas, incluso estas no se fabrican de un solo material. Puesto que, para lograr la transmisión mediante este mecanismo. Es necesario que la correa sea flexible, pero a su vez gran resistencia a la tensión y buen nivel de fricción para que se realice la tracción (IDC TECHNOLOGIES, s.f.).

Entre algunos de los materiales que se puede mencionar de acuerdo con IDC TECHNOLOGIES (s.f.), están los siguientes:

Bandas de cuero

Estas son las que encabezan la lista de bandas empleadas en las aplicaciones, debido a su gran elasticidad y fricción que este material permite realizar en las zonas de contacto, con lo que el movimiento se transmite de mejor manera. Normalmente, el cuero empleado, se sumerge en ciertas sustancias con el fin de aportar mejora a sus características, tal como mejorar su fricción o resistencia.

Bandas de caucho

Estas son menos elásticas que las de cuero y a su vez, su coeficiente de fricción es menor, por ello requieren de mayor tensión al ser instaladas. El papel principal del caucho en este tipo de bandas, es brindar la elasticidad y la fricción, ya que es la capa exterior.

Bandas de Tela

Son correas bastante adecuadas para ambientes complejos, puesto que en su fabricación la tela o algodón, normalmente es impregnado con sustancias que evitan daños en las fibras. Estas son las indicadas para aplicaciones en climas cálidos y con alto nivel de humedad.

Sintéticos

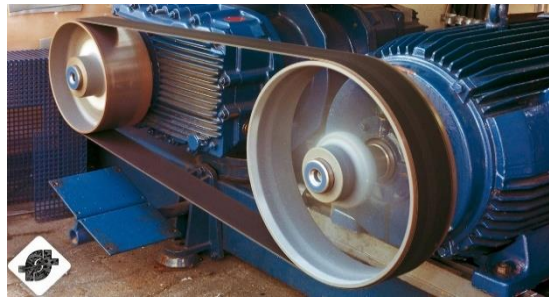
Entre los materiales sintéticos, se puede encontrar por ejemplo el rayón, Nailon y poliéster. Además, es común que Junto con estos elementos se emplee otros materiales para reforzar las características de las correas, como son: el alambre de acero trenzado y la fibra de vidrio.

De acuerdo a la geometría transversal

Bandas de sección planas

Este tipo de correas como su nombre indica, cuenta con una forma aparentemente plana, es decir su sección transversal corresponde a un rectángulo cuya dimensión de altura es mucho menor con respecto a las dimensiones de su ancho. Esta es la primera banda que se creó y por tanto su constitución es la más sencilla. En la figura 46, se aprecia una de las aplicaciones que se le puede dar a este tipo de bandas, y se aprecia las poleas que esta requiere, la cuales se puede considerar con un ancho bastante notorio, el cual es así con el fin de obtener mayor fricción.

Figura 46. *Aplicación de correa plana.*



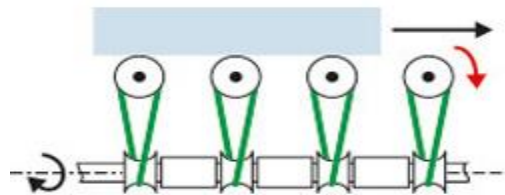
Tomada de: FAIZTECH TRADING. (2017).

Como ventajas, este tipo de banda tiene por ejemplo su simpleza en su diseño y fabricación, bajo costo y gran durabilidad a causa también por su forma. Por otro lado, cuando se requiere transmitir elevadas potencias, no es la adecuada. Tampoco es la adecuada cuando el ángulo a transmitirse debe ser lo más exacto posible (García, 2022).

Bandas de sección redonda

Este tipo de bandas al igual que las bandas planas, se emplean en aplicaciones de pequeñas o medianas potencias. Sin embargo, su forma es a su vez la causa de su mayor ventaja, y es el hecho de que, por medio de esta, es posible transmitir movimiento de entre ejes en diferentes planos. Incluso son empleadas para transmitir movimiento desde ejes a otro tipo de elementos como rodillos, lo cual se puede apreciar en la imagen 47 a continuación.

Figura 47. *Aplicación bandas redondas.*

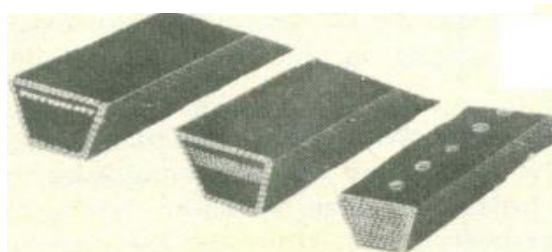


Tomada de: Mafdel (2021).

Bandas de sección trapezoidal

Como su nombre indica, su forma transversal, está definida por un trapecoide. Esta es la más empleada en la industria, a causa de sus ventajosas características en la transmisión debido a que su geometría, cuenta con una amplia área de contacto, además, por el ángulo entre el lado central y los laterales, se generan fuerzas a causa de la tensión las cuales suman a la mejorar el arrastre. En la figura se muestran algunas secciones de correas, donde se aprecia como pueden estar constituidas.

Figura 48. *Banda trapezoidal diferentes constituciones.*

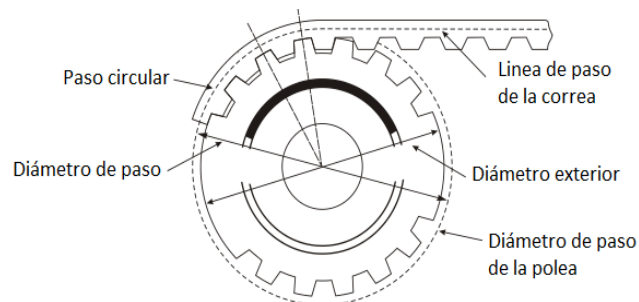


Tomada de: IDC TECHNOLOGIES. (s.f).

Bandas dentadas (bandas sincrónicas)

Este tipo de correas son las más recomendables cuando requiere que en la transmisión de movimiento, no haya pérdidas en el ángulo a transmitirse, puesto que estas no transmiten el movimiento en base a la fricción sino por la fuerza de arrastre sobre los dientes que esta realiza. Además de eso, estas requieren de menor espacio puesto que las muescas para el encaje de los dientes, le brindan mayor flexibilidad. En la figura, se aprecia la forma como se ajusta la banda a la polea y además se identifican algunas de sus partes características.

Figura 49. *banda dentada o sincrónica.*

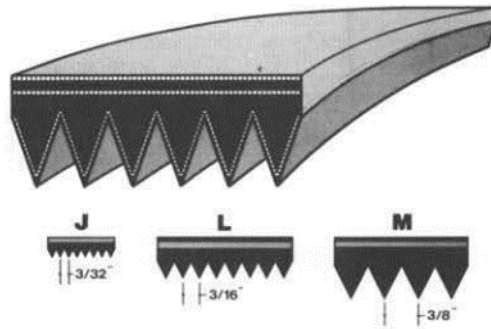


Adaptada de: IDC TECHNOLOGIES. (s.f).

Bandas acanaladas

Estas son conocidas por combinar las ventajas que ofrecen las bandas planas en cuanto a flexibilidad, con la alta capacidad de transmisión que permiten las bandas trapezoidales. A pesar de que en todas las poleas es necesario contar con las poleas alineadas, en este tipo de bandas las exigencias son mayores, debido a que si se tiene desalineamiento la banda no puede encajar de ninguna manera en las poleas y el rozamiento sería muy grande, lo suficiente como para convertirse en una desventaja, en la figura 50 se puede apreciar una correa de este tipo.

Figura 50. *Correa acanalada.*

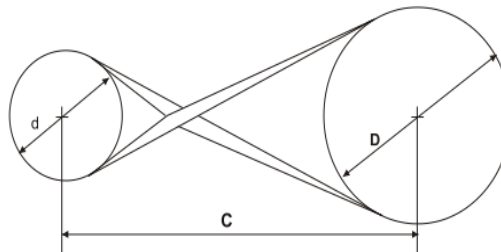


Tomada de: SENA. (1995).

Configuraciones de transmisión del movimiento

Con esto se hace referencia a las formas como se puede transmitir movimiento con este sistema de transmisión y por tanto la disposición y el tipo de correa que permite conseguirlo. El más simple es el que ya se indicó en la figura 45, conocido como banda abierta, en dicho montaje el movimiento que se obtiene en la polea conducida, tiene el mismo sentido que la conductora. Otro montaje que es similar, es el de inversión de giro mediante banda cruzada, el cual se puede apreciar en la imagen 51. Es importante tener en cuenta que solo se puede realizar empleando una banda plana.

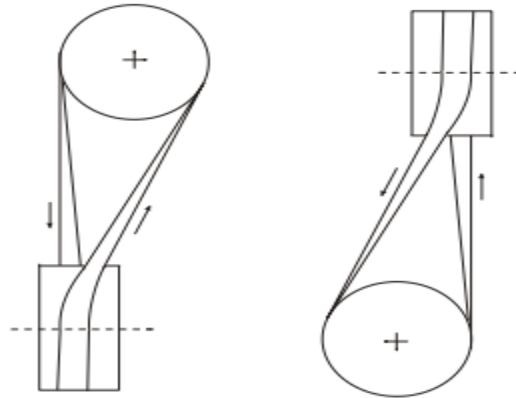
Figura 51. *banda cruzada.*



Tomada de: IDC TECHNOLOGIES. (s.f).

Mediante bandas planas, también es posible transmitir movimiento entre ejes cruzados.

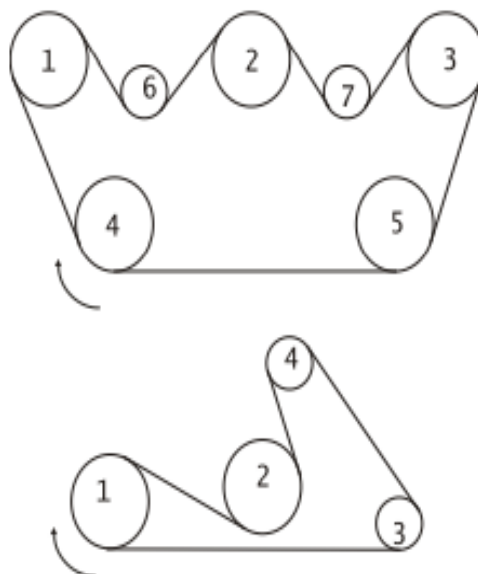
Figura 52. *Transmisión con bandas en ejes cruzadas entre sí.*



Tomada de: IDC TECHNOLOGIES. (s.f).

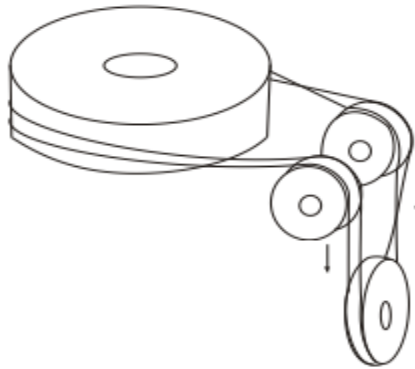
Además, existen varias aplicaciones en las que se transmite movimiento desde una sola polea conductora hacia varias, que pueden estar en el mismo plano como se indica en la figura 53 o diferente como en la 54, aunque en algunos casos algunas se emplean para ajustar la tensión de la banda.

Figura 53. *Transmisión con múltiples poleas.*



Tomada de: IDC TECHNOLOGIES. (s.f).

Figura 54. *transmisión con múltiples poleas en diferentes planos.*



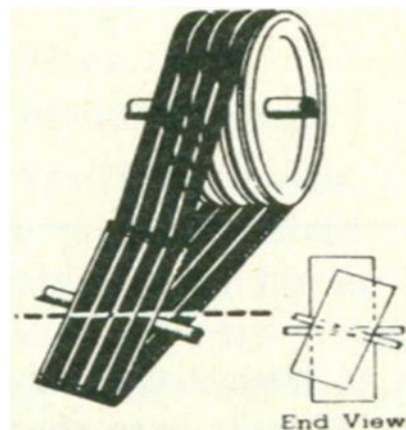
Tomada de: IDC TECHNOLOGIES. (s.f).

Instalación de poleas

Tres aspectos son fundamentales para que un sistema de transmisión mediante bandas y poleas, funcione de manera correcta: La tensión adecuada de la banda, la alineación de las poleas y suficiente ángulo (IDC TECHNOLOGIES, s.f).

En cuanto a la alineación, se debe considerar los dos tipos: la alineación paralela y la angular, sin olvidar que pueden presentarse ambas a la vez. En la figura 55 se aprecia lo que corresponde a una desalineación angular.

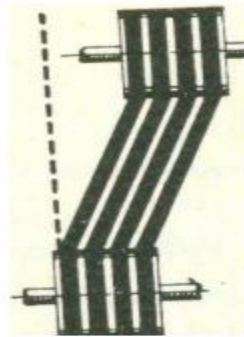
Figura 55. *Desalineamiento angular.*



Tomada de: IDC TECHNOLOGIES (s.f).

En la figura 56 se observa un montaje con poleas montadas sobre ejes paralelos, pero con desalineamiento paralelo entre estas.

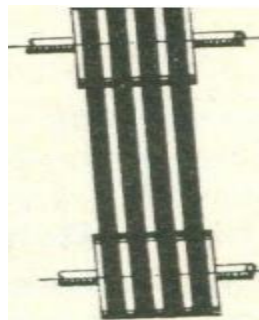
Figura 56. *Desalineamiento paralelo entre poleas.*



Tomada de: IDC TECHNOLOGIES. (s.f).

Finalmente, en la figura 57, se aprecia un montaje de banda y polea de la manera correcta.

Figura 57. *Poleas correctamente alineadas.*

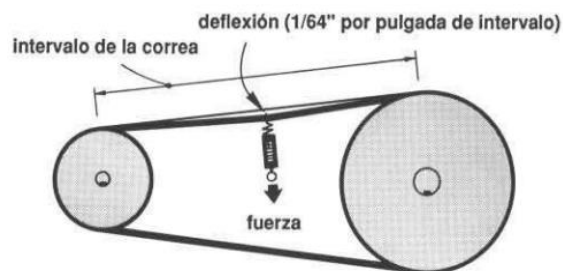


Tomada de: IDC TECHNOLOGIES (s.f).

Ahora bien, en cuanto a tensión, es importante que la correa no quede ni tan tensionada ni tan suelta. Puesto que si la correa queda demasiado tensionada, disminuye su vida útil o incluso provocar daños en los cojinetes o los ejes. Por otro lado, si queda insuficientemente tensionada, se tiene pérdidas de movimiento y se producen vibraciones. Para ajustar la tensión depende de que tan lejos están las poleas entre sí. Es decir, cuando la distancia es corta y es posible mover los ejes, no es necesario emplearse poleas tensoras, solo basta

con acercar o alejar los ejes. Para tensionar una correa se debe colocar inicialmente con una tensión de la cual se parte a verificar si requiere más o se le debe reducir. Cada correa necesita una determinada magnitud de tensión la cual se puede conocer, mediante los datos proporcionados acerca de la misma. Para saber si la tensión es la correcta, se debe aplicar una fuerza de magnitud (indicada por una tabla proporcionada por el fabricante) perpendicularmente en el punto medio del espacio libre de la polea, con lo que se debe obtener una desviación que dependerá del intervalo de la banda. En la figura, se muestra donde se debe aplicar la fuerza y se indica que de acuerdo a la referencia de esta correa y el intervalo libre con el que cuenta, por cada 64 pulgadas deben desviarse una pulgada.

Figura 58. *Esquema de desviación de banda para tensionar.*



Tomada de: SENA. (1995).

En cuanto al ángulo de contacto, es un factor que debe respetar un valor mínimo, puesto que, si no es así, la banda no contará con el agarre suficiente para poder realizar la transmisión. Cuando las poleas son de un mismo diámetro, el ángulo que ambas tomarían correspondería a 180° . Pero cuando son de diferentes tamaños, el mínimo valor que puede tomar la más pequeña, no puede ser menor a 120° (SENA, 1995).

Normas o estándares de bandas

Algunos estándares que se pueden consultar sobre las características de las bandas de transmisión más empleadas, son los siguientes:

SAE: J637

En esta se encuentra las recomendaciones sobre como evaluar las bandas, en cuanto a su construcción. En este, está definido el diseño del sistema de prueba que se debe emplear para aprobar la calidad de las bandas en V automotrices específicamente y así mismo provee la información necesaria para interpretar los resultados que se obtengan en las pruebas (SAE, 2012).

SAE: J 1278

En este estándar se encuentra información especialmente orientadas a bandas sincrónicas, también en entornos automotrices, como son: árbol de levas, distribuidor y en sí en varias aplicaciones que requieren sincronía en el giro (SAE, 1993).

ISO 4183

Describe las dimensiones y características de las poleas para bandas en V, tanto estrechas como convencionales. Entre los aspectos más relevantes que se recalca, está la compatibilidad adecuada entre las bandas y poleas que se emplee (ISO, 1995).

2.5.2 Cadenas de transmisión

La composición de este sistema de transmisión es bastante similar al de poleas y bandas. eje, pero con la diferencia que estas ruedas son dentadas y el elemento que transmite el movimiento, no es banda sino una cadena. Una cadena de transmisión, Ya que, en este caso, también cuenta con dos ruedas que se aseguran uno a cada es un elemento que se

compone de varios elementos conectados en donde no se tiene un inicio ni un fin, ya que sus extremos conectan entre sí, quedando la cadena homogénea en toda su estructura.

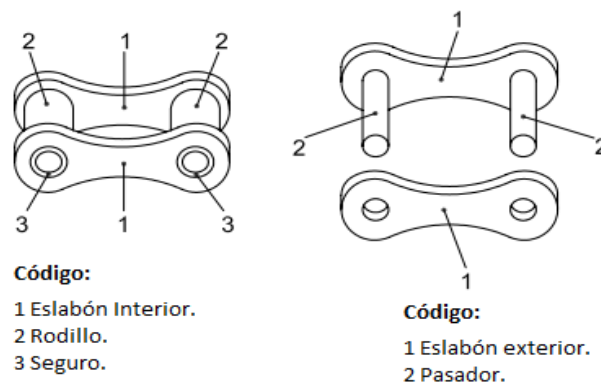
Existe una gran variedad de cadenas, que se pueden clasificar de acuerdo con algunas características como: Sus eslabones, numero de hilos, resistencia de la misma o material de fabricación (U.S. Tsubaki Inc, 1997). Sin embargo, de manera general, se distinguen dos tipos que incluyen las clasificaciones mencionas: las cadenas de rodillos y las cadenas silenciosas.

Tipos de cadenas

Cadena de rodillos

Este es el tipo de cadena más común, por tanto, más empleado en la mayoría de aplicaciones en que se emplea cadenas. En la figura 59 se muestra la forma más distinguida de este tipo y a su vez sus partes.

Figura 59. *Partes de una cadena de rodillos.*



Acondicionada de: ISO 1275. (2006).

Existen algunas cadenas que no cuentan con rodillos, sino solo casquillos. Sin embargo, la de rodillos son más conocidas. Este tipo, puede variar en cuanto a dimensiones, material

de cual es fabricado y número de hilos, por lo que en este se abarca un gran conjunto de las clasificaciones que se mencionó al inicio de esta sección. Un ejemplo es la diferencia en la longitud del paso, que corresponde a la distancia entre las líneas centrales de los pines. En la figura, se puede apreciar como estas se diferencian visualmente.

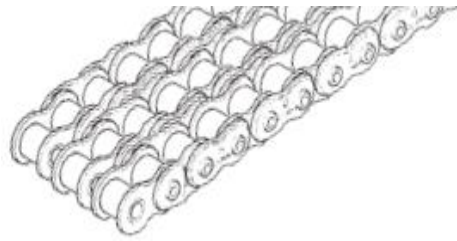
Figura 60. Cadena de paso simple y cadena de paso doble.



Adaptada de: U.S. Tsubaki Inc. (1997).

En aplicaciones que requieran transmitir esfuerzos considerables, es más conveniente emplear cadenas de paso corto, ya que estas son más compactas. Por otra parte, las cadenas de paso largo cuentan con la ventaja de ser más económicas. Otra variación en las cadenas como ya se había mencionado, es el número de hilos. En la figura 61, se aprecia que en las cadenas de rodillos se puede encontrar dicha clasificación. Lo que se consigue con una cadena de más de una hilera es la posibilidad de transmitir mayor potencia, teniendo en cuenta que esta requerirá ruedas dentadas con la misma cantidad de hileras de dientes.

Figura 61. Cadena de rodillos con tres hileras.

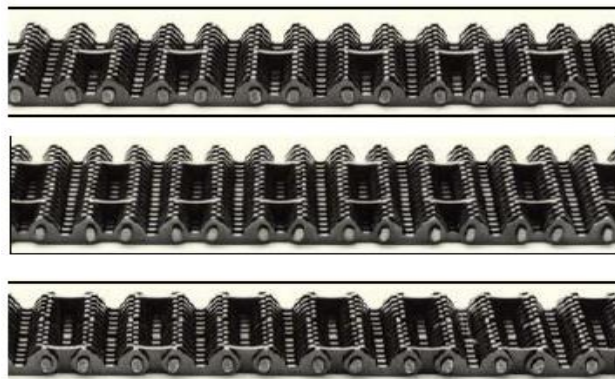


Tomada de: Joresa. (2019).

Cadenas Silenciosas

Este tipo de cadena debe su nombre a una de las principales ventajas que tiene respecto de las demás, que es la capacidad de transmisión con un menor nivel de ruido. Además de esto, transmiten la potencia de manera más eficiente y suave, lo que a su vez permite una mayor vida útil de los piñones (IDC TECHNOLOGIES, s.f.). una cadena de este tipo, está conformada por eslabones con forma de dientes invertidos conectados tanto en paralelo como en serie. Debido a que esta no cuenta con eslabones exteriores que la mantengan siempre encarrilada en los piñones, normalmente una o dos guías son incorporadas a esta; ya sea en un extremo o extremos como se muestra en la figura 62.

Figura 62. Cadena silenciosa.



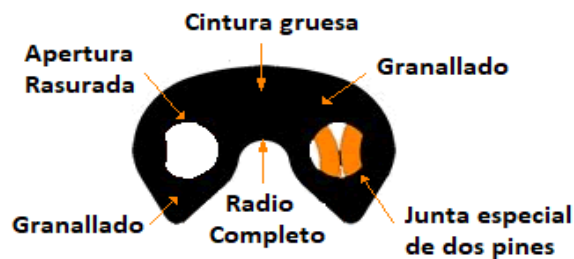
Acondicionada de: IDC TECHNOLOGIES. (s.f.).

En este tipo al igual que en las de rodillos, existe una gran cantidad de variantes. Además, de este tipo de cadenas surgen las cadenas empleadas para transportadoras. Por lo que, para poder conocerlas a detalle sería más recomendable consultar cada una de ellas por individual. Aquí se presentará algunas de las características más importantes de las cadenas silenciosas para transmisión. Existen tres tipos de cadenas silenciosas de transmisión, que se diferencian por la forma de sus eslabones, las cuales se mencionan a continuación.

Cadena RPV

Estas son las cadenas diseñadas para contar con el máximo rendimiento posible en la transmisión mediante cadena. Es decir, son cadenas de alto rendimiento, que superan a todas las demás. Con este tipo es posible transmitir movimiento con velocidades lineales por encima de los 2000 metros por segundo, sobre los 3000 hp. Todas estas características de alto rendimiento, se deben al diseño de sus eslabones, puesto que estos permiten mayor cantidad de material, con lo que cuenta con mayor tensión a esfuerzos de tensión y su elongación es reducida. Sus dientes son en forma de involuta con lo que la transmisión se realiza de manera suave. Además, los eslabones son granallados en las zonas más críticas con lo que se obtiene mayor resistencia en dichas áreas en la figura 63 se puede apreciar la forma de los eslabones que componen esta cadena Ramsey Products Corporation (s.f).

Figura 63. *Eslabón de cadena silenciosa.*



Adecuada de: Ramsey Products Corporation. (s.f).

Cadena Rampower

Esta es la segunda cadena de alto rendimiento, después de la mencionada anteriormente. Con esta cadena es posible transmitir velocidades lineales también por encima de los 2000 metros por segundo. Sin embargo, con margen sobre los 2500 hp. Sus eslabones fueron diseñados para acoplarse en una rueda con dientes con perfil dado por el estandar (ASME Ramsey Products Corporation, s.f).

Figura 64. *Eslabón de cadena SC.*



Adecuada de: Ramsey Products Corporation. (s.f).

Cadena SC

Es del diseño de esta cadena que surgieron las dos mencionadas anteriormente y por ello esta es la que menor capacidad de transmisión tiene. Con este tipo de cadena es posible transmitir velocidades lineales cercanas a los 2000 metros por minuto y potencias superiores a los 1000 hp Ramsey Products Corporation (s.f) en la figura 65, se aprecia la forma del eslabón de este tipo de cadena.

Figura 65. *Eslabón de cadena SC.*



Adecuada de: Ramsey Products Corporation. (s.f).

Selección de una cadena

Saber cómo seleccionar una determinada referencia de cadena es un factor muy importante. Por ello, aunque estos procedimientos varían de un tipo a otro, a continuación, se verá el paso a paso que debería realizarse para determinar la referencia más adecuada para la aplicación que se tenga, teniendo en cuenta que el proceso de selección del tipo de cadena debe ser previamente definido. Estos procedimientos, a menudo son descritos en los manuales de los fabricantes, como es el caso del que se empleó para explicar el procedimiento que aquí se presenta. El cual es proporcionado por el proveedor de cadenas de rodillos Joresa.

Normalmente, en sus catálogos se encuentran especificadas tanto las dimensiones físicas de la cadena, como sus capacidades de transmisión, como lo que se aprecia en la tabla 8.

Tabla 9. Datos de cadena de dos hileras del estándar ISO 606.

CÓDIGO CODE		PASO PITCH		ANCHO INTERIOR WIDTH A min. mm.	DIÁMETRO RODILLO ROLLER DIAMETER Ø D max. mm.	DIÁMETRO DEL EJE PIN DIAMETER Ø d max. mm.	LONGITUD DEL EJE PIN LENGTH H max. mm.	LONG. EJE UNIÓN CONN. LINK PIN LENGTH C max. mm.	SEPARACION ENTRE FILAS TRANSVERSE PITCH E cm²	SUPERFICIE ARTICULACIÓN PROJECTED BEARING AREA S² mm.	CARGA DE ROTURA AVG. TENSILE STRENGTH A.T.S. daN-Kg	PESO POR METRO WEIGHT PER METER q Kg/m.
		P Pulg.-Inch	P mm.									
2028	05B-2	--	8,00	3,00	5,00	2,31	14,30	17,40	5,64	0,20	955	0,35
2032#	06B-2	3/8	9,525	5,72	6,35	3,28	23,80	27,10	10,24	0,57	1.925	0,78
2042	08B-2	1/2	12,70	7,75	8,51	4,45	31,00	34,90	13,92	1,00	3.810	1,40
2052	10B-2	5/8	15,875	9,65	10,16	5,08	36,20	40,30	16,59	1,36	5.130	1,82
2062	12B-2	3/4	19,05	11,68	12,07	5,72	42,20	46,80	19,46	1,80	6.370	2,44
2082	16B-2	1	25,40	17,02	15,88	8,28	68,00	73,40	31,88	4,24	12.955	5,30
2102	20B-2	1 1/4	31,75	19,56	19,05	10,19	79,70	85,80	36,45	5,88	19.850	7,33
2122	24B-2	1 1/2	38,10	25,40	25,40	14,63	101,80	108,40	48,36	11,08	36.100	14,60
2142	28B-2	1 3/4	44,45	30,99	27,94	15,90	124,70	132,10	59,56	14,80	41.200	17,15
2162	32B-2	2	50,80	30,99	29,21	17,81	126,00	133,90	58,55	16,00	49.400	18,90
2202	40B-2	2 1/2	63,50	38,10	39,37	22,89	154,90	165,10	72,29	25,50	70.800	31,60
2242	48B-2	3	76,20	45,72	48,26	29,24	190,40	200,90	91,21	41,16	110.000	49,50

Tomada de: Joresa. (2019).

En la tabla anterior, se encuentra especificada la máxima fuerza de tensión que la cadena soportaría, a lo que también se le denomina carga de rotura y es un factor que se debe calcular en la transmisión que se quiera implementar.

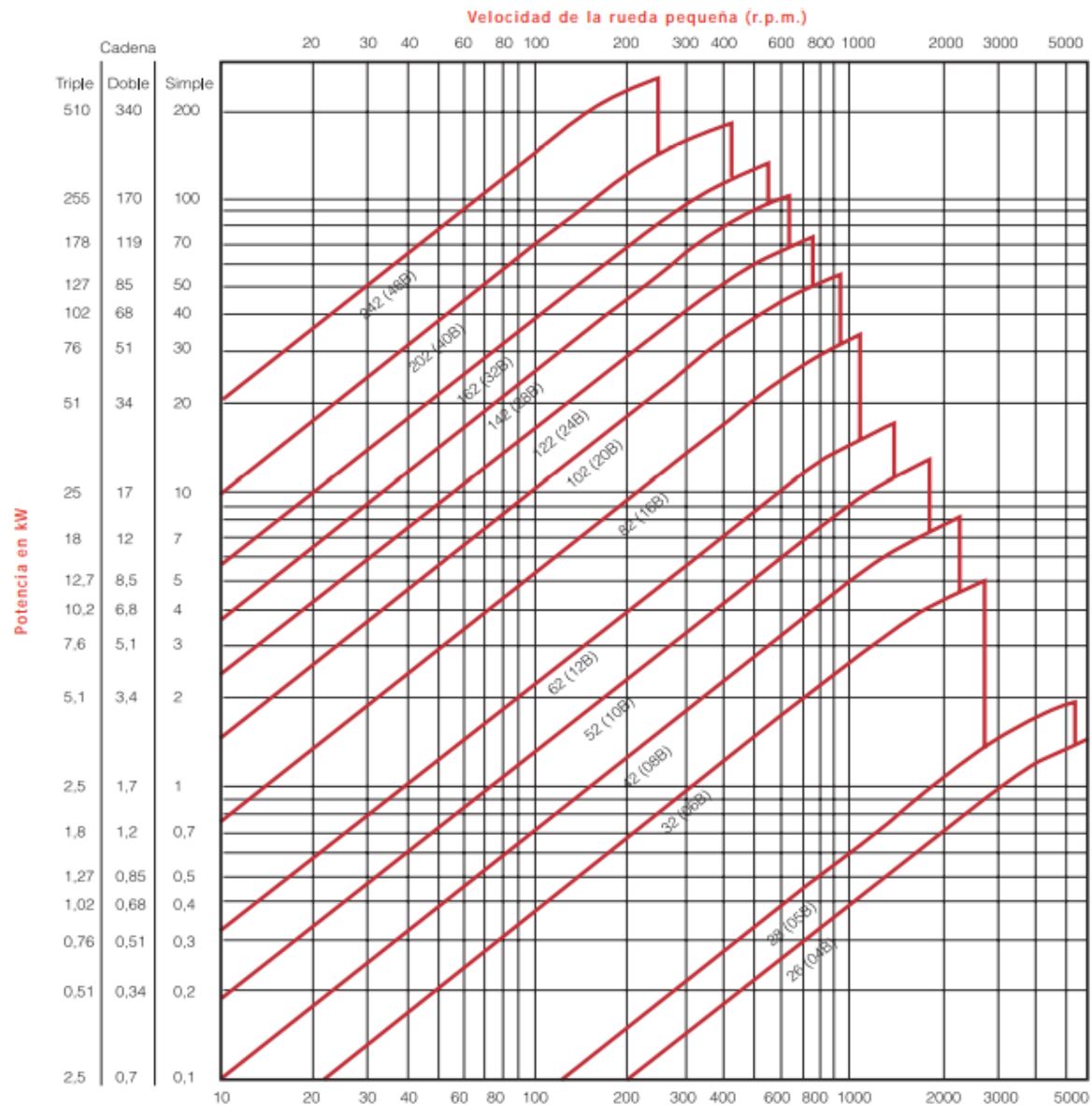
Para realizar los cálculos necesarios para la selección, se debe contar con los siguientes parámetros acerca de la aplicación:

- Potencia a transmitirse (KW).
- Revoluciones tanto del eje conductor como del conducido.
- Fuente de potencia del motor.
- Distancia entre los centros de los ejes.

Inicialmente se debe realizar una preselección de una cadena, empleando una gráfica dependiendo del estándar que se haya decidido emplear, como la de la tabla que corresponde a cadenas de la norma ISO 606 de la serie europea, para lo cual se debe

emplear la potencia a transmitirse, la velocidad de la rueda que menos rápido gira y el número de hileras de la cadena que se pretenda emplear.

Tabla 10. *Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie europea).*



Tomada de: Joresa. (2019).

Partiendo de los datos conocidos acerca del sistema y la preselección de una cadena, se debe calcular una potencia denominada corregida. Que no es más que una estimación de

la potencia real que podría llegar a ser necesario ser soportada por el sistema, dependiendo de la aplicación en la que vaya a ser empleado. La ecuación para calcularla, es la siguiente:

$$W_c = Kw * f1 * f2 * f3$$

Donde:

Kw: Es la potencia nominal a transmitirse.

f1: Coeficiente de trabajo, depende de la aplicación y la fuente de movimiento (Se puede determinar mediante la tabla 10).

f2: Es un factor que depende del número de dientes que se elija para el engrane pequeño. En la tabla 11, se indica el coeficiente que le corresponde a cada cantidad de dientes.

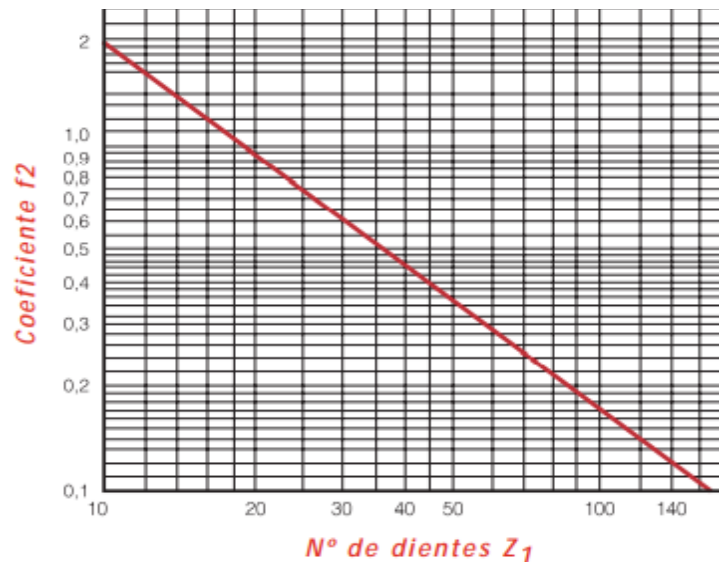
f3: depende de la distancia entre los centros, aproximada en pasos de la cadena que se haya preseleccionado y la relación de transmisión que se tenga este se determina empleando la tabla 12.

Tabla 11. *Factor de servicio.*

Tipo de carga	Ejemplo de máquinas	Motor eléctrico o turbina	Accionamiento	
			Motor de combustión interna Trans. hidráulica	Trans. mecánica
Regular	Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Teleféricos. Maquinas herramientas (toros, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes.	1	1	1,2
Irregular	Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de émbolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hélices (aplicaciones marinas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares.	1,3	1,2	1,4
A golpes	Aparejos de elevación. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Grúas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Maquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras.	1,5	1,4	1,7

Tomada de: Joresa (2019).

Tabla 12. Coeficiente f_2 de acuerdo a número de dientes de engrane pequeño.



Tomada de: Joresa. (2019).

Una vez se calcula la potencia corregida, se procede a verificar nuevamente en la tabla 9 mostrada anteriormente, si la cadena cumple. De lo contrario, habría que seleccionar una cadena de mayor capacidad y volver a calcular. En caso de que cumpla, se debe continuar verificando que cumpla los demás aspectos.

Posteriormente, se calcula la velocidad lineal (m/min) de la cadena empleando la siguiente ecuación:

$$v = \frac{P * Z_1 * n_1}{1000}$$

Donde:

P: corresponde al paso de la cadena que se seleccionó (en mm).

Z_1 : El número de dientes que se haya escogido para el engrane conductor.

n_1 : Las revoluciones por minuto de la rueda conductora.

Luego se procede a calcular la tensión que la cadena debe soportar en la transmisión, empleado la siguiente ecuación:

$$T = \frac{6120 * W}{V}$$

Donde:

T: Es la tensión nominal que soportará la cadena (kg).

W: La potencia nominal, conocida desde el principio (Kw).

V: Velocidad lineal de la cadena, calculada con ecuación dada.

Después, es necesario calcular la presión que soportarían las articulaciones:

$$t = \frac{T}{S}$$

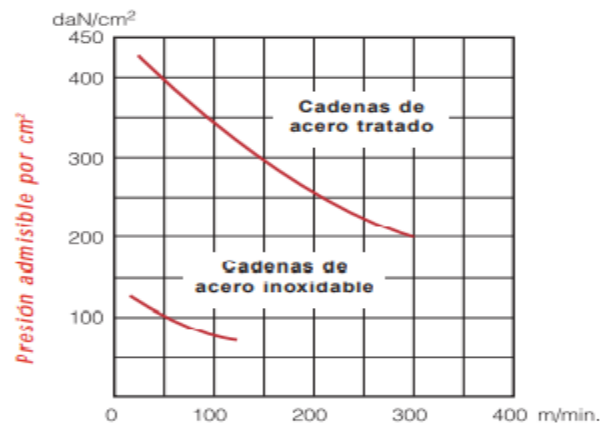
Donde:

t: Presión en las articulaciones (kg/cm²).

T: Tensión nominal calculada.

Teniendo el valor de la presión articular, se debe verificar en la tabla 12, mostrada a continuación, que cumpla el margen de presión admisible. Para finalmente determinar si la cadena seleccionada es la adecuada.

Tabla 13. *presión admisible respecto de velocidad lineal de transmisión.*



Tomada de: Joresa. (2019).

Así que, una vez se ha definido la cadena a emplearse, queda calcular la longitud que se requerirá, con la ecuación siguiente:

$$L = 2C + \frac{Z_1 + Z_2}{2} * P + \frac{\left(\frac{Z_2 - Z_1}{6,28}\right)^2}{C} * p^2$$

Donde:

Consideraciones de funcionamiento de las cadenas

Al igual que en la transmisión mediante bandas y poleas, en las cadenas es necesario establece una tensión adecuada y una alineación entre las ruedas dentadas en las que se acopla. Además, en este caso tratándose de elementos metálicos ensamblados y en constante movimiento, la lubricación es fundamental. Debido a que, la alineación de las ruedas dentadas es similar a la de las poleas y de ello ya se comentó. A continuación, se mencionará acerca de la tensión y lubricación que las cadenas requieren.

Tensión

Cuando la cadena no cuenta con la tensión adecuada, puede presentarse vibración en la transmisión. Anteriormente se vio una ecuación con la que se calcula la longitud de la cadena, que se supone debe ajustarse correctamente a las catarinas puesto que en la ecuación se tiene en cuenta la distancia entre los ejes y la cantidad de dientes correspondientes a las ruedas. Sin embargo, dado que la cadena cuenta con una longitud de paso establecida, normalmente se da el caso que la cadena mide un poco más de lo calculado. Así que, esta queda floja y también después de un tiempo de uso, la cadena se alarga.

Para corregir este inconveniente, resulta de manera similar a las bandas y poleas, sencillamente se puede aumentar la distancia entre los centros de los ejes o emplear un tensor. Existen varios modelos de tensores, que pueden ser de diferentes materiales incluso no metales, con o sin dientes. Un ejemplo de tensor, que se puede encontrar es el de la figura 66.

Figura 66. *Tensor de cadena.*



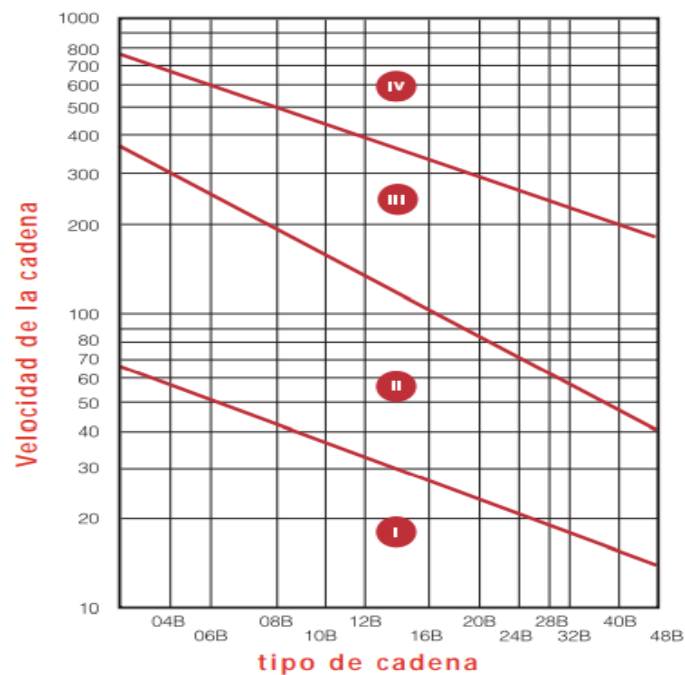
Tomada de: RESATEC (s.f).

Lubricación

Como se había dicho, la lubricación es fundamental en las cadenas. Por dos razones principalmente reducir los impactos entre los mismos eslabones, con lo que se reduce el desgaste. Además, aparte de lubricar, la sustancia que se emplee, permite regular la temperatura con lo que se previene la deformación de la uniones o expansión de los elementos durante la transmisión, lo que implicaría un destencionamiento aparente.

El tipo de lubricación que requiere una cadena, depende de la aplicación en la que se emplee la cadena. Existen varias formas para lubricar cadenas, tanto manuales como automáticos y en los mismos manuales suele especificarse cual debe emplearse para la cadena que se seleccione, por ejemplo, se puede encontrar una gráfica como la de la tabla 13.

Tabla 14. *Lubricación de acuerdo a tipo de cadena y velocidad.*



Tomada de: Joresa (2019).

Con la tabla anterior se selecciona el tipo de lubricación de los que existen y se encuentran en la tabla 14, mostrada a continuación.

Tabla 15. *Tipos de lubricación.*

I Lubricación manual	Para transmisiones de poca velocidad. Se puede aplicar con pincel, aceitera, etc. de forma periódica.
II Lubricación por goteo	Un sistema continuo o programado en el tiempo va depositando sobre la cadena el aceite necesario.
III Lubricación por inmersión o barboteo	Es este caso es necesario que la cadena quede encerrada en un carter y que una parte de la misma esté sumergida, o exista un sistema de barboteo que de forma continua riegue la cadena.
IV Lubricación a presión	También en cárter cerrado, una bomba lanza uno o varios chorros de aceite sobre la cadena. En estos casos se suele incorporar un sistema de enfriamiento del aceite.

Tomada de: Joresa. (2019).

Estándares de cadenas

Entre los estándares más importantes sobre cadenas que se pueden encontrar están los siguientes:

ISO 606

Es un estándar dirigido a cadenas de rodillos de paso corto, juntos con sus piñones asociados adecuadamente, se contempla en esta sus dimensiones, resistencia, longitud y tensión (ISO, 2015).

ISO 1275

Las características para estas cadenas de doble paso fueron establecidas en base a las dadas para las cadenas de rodillos de paso simple definidas en la ISO 606. En esta se especifica parámetros respecto a cadenas de doble paso, tales como: dimensiones, tolerancias y tensiones (ISO, 2006).

DIN 8187

Este estándar sería el equivalente al ISO 606, ya que en este también se abarca especificaciones con respecto a cadenas de rodillos de paso corto.

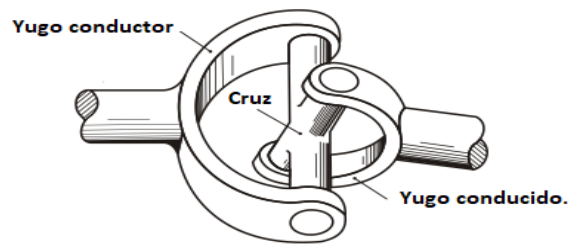
ISO 10823

En esta se establece el paso a paso a realizarse para la selección de una cadena de rodillos con sus respectivas ruedas, teniendo en cuenta las especificaciones del estándar ISO 606. El objetivo de llevar a cabo los procedimientos planteados es conseguir una duración del sistema de por lo menos 15000 horas en funcionamiento (ISO, 2004).

2.5.3 Junta universal

Este tipo de unión, es empleado para transmitir movimiento de un eje a otro, cuando entre estos existe un ángulo o la desalineación paralela es bastante grande. La junta universal más conocida y simple, es la junta única, conocida también como junta de Hooke, que es la que se muestra en la figura 67.

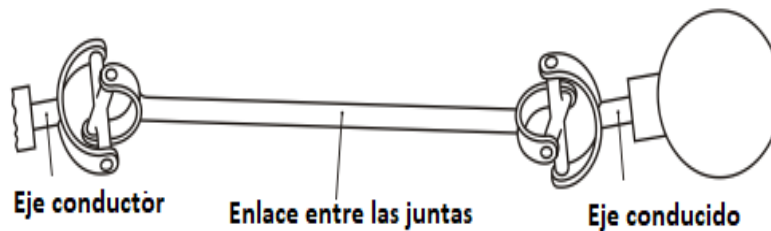
Figura 67. *Junta universal única.*



Adecuada de: IDC TECHNOLOGIES. (s.f.).

Cuando se emplea una junta simple como la mostrada en la figura anterior, el eje conducido no va a girar a la misma velocidad que el primero. Además, su velocidad será diferente, dependiendo del ángulo en el que se encuentre la cruz en el momento de la transmisión (IDC TECHNOLOGIES, s.f.).

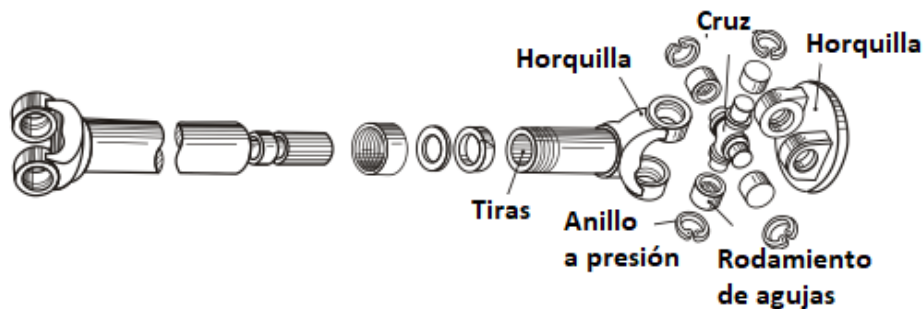
Por lo anterior, cuando en la aplicación, el ángulo debe transmitirse de manera homogénea se emplean justas dobles. En la figura 68, se observa la composición general una junta doble.



Adecuada de: IDC TECHNOLOGIES. (s.f.).

Hasta ahora se ha visto las formas de las juntas ensambladas. De tal manera que no se ha apreciado sus componentes a detalle, para que se tenga el máximo rendimiento en la transmisión, esta cuenta con elementos que permiten conseguirlo como son los rodamientos en aguja, que normalmente se emplean entre las horquillas de los ejes y la cruz, en la siguiente imagen se aprecia los elementos en mayor detalle.

Figura 69. Componentes de transmisión mediante junta universal.



Adecuada de: IDC TECHNOLOGIES (s.f).

Como se mencionó anteriormente, las uniones universales son los elementos de transmisión de movimiento entre dos ejes más recomendables, cuando se tiene elevados ángulos entre estos. Sin embargo, estos también cuentan con un límite de desalineamiento. El máximo ángulo que admiten una junta doble es mayor al que permite una junta simple. Aunque la desalineación, es un parámetro que varía entre unas juntas y otras dependiendo del fabricante y la aplicación, Se ha visto que, en algunos casos las simples pueden permitir ángulos de máximo 40° y las dobles máximo 80°. Lo que sí es seguro, es que las que mayor ángulo admiten, son más costosas, debido a que sus soldadoras deben ser más resistentes a causa de la forma como se descomponen las fuerzas en la transmisión.

Lubricación de la junta

Este es un aspecto que depende del tipo de junta y la aplicación. Debido a que existen juntas universales de diferentes materiales, dimensiones y con distintas piezas o también

para aplicaciones de naturalezas diferentes, deberá consultarse las recomendaciones del mismo fabricante. Por ejemplo, Algunas recomendaciones que se pueden encontrar en un manual acerca de esto de acuerdo al manual de **AMERIDRIVES INTERNATIONAL LLC** son las siguientes:

- La grasa debe ser de un tipo que soporte altos torques, es decir que se fundamente en el estándar AGMA 9001.
- Cuando se lubrica los rodamientos, estos no deben ser sometidos a una presión por encima de 5000 PSI.
- Antes de la puesta en marcha y posteriormente después de 500 horas como máximo o cada 30 días, volver a lubricar todos los rodamientos universales de las juntas y demás elementos que compongan el sistema.
- Vuelva a engrasar todos los accesorios, si la junta universal está fuera de servicio por un período prolongado de tiempo.

Normalmente, en los manuales se encuentran indicados los elementos que deben lubricarse y los orificios por donde hacerlo.

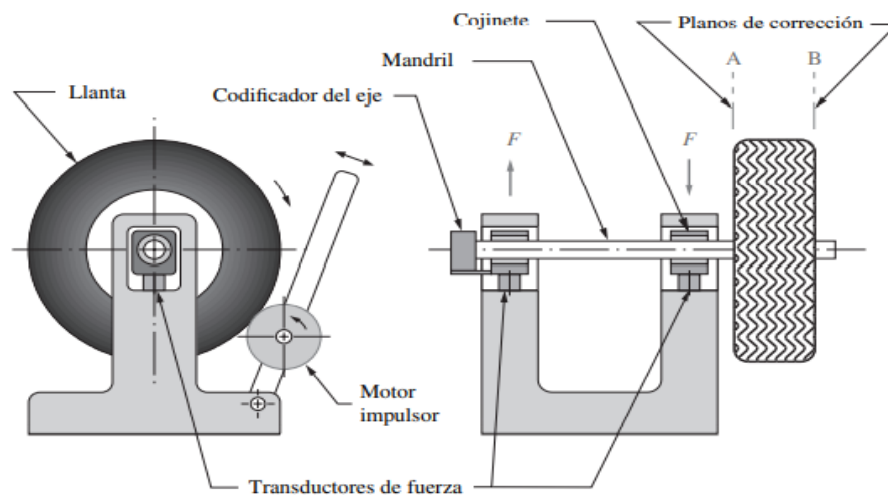
Balanceo

Teniendo en cuenta la estructura de este sistema y la forma como se transmite el movimiento, Surge el concepto de balanceo que simplemente hace referencia a un procedimiento de verificación de la correcta distribución de la masa de la junta respecto de un eje ideal, con el fin de evitar la aparición de fuerzas perturbadoras o sacudidoras que por encima de producir vibraciones pueden ocasionar daños a los elementos del sistema. Dichos desbalances, se producen a causa de los defectos en la fabricación. En teoría de diseño mecánico puede encontrar dos conceptos que son: balanceo estático y balanceo dinámico, estos se aplican a ejes como a elementos articulados, los cuales corresponden

a este caso. El balanceo estático corresponde a un método manual y resulta impreciso. por lo que, para fines prácticos, se realiza el balanceo dinámico. Para esto, se debe emplear una máquina que mediante transductores de fuerza y otros elementos electrónicos, permiten determinar las fuerzas de desbalance con sus respectivos ángulos de posición, de tal manera que la computadora de la máquina determina las masas de compensación y su ubicación (Norton, 2009).

El balanceo es una práctica que se realiza a muchos elementos mecánicos que involucren movimiento y estabilidad en el mismo, en la figura 70 se aprecia un montaje que correspondería al balanceo dinámico de una rueda con un rin con su rueda.

Figura 70. Montaje de balanceo dinámico rin-llanta.



Tomada de: Norton. (2009).

Estándares de juntas universales

SAE J 901

En este estándar se encuentra definida la nomenclatura y terminología sobre las uniones universales. También se menciona características importantes sobre los ejes empleados

junto con estas en las transmisiones y puede encontrar algunas recomendaciones útiles sobre los mismos (SAE, 2007).

SAE J 2301

Esta norma busca estandarizar las medidas y geometría de finales de los yugos con la finalidad de lograr intercambiabilidad en los yugos o directamente de la unión cruzada (SAE, 2021).

2.5.4 Comparativa de los sistemas de transmisión.

Después de conocer algunos de los sistemas de transmisión más empleados, es importante conocer cuando es conveniente emplear uno u otro. Por ello, a continuación, en una breve pero sustancial sección se comentará algunas de las consideraciones más relevantes sobre cada sistema de acuerdo a Ramo (2018).

Cuando se trata de potencias no tan grandes, el ángulo a transmitirse no sea tan relevante o el presupuesto que se tenga para adquirir el sistema no sea mucho, la mejor opción serían las bandas y poleas.

Cuando se requiere transmitir potencias considerables, sin pérdida de ángulo, con alta eficiencia y en un espacio pequeño, entonces es más conveniente emplear una cadena. Además, estas a diferencia de las bandas, es más sencillo su ajuste de tensión.

En caso de que la potencia que se requiere transmitir sea demasiado grande y en el ensamble, los ejes queden alineados y cerca entre sí, entonces lo mejor será emplear engranajes. Pero si los ejes quedan distantes el uno al otro y además se requiere que sea posible desalineamiento entre estos, entonces habría que utilizar una junta universal. Sin embargo, se debe tener en cuenta que una transmisión mediante cardán, la eficiencia

depende del ángulo que haya entre los ejes. Por lo tanto, en algunas aplicaciones en la que este varía constantemente resulta más complejo de conocerla.

2.6. Alineación de ejes

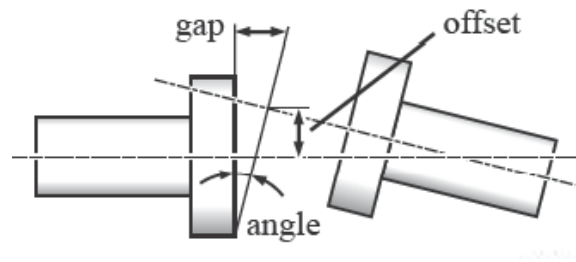
La durabilidad de los componentes de las máquinas rotativas que funcionan durante tiempos prolongados depende de varios factores, sin embargo, uno en específico es el nivel de alineación de los ejes entre los que se transmite el movimiento (API 686, 2009).

La alineación en este contexto, es un procedimiento que se realiza a ejes que se pretendan unir o conectar, con el fin de que las líneas centrales de los mismos coincidan. Se puede realizar de diferentes maneras y con diferentes instrumentos. Existen los métodos tradicionales y los más recientes en los que se emplea instrumentos electrónicos. En los métodos tradicionales, se requiere realizar mediciones y cálculos manualmente, con un reloj comparador como instrumento principal. En esta sección se verá algunos de los métodos más populares, pero antes es necesario conocer los conceptos de desalineamiento y algunas condiciones que deben cumplir las máquinas.

Conceptos de desalineamiento

De acuerdo a lo definido en API 686 (2009). Este corresponde a falta de coincidencia entre las líneas de los ejes. Cuando entre los ejes o las caras de los ejes, se forma un ángulo, se puede decir que los ejes se encuentran en desalineamiento angular. En la figura 71, se muestra lo que sería gráficamente este desalineamiento. Además, se identifica las variables que lo caracterizan y en las que se basan los métodos de cálculo del mismo.

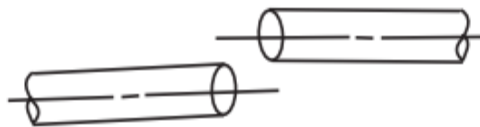
Figura 71. *Desalineamiento angular.*



Tomada de: PRUFTCHNIK LTD. (2002).

Cuando entre estos son paralelos, pero aun así sus líneas centrales no coinciden, como se muestra en la figura 72, se le denomina desalineamiento paralelo. En la práctica, la mayoría de los casos presentan ambos desalineamientos al mismo tiempo, a lo cual se le denomina desalineamiento mixto.

Figura 72. *Desalineamiento paralelo.*



Tomada de: API 686. (2009).

2.6.1 Condiciones para alineamiento

Para que el eje de una máquina pueda ser alineado a otro, Se debe contar con ciertas condiciones para poder aplicar las técnicas de cálculo existentes y que los ajustes que se realicen, sean efectivos. Entre las condiciones se tiene las siguientes:

- La máquina, debe contar con dos pares de patas correctamente ubicadas, es decir, que sea posible identificar las delanteras de las traseras.

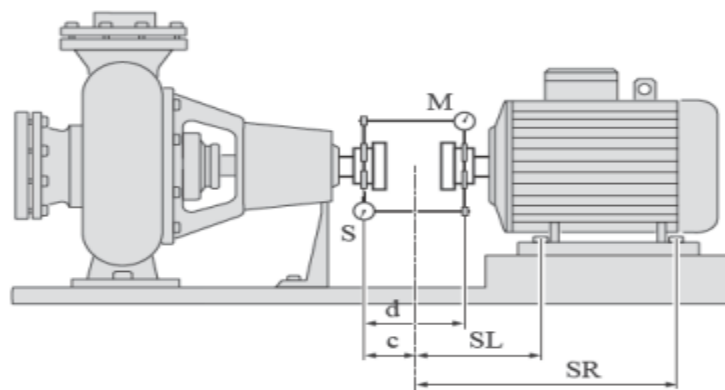
- Se debe disponer de láminas metálicas con espesor definido y marcado, con el fin de emplearlas para compensar las medidas que se calculen y así corregir el desalineamiento.
- La base donde se soporten las patas de las máquinas debe ser uniforme.
- Los tornillos para la sujeción de la máquina, deben estar libres de corrosión.
- Los ejes deben estar libres de curvaturas y si las tienen se debe conocer su magnitud para emplear compensación en los cálculos de medida del desalineamiento.

2.6.2 Métodos de alineamiento tradicionales

Método de los comparadores invertidos

De acuerdo con PRUFTCHNIK LTD (2002). Este es el método más popular de los tradicionales, Inicialmente se debe establecer la máquina móvil, determinar las variables indicadas en la figura y ubicar los relojes comparadores como se ilustra den la figura 73.

Figura 73. *Alineación mediante comparadores invertidos.*



Tomada de: PRUFTCHNIK LTD. (2002).

Posteriormente, se procede a girar ambos ejes al tiempo tomando los valores marcados por los relojes en las posiciones 3, 6 y 9 en la escala del reloj. Tomando como referencia la cara

del eje de la máquina fija que es la de la izquierda. De tal manera que, se debe asignar los valores a las siguientes variables:

S0: Lectura del borde izquierdo a las 12.

S3: Lectura del borde izquierdo a las 3.

S6: Lectura del borde izquierdo a las 6.

S9: Lectura del borde izquierdo a las 9.

M0: Lectura del borde derecho a las 12.

M3: Lectura del borde derecho a las 3.

M6: Lectura del borde derecho a las 6.

M9: Lectura del borde derecho a las 9.

d: Distancia entre indicadores.

c: Distancia entre indicador izquierdo y el centro del acoplamiento.

SS: Pandeo de indicador de lado izquierdo.

MS: Pandeo de indicador de lado derecho.

Luego, se procede a calcular las siguientes ecuaciones:

$$VO = \left(\frac{S6 - S0 + SS}{2} \right) - \left(\frac{(S6 - S0 + SS + M6 - M0 - MS)c}{2D} \right)$$

$$VA = \frac{S6 - S0 + SS + M6 - M0 - MS}{2d}$$

Con estas ecuaciones calculadas, se determina los valores que se deben mover las patas de la máquina móvil en el plano vertical, con las siguientes ecuaciones:

$$Shim\ left\ feet = (VA - sL) - VO$$

$$Shim\ right\ feet = (VA - sR) - VO$$

Si se obtiene un valor positivo, en las ecuaciones, significa que es necesario agregar láminas (shims), de lo contrario se debe quitar lo correspondiente a lo calculado.

Luego, para el plano horizontal sería:

$$HO = \left(\frac{S9 - S3}{2} \right) - \frac{(S9 - S3 + M9 - M3)c}{2d}$$

$$HA = \frac{S9 - S3 + M9 - M3}{2d}$$

Y con los valores obtenidos se procede calcular los valores a mover las patas:

$$\text{Move left feet} = (HA - sL) - HO$$

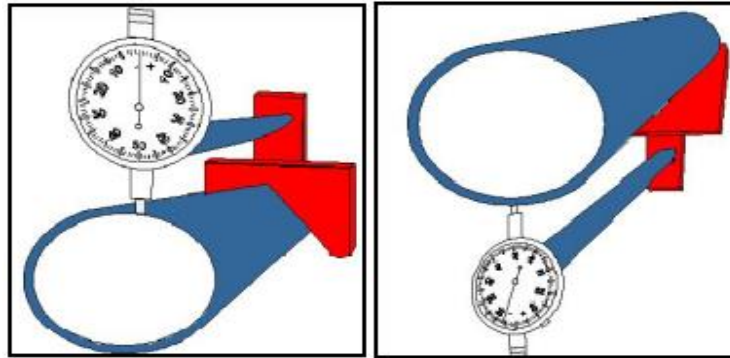
$$\text{Move right feet} = (HA - sR) - HO$$

Si en los cálculos se obtiene un valor positivo, significa que debe moverse las patas hacia el lado de las tres, de lo contrario hacia las nueve.

Método de cara y borde

Este método como su nombre lo indica, se basa en mediciones sobre cara y borde, que se realizan en solo de uno de los ejes, el fijo, específicamente. Por ello, este cuenta con la ventaja de ser más sencillo y el único que se puede realizar en algunos casos, dado que no requiere que se giren ambos ejes de las máquinas, lo cual no siempre es posible. Para llevar a cabo este método de acuerdo con SKF Reliability Systems (2003), se debe determinar el pandeo del eje del reloj, que no es más que una curvatura que este puede presentar y si no se tiene en cuenta, las medidas no serán correctas. Por lo tanto, se debe conocer a cuanta distancia corresponde dicha curvatura en el punto son de se toma los datos. Para ello, se debe emplear un eje o tubo recto y rígido como se indica en la figura 74, en el que el reloj se coloca inicialmente en la posición de las 12 ajustando la escala en cero, posteriormente se gira a la posición de las 6 y la medida que se marque en la escala corresponderá al valor del pandeo.

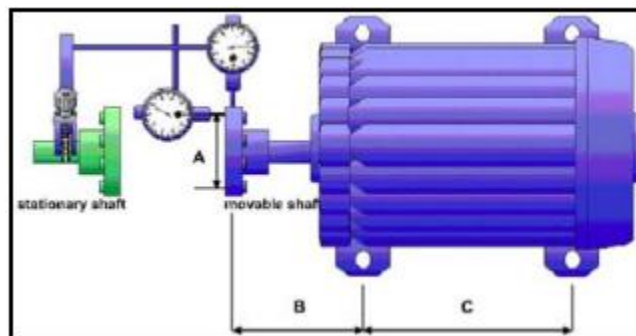
Figura 74. Medición de Pandeo.



Adecuada de: SKF Reliability Systems. (2003).

Luego se debe conocer las medidas y emplear dos comparadores de la manera como se indica en la imagen 75.

Figura 75. Alineación método cara borde.



Tomado de: SKF Reliability Systems. (2003).

Donde:

A: Corresponde al diámetro que recorrerá el reloj medidor sobre la cara.

B: Es la distancia paralela al eje, desde el reloj del borde hasta el centro del tornillo de las patas delanteras.

C: Es la distancia paralela al eje entre las patas delanteras y traseras.

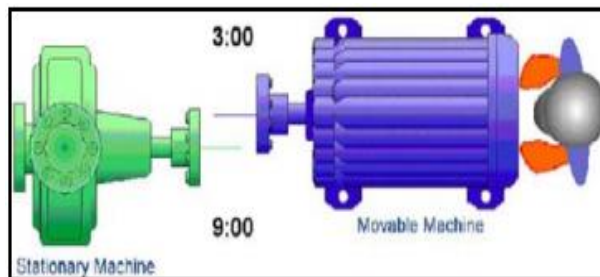
La toma de mediciones se toma tanto en el plano vertical como en el horizontal, procediendo para el vertical, de la siguiente manera:

Se ubican los relojes en la posición de las 6, estableciendo la escala del reloj del borde en el valor negativo del pandeo que se haya calculado. Posteriormente se giran ambos relojes a la posición de las 12 y se registran los valores. Sin embargo, este procedimiento también puede realizarse partiendo de las 12 y luego tomando la medición en la posición de las 6, pero en este caso el pandeo debe ser establecido en el valor positivo.

Para el caso de las mediciones en el plano horizontal, el procedimiento sería el siguiente:

Se llevan ambos relojes a la posición de las 9 y se establece sus escalas en cero. Luego, se llevan a la posición de las 3 y se registra su valor, en la figura se indica cual sería la posición de las 9 y 3 para tener mayor claridad.

Figura 76. *Sentido de escala de reloj para mediciones.*



Tomada de: SKF Reliability Systems. (2003).

Una vez se ha realizadas las mediciones, se debe calcular las ecuaciones que se deben emplear para determinar las magnitudes de los movimientos.

Para las patas delanteras, sería la siguiente:

$$\left(\frac{Face\ TIR}{A} * B \right) + \frac{1}{2} Rim\ TIR$$

Y para las traseras sería:

$$\left(\frac{Face\ TIR}{A} * (B + C) \right) + \frac{1}{2} Rim\ TIR$$

Entonces, si la ecuación es evaluada en el plano vertical y se obtiene un valor positivo significa que la pata está demasiado arriba y si la ecuación se evalúa en el plano horizontal y el valor que se obtiene es positivo, entonces las patas están demasiado a la derecha. En caso contrario, las patas están demasiado abajo o izquierda respecto a la máquina fija.

Un aspecto fundamental a tenerse en cuenta, son las unidades en las que se esté trabajando las distancias descritas en la imagen 75 y la escala de los relojes. Cuando se emplee un reloj con escala en mils, las unidades para A, B y C deben ser de pulgadas y el valor que se obtendrá en las ecuaciones estará en unidades de mils. En caso de que la escala del reloj sea en unidades de milímetro, las variables A, B y C, también estarán en milímetros y el valor que se obtenga en las ecuaciones, será en milímetros.

2.6.3 Métodos alineamiento electrónicos.

Como se mencionó al principio, en estos el procedimiento es mucho más automático y dinámica. Es decir, por medio de estos dispositivos es posible saber hacia donde es necesario mover la máquina en tiempo real. Entre los más empleados, están los siguientes:

Alineador SKF TKSA 11

De acuerdo con SKF Maintenance Products (2016). Los elementos que se emplean mediante en este método de alineación y la forma como se ajusta el medidor en los ejes, se aprecia en la figura 77.

Figura 77. Alineador de ejes SKF TKSA 11.



Tomada de: SKF Maintenance Products (2016).

El medidor, se conecta a una aplicación diseñada para ser soportada por un celular. La cual, al ejecutarla, solicitará la información correspondiente al sistema como se indica en la imagen 78 y se sincronizará.

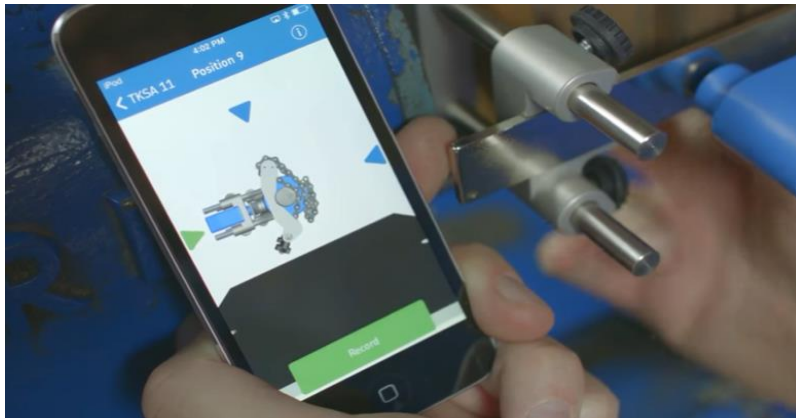
Figura 78. Información del sistema para alineación con SKF TKSA 11.



Tomada de: SKF Maintenance Products (2016).

Posteriormente, la aplicación le indicará el ángulo al que debe girar el sistema para registrar las medidas, como se muestra en la figura 79.

Figura 79 Toma de datos con alineador SKF TKSA 11.



Tomada de: SKF Maintenance Products (2016).

Para la realización de las mediciones, el dispositivo cuenta con unos sensores de proximidad inductivos. Así que, al existir desalineación, las distancias medidas serán diferentes entre estos. En la figura 80 se muestra un ejemplo de cómo sería.

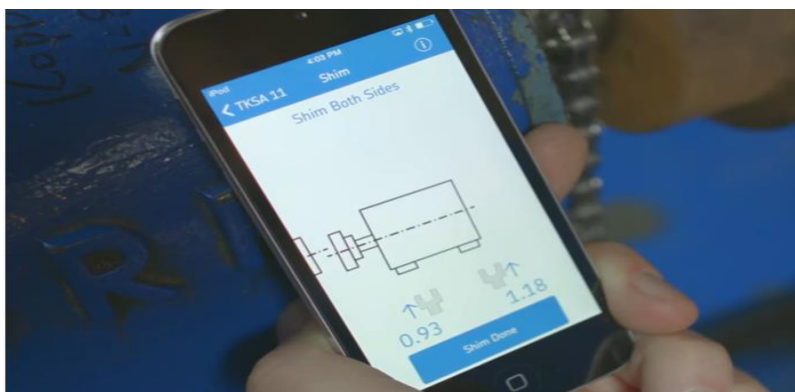
Figura 80. Medidas registradas por los sensores de proximidad.



Tomada de: SKF Maintenance Products (2016).

Cuando el dispositivo realiza los cálculos, indica en pantalla los movimientos en unidades de distancia o chapas que se debe ya sea agregar o quitar en el plano vertical como se indica en la imagen 81.

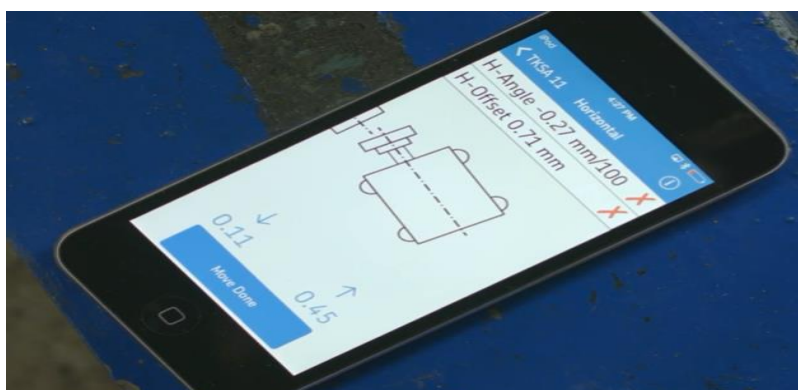
Figura 81. Indicaciones de alineador SKF TKSA 11 para plano vertical.



Tomada de: SKF Maintenance Products (2016).

Así mismo en el plano horizontal, la aplicación indica hacia donde debería moverse las patas y este va actualizando los valores a medida que se vaya ajustando la máquina. En la figura 82 se ve cómo es que la aplicación lo indica.

Figura 82. Indicaciones del alineador SKF TKSA 11 en el plano horizontal.



Tomada de: SKF Maintenance Products (2016).

Alineador Fluke 830

En este caso el procedimiento es bastante similar al anterior. La diferencia entre estos, radica en sus componentes, siendo sensores laser en este caso los elementos principales. Por lo cual, es más costoso, el montaje de este sistema se aprecia en la figura 83.

Figura 83. *Elementos de alineador láser.*



Tomada de: Fluke Corporation (2014).

Cuando se inicia la aplicación, se debe introducir los datos correspondientes a las máquinas y posteriormente deberá girarse el sistema a los puntos de referencia, como se muestra en la imagen.

Figura 84. *Toma de medidas con alineador Fluke 830.*



Tomada de: Fluke Corporation (2014).

Posteriormente, el dispositivo realiza los cálculos correspondientes a las distancias que se requiere mover a la máquina para conseguir la alineación y los muestra en la pantalla como se muestra en la figura 85.

Figura 85. Datos indicados por alineador Fluke 830 para realizar movimientos de la máquina.



Tomada de: Fluke Corporation (2014).

2.6.4 Diagnóstico de desalineamiento.

Cuando dos ejes acoplados se encuentran desalineados, se presentan dos fenómenos en la operación de las máquinas: un alto nivel de vibración y elevadas temperaturas, debido a esto es posible detectarlo mediante ciertos instrumentos electrónicos.

En el caso del análisis mediante las vibraciones. Como es sabido, la vibración es un conjunto de ondas mecánicas que pueden ser medidas y por tanto es posible conocer su amplitud y frecuencia. Un equipo que se encuentre funcionando adecuadamente no mostrará picos sobredimensionados o al menos no constantemente. sin embargo, empleando esta metodología se debe tener en cuenta que la vibración puede generarse de diferentes elementos en el sistema y habría que consultarse cuales son los rangos normales para cada elemento en funcionamiento.

Para el caso de la temperatura, a día de hoy existen instrumentos que permiten su medición con elementos basados en el principio de luz infrarroja, que como es sabido, un cuerpo que se encuentra a una elevada temperatura, emitirá rayos dentro de dicho conjunto de ondas y pueden ser detectados.

2.6.5 Estándares de alineamiento de ejes.

API 686

Este estándar especifica características para la correcta instalación y diseño de maquinaria. Ya sea para maquinaria nueva, existente o de reemplazo. En industria del petróleo, química o de gas (API, 2009).

ASTM E 1012

En este documento se encuentra la opción de medición de la alineación de manera estandarizada (ASTM, 2019).

2.7. Bombas hidráulicas

Una bomba es una máquina que permite aumentar la presión de un fluido que circula a través de una línea de flujo, ya sea mediante movimiento rotativo o reciproco (Herazo, 2012).

Existen varias características en las bombas por las cuales podrían clasificarse, como son: su fuente de movimiento, principio de funcionamiento, materiales de fabricación o diseño. Sin embargo, basándose en el principio de funcionamiento, se conocen dos tipos: las de desplazamiento positivo y las cinéticas. A su vez estas se dividen en otros subconjuntos. Por lo tanto, el esquema que muestra la clasificación de manera más completa, sería el que se muestra a continuación:

Bombas de desplazamiento positivo

- Reciprocantes.
 - De pistón.
 - De diafragma.
- Rotativas.
 - De tornillo.
 - De engranajes externos.
 - De engranajes internos.
 - De lóbulos.
 - De paletas.

Bombas cinéticas (rotodinámicas)

- Centrífuga.
- Regenerativa.

El objetivo principal de esta sección son las bombas centrífugas. Si embargo, se verá las características generales acerca del funcionamiento de las demás abarcadas en la lista.

2.7.1 Bombas de desplazamiento positivo

De acuerdo con de las Heras (2011), Este tipo de bombas es denominado así, debido a que el flujo que es impulsado por medio de estas es en forma de paquetes, siendo el volumen del sistema impulsor constante (configurable en algunos casos) y sin posibilidad de retorno. A no ser que se emplee un sistema adicional de retorno.

Ahora bien, las bombas que impulsan al fluido en paquetes discretos, pueden contar con un sistema de bombeo montado sobre un eje rotativo (girando en sincronía con el mismo), denominándose así bombas rotativas de desplazamiento positivo o transmitir el movimiento del eje hacia otro mecanismo de tipo vaivén llamándose así bombas reciprocantes. A continuación, se comentará las bombas que se encuentra en cada una de estas clasificaciones.

Bombas reciprocantes.

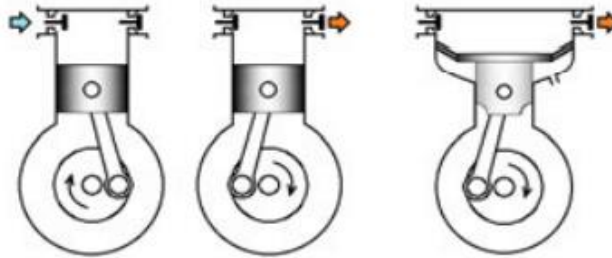
En esta el bombeo se realiza gracias a la variación del espacio de una recámara contenida en la bomba, que puede ser provocada por pistones o mediante el accionamiento de diafragmas. Lo que ocurre es que cuando el volumen pasa de ser reducido a su máximo valor, hay una reducción en la presión y se realiza la succión, una vez la recamara está llena, su volumen empieza a reducirse nuevamente y el agua no tiene la posibilidad de retornar por la vía donde fue succionada, sino que es empujada hacia la salida (De las Heras, 2011).

Bombas de pistón.

En este tipo de bombas, son los pistones los que realizan el movimiento de vaivén. Normalmente estas cuentan con más de un pistón, ubicados de cierta manera que permita compensar los movimientos y evitar sacudidas en la máquina. Además, entre más pistones tenga la bomba, más uniforme y constante será el flujo. Una variación en este tipo de bombas, que permite conseguir un mayor volumen de fluido impulsado, es en la que se emplea los pistones para empujar una membrana, de tal manera que es esta última, la que determina el volumen de la recámara. en la parte imagen izquierda y la de la mitad de la figura se aprecia las del movimiento del pistón para la succión y la expulsión de fluido, en

la que se puede apreciar la disposición de las válvulas en cada caso. En la parte derecha se ve un ejemplo de a bomba de pistones que emplea una membrana (De las Heras, 2011).

Figura 86. *Bomba de pistón.*

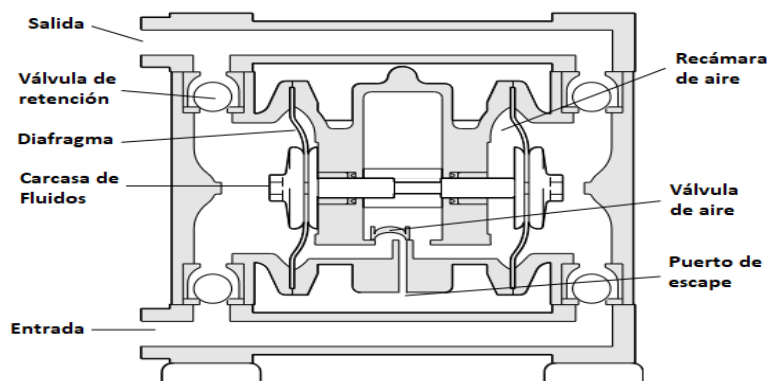


Tomada de: De las Heras (2011).

Bombas de diafragma.

Este tipo de bombas impulsa al fluido mediante el empleo de uno o más diafragmas, siendo la de dos, la más común. Empleando aire a presión como su accionamiento por excelencia. De manera similar a las de pistones, estas cuentan con válvulas a la entrada y a la salida con la finalidad de que el fluido se desplace en un solo sentido. Las partes de este tipo de bomba pueden variar un poco dependiendo del fabricante, en especial en cuanto al sistema de accionamiento. Sin embargo, en la figura 87, se aprecia sus elementos más relevantes y comunes.

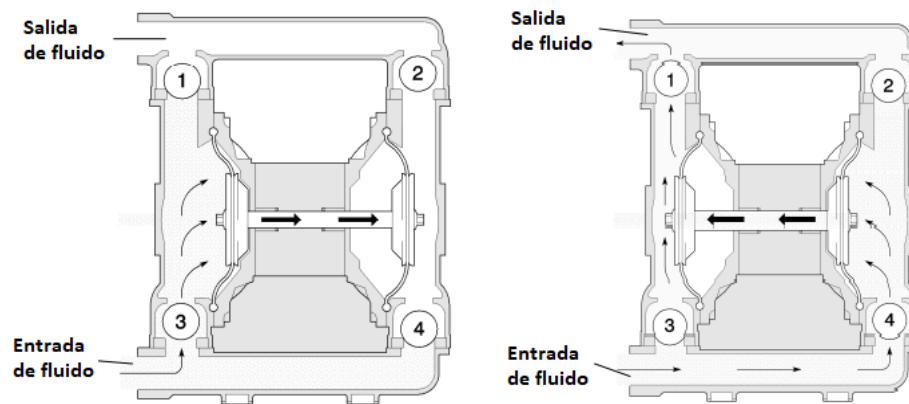
Figura 87. *Partes de una bomba de doble diafragma.*



Adecuada de: Graco, (1996).

En este tipo de bomba, se enviaría dos volúmenes de fluido por ciclo. Ya que mientras en uno de los diafragmas se está impulsando, en el otro se estaría succionando. En la figura se aprecia el ciclo mediante dos imágenes. En cuanto al accionamiento, no se hará énfasis debido a que este como se mencionó, varía entre fabricante y lo que interesa de este, es que accione a los diafragmas de manera intercalada. En la figura 88, se aprecia lo mencionado, en la imagen izquierda cuando el eje de los diafragmas, está siendo impulsado hacia la derecha, en la recamara izquierda se estaría realizando la succión, mientras que en la recamara de la derecha, se estaría impulsando el fluido. Ahora bien, en la imagen derecha sucede el procedimiento contrario.

Figura 88. *Ciclo de impulsión de bomba de diafragmas.*



Tomada de: Graco, (1996).

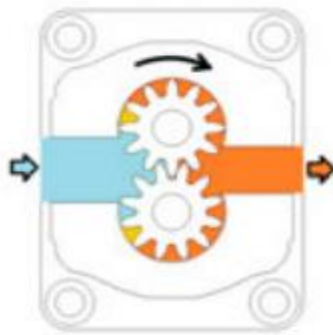
Bombas rotativas.

De acuerdo con de las Heras (2011), en estas el fluido debe entrar a una cavidad la cual a medida que sistema rotatorio impulsor gira, se va impulsado hacia la salida, que normalmente se ubica en el extremo opuesto a la entrada. A continuación, se verá los principales tipos de bombas rotativas que existen.

Bomba de engranajes externos.

Estas bombas se componen comúnmente de dos engranajes de dientes externos, los cuales abarcan cierta cantidad de fluido entre sus dientes y lo desplazan hacia la pared que le corresponde del bloque de la bomba. Luego con la rotación lo desplaza hacia al otro extremo. De tal manera, que al final se unen resultando un flujo casi uniforme debido a la continuidad de los dientes. Normalmente, solo uno de los engranes es conectado al eje impulsado, por lo que sería el engranaje conductor. El otro es conducido con este último, ya que sus dientes entran en contacto entre sí (De las Heras, 2011).

Figura 89. *Bomba de engranajes externos.*

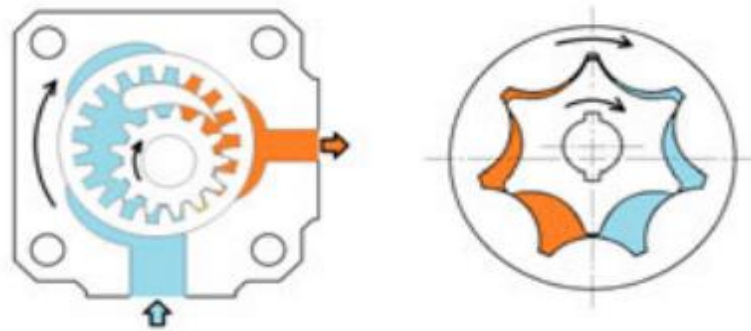


Tomada de: De las Heras (2011).

Bomba de engranajes internos.

En este caso al igual que en el anterior, la bomba se compone de dos engranajes, con la diferencia que uno de ellos cuenta con dientes internos. Existe una variación entre la forma de los dientes de dichos engranajes, por lo que resultan dos tipos de bombas de engranajes de dientes internos. Las que emplean una media luna, como la que se aprecia en la imagen izquierda de la figura 90 y las que no cuentan con ella en la que las dimensiones de sus dientes son mayores como se puede notar en la imagen derecha de la misma figura.

Figura 90. *Bomba de engranajes.*

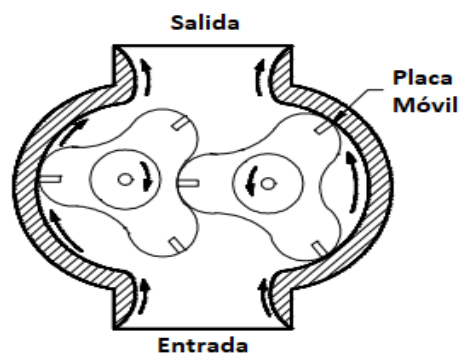


Tomada de: De las Heras. (2011).

Las bombas de dientes internos tienen de desventaja que son más sensibles a contaminación o presencia de sólidos en el fluido que las de dientes externos. Sin embargo, son las más adecuadas cuando se requiere que la operación sea silenciosa y como características comunes entre estas, se tiene, que son de volumen fijo y se puede tener varias bombas montadas en un mismo eje (De las Heras, 2011).

En el tipo bombas de engranajes, también podría incluirse las bombas de lóbulos. Ya que estas resultan ser bastante similares. La diferencia en cuanto a su estructura es en su elemento impulsor, el cual suele contener solo dos o tres dientes significativamente mayores a los de una bomba de engranajes normal.

Figura 91. *Bomba de lóbulos.*

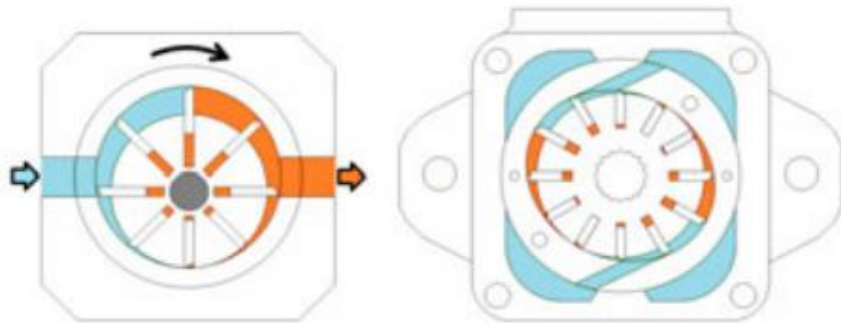


Adecuada de: Ezekiel. (1993).

Bomba de paletas.

La forma de impulsar de estas bombas, se basa en el empleo de un rotor que se compone de paletas que permiten desplazarse radialmente. Lo anterior, junto a que el eje no es concéntrico con la cavidad de la bomba. Permite que, al girar el rotor, las paletas se desplacen hacia afuera en la parte de la carcasa por donde entra el fluido, abarcando una determinada cantidad del mismo, y de manera similar lo empuja hacia la salida, empleando a la pared del bloque para crear hermeticidad, hasta que se encuentra la cavidad de salida, en la que el fluido es liberado y las paletas son empujadas hacia adentro con la finalidad de que este no sea retornado hacia la cavidad de entrada. Estas pueden ser de sola una entrada y una salida como la vista en la imagen izquierda de la figura o de doble entrada y salida como la de la imagen derecha de la misma figura.

Figura 92. *Bombas de paletas.*



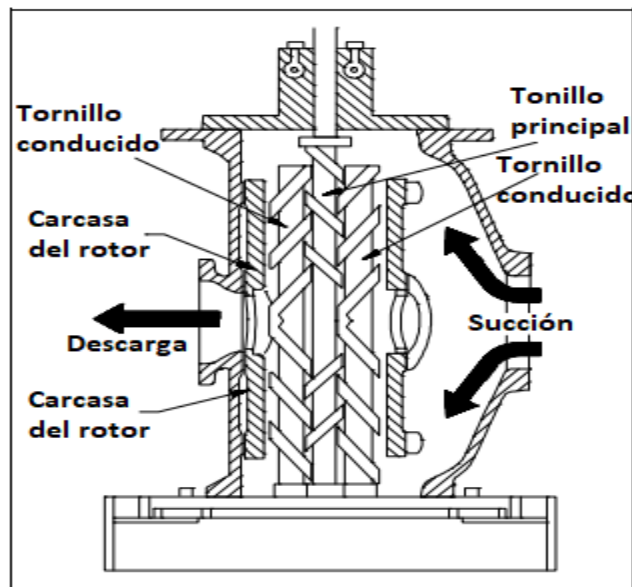
Tomada de: De las Heras. (2011).

Las principales diferencias de las bombas de paletas, respecto de las de engranajes, es que permiten la calibración del desplazamiento de fluido y también que estas equilibran los esfuerzos sobre los elementos que soportan al impulsor como es el caso de las de doble entrada y salida (De las Heras, 2011).

Bomba de tornillo

En este tipo de bomba, el elemento que empuja al fluido, cuenta con una rosca por lo que su forma resulta similar a un tornillo. Con cada giro que este elemento realiza, cada componente del fluido, es desplazado una distancia determinada hacia la salida. Este tipo de bombas es el más adecuado cuando grandes sólidos se encuentran en el fluido. Se puede encontrar diferentes tipos de bombas de tornillos, cuya variación consiste principalmente en el número de tornillos de los que se componga y el paso de la rosca que este o estos tengan, siendo tres tornillos el máximo que una bomba llega a tener. Algo importante de aclarar es que los tornillos, no entran en contacto entre sí (Ezekiel, 1993). En la figura se muestra un esquema de la bomba de tres tornillos y así mismo las líneas indican el sentido o las trayectorias que seguiría el fluido.

Figura 93. *Bomba de tres tornillos.*



Adecuada de: Ezekiel (1993).

2.7.2 Bombas de cinéticas

Las principales características de estas, por las que se las diferencia de los de más tipos de acuerdo con Fuentes (2010), son las siguientes:

- Siempre son bombas rotativas.
- La bomba aporta presión al fluido mediante la velocidad que le aporta el giro de un elemento conocido como rodete, también conocido como impulsor.

Otra diferencia que podría decirse es fundamental, respecto a las de desplazamiento positivo, por ejemplo, es que estas permiten retornar el flujo en caso de tener la salida bloqueada, por lo cual es más segura su operación.

Actualmente se distinguen dos tipos de bombas que cumplen con estas características: las periféricas también conocidas como regenerativas y las centrífugas.

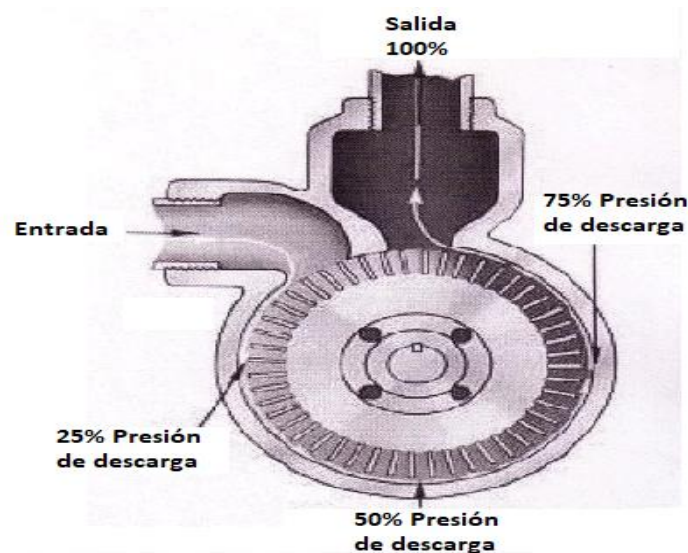
Bombas periféricas.

Esta respecto de la otra mencionada, es bastante similar. De acuerdo a Vieto (2021), las diferencias más relevantes son las siguientes:

- El tamaño de la turbina de la bomba periférica es notablemente menor a la de la turbina.
- La forma de la turbina de la bomba periférica tiene un parecido a la de la bomba de paletas, por lo que la impulsión se realiza entre el espacio alrededor de esta y la pared de la cavidad, mientras que el de la bomba centrífuga, impulsa el fluido partiendo desde su centro hacia sus orillas.
- En la práctica, la bomba periférica bombea el fluido a mayor presión. Sin embargo, la bomba centrífuga bombea flujos mayores.

Para conocer un poco sobre cómo es impulsado el fluido en una bomba periférica, en la figura se aprecia lo que sería la forma interior de la cámara de impulsión y la trayectoria que sigue. En la misma imagen, también se aprecia que hay unos porcentajes de presión que el fluido obtiene en los puntos indicados, a medida que el rodete gira.

Figura 94. *Impulsión en bomba periférica.*



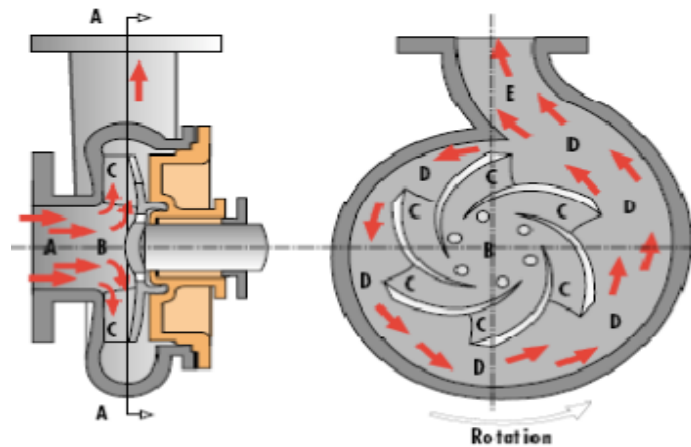
Adecuada de: Vieta (2021).

Bomba centrífuga.

Este son el tipo de bomba más ampliamente utilizados, tanto para uso industrial como domestico según Vieta (2021). Para entender el principio funcionamiento de una bomba centrífuga, es necesario conocer el principio de Bernoulli referido a la relación velocidad-presión de un fluido. Que de acuerdo con FLOWSERVE (2006), de manera muy resumida y en palabras simples consiste en que un fluido que circule por un conductor, el cual presente una variación en su sección transversal, siendo mayor la del segundo tramo, experimentará una disminución en su velocidad y un aumento en su presión estática.

Por lo anterior, es que las bombas centrífugas son bastante fáciles de reconocer, ya que las más comunes son las de voladizo que cuentan con una involuta la cual aumenta su volumen a medida que se aproxima a la salida. Lo anterior, se puede apreciar en la figura 95. El fluido parte desde el centro de su impulsor y es empujado por los álabes hacia las orillas y salida.

Figura 95. *Impulsión en bomba Centrífuga.*



Tomada de: FLOWSERVE (2006).

En la figura anterior, en los puntos marcados por las letras, a medida que avanza la posición de la letra en el abecedario, así mismo significa un aumento de presión. Lo que significa que los puntos identificados por la letra D cuentan con presión mayor a la del punto B.

Con lo explicado anteriormente, en cuanto a las presiones, es posible entender cómo se produce la succión en este tipo de bombas. Cuando los álabes empujan el fluido hacia los lados, en el centro del rodete se produce un bajón en la presión, lo que sería similar a un vacío. Lo que ocasiona que el flujo que se encuentra a la entrada circule hacia ese punto y lo continuará haciendo mientras el impulsor siga girando.

Las bombas centrífugas, son un tipo bastante amplio, a causa de la gran cantidad de características que podrían cambiar de una a otra y que al mismo tiempo deben tenerse en cuenta en su selección. Entre estas, se tiene los siguientes tipos:

Tipos de bombas centrífugas

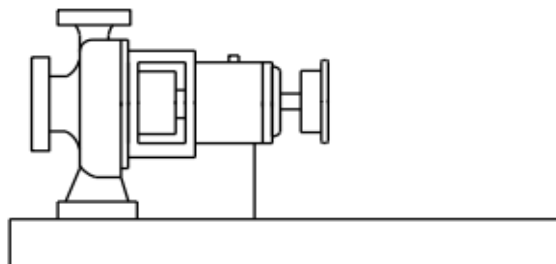
- Bombas de voladizo.
- Bomba entre rodamientos.
- Bombas verticales.
- Bombas simples y multietapas.
- Bombas de voluta simple y voluta doble.
- Bombas de acuerdo al material.
- Bombas de acuerdo a la dirección de flujo.
- Bombas de carcasa completa y partida.
- Bombas sumergibles y no sumergibles.

A continuación, se mencionará algunas de los aspectos más importantes de los tipos mencionados:

Bombas de voladizo

Estas bombas cuentan con su impulsor en el extremo de un eje el cual es soportado por rodamientos en la punta opuesta (API 610, 2011). Un ejemplo de este tipo de bomba es la OH1, que se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 96. *Bomba tipo OH1.*

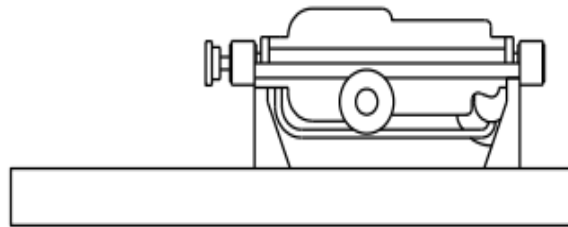


Tomada de: API 610 (2011).

Bomba entre rodamientos

A diferencia de la de voladizo, estas cuentan con los impulsores en medio de rodamientos, la razón es que estas son para aplicaciones de mayores requerimientos, por lo que normalmente estas son multietapa. Es decir, cuentan con más de un rodete con lo que es posible obtener mayores presiones en el bombeo. Un ejemplo de bomba de este tipo, es la BB3, que se aprecia en la siguiente figura:

Figura 97. *Bomba BB3.*

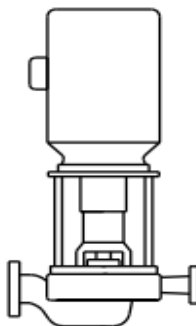


Tomada de: API 610 (2011).

Bombas verticales

Estas a diferencia de las vistas hasta ahora, cuentan con la diferencia de que su eje, está dispuesto verticalmente, por lo que estas normalmente son sumergibles en el extremo impulsor (API 610, 2011). Un ejemplo de tipo de bomba de estas es la OH3, que se muestra en la figura.

Figura 98. *Bomba vertical tipo OH3.*



Tomada de: API 610 (2011).

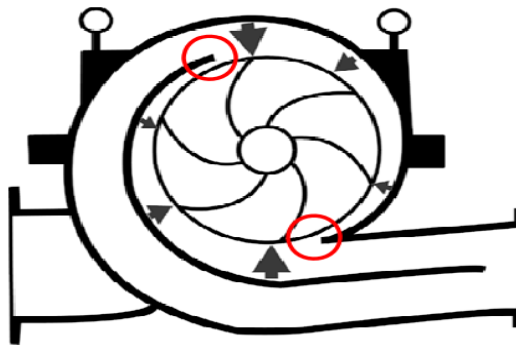
Bombas simples y multietapa

En este caso se hace referencia al número de rodetes con los que cuenta la bomba, entre más tenga una bomba, así mismo la presión que esta le aportará al fluido será mayor a lo que haría una con una cantidad menor.

Bombas de voluta simple y doble

Una bomba de voluta simple, corresponde a la mostrada en la figura 95. Lo que sucede con dicho tipo, es que como se había mencionado, en los puntos que se aproximan hacia la descarga son de mayor presión, que sus opuestos, los cuales están cerca de la succión. Lo cual ocasiona que el impulsor no trabaje desequilibrado, en cuanto a las fuerzas a las que es sometido. Por lo anterior, existen bombas que emplean voluta doble, con lo que es posible que las presiones se compensen (FLOWSERVE, 2006). En la figura 99, se aprecia la forma como es el interior de una voluta doble y se puede apreciar que los puntos donde empieza cada voluta, se encuentran a 180°.

Figura 99. *Bomba de doble voluta.*



Tomada de: FLOWSERVE. (2006).

Bombas de acuerdo al material

En este caso, realmente es una variedad bastante amplia. Puesto que, los materiales de los que pueden ser fabricadas las diferentes partes de una bomba son bastantes. Por lo que, en este caso se recomienda revisar uno de los estándares que especifican esta información, como puede ser el API 610.

Bombas de acuerdo a la dirección del flujo

De acuerdo con API 610, pueden ser de tres tipos: Flujo radial, radial-axial o axial. Donde las direcciones dadas, hacen referencia a la salida del flujo respecto del eje sobre el que está montado el impulsor.

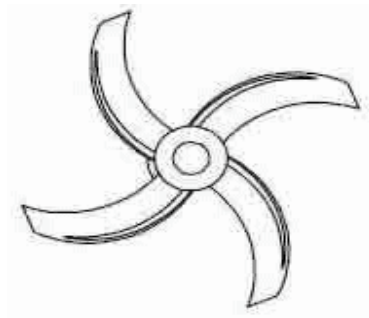
Tipos de impulsores

Como ya de habrá notado, este es el elemento fundamental en las bombas centrífugas. Existen varios tipos de impulsores, los cuales varían en cuanto a forma y dimensiones, lo cual permite emplear las bombas centrífugas para bombear sustancias con diferentes propiedades. A continuación, se verá los que se pueden encontrar de acuerdo con Connor (2019):

Impulsor abierto

Este es el más adecuado cuando se trata de un fluido de alta densidad y que contenga sólidos. Es fácil de reconocer porque sus álabes se encuentran separados y no cuenta con alguna tapa ni atrás ni adelante. Sin embargo, por la misma razón estos son bastante vulnerables a los esfuerzos, por lo que son recomendables para bombas pequeñas.

Figura 100. *Impulsor abierto.*



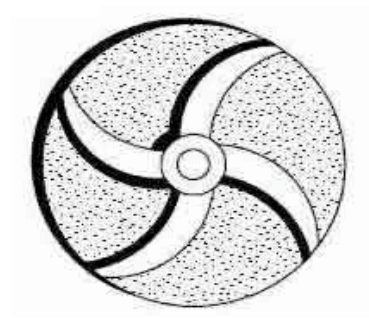
Tomada de: Connor (2019).

Impulsor semiabierto

Estos a diferencia de los anteriores, si poseen una tapa en la parte trasera de los álabes.

Por lo tanto, cuentan con mayor resistencia y eficiencia.

Figura 101. *Impulsor semiabierto.*

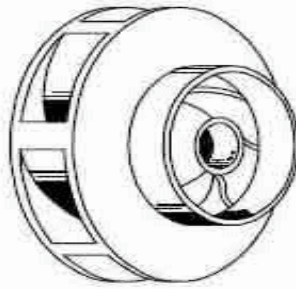


Tomada de: Connor (2019).

Impulsor cerrado

En este caso, se tiene tapas que encierran a los álabes por la parte de atrás y adelante. Son los que más eficiencia permiten obtener. Sin embargo, se deben emplear solo cuando el fluido es puro y de baja densidad. Para el ingreso del flujo, estos cuentan con un agujero en el medio como se aprecia en la figura 102.

Figura 102. *Impulsor cerrado.*



Tomada de: Connor (2019).

Elementos más importantes de las bombas centrífugas

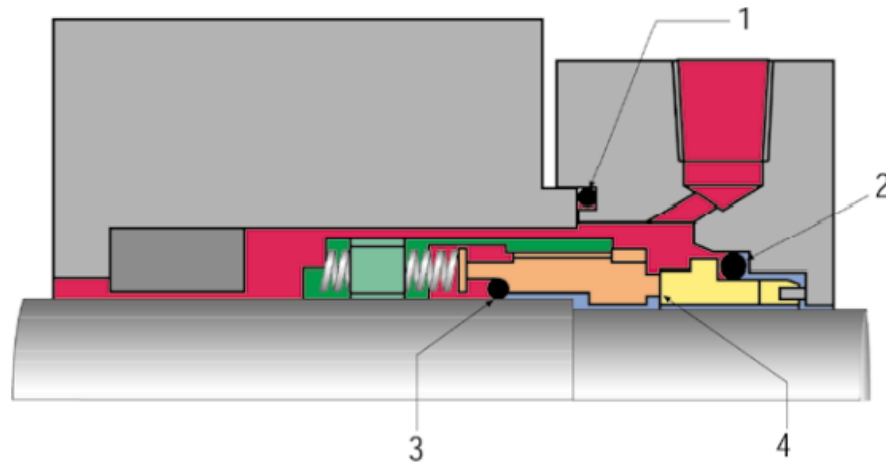
Los elementos de los que se componen las bombas, pueden variar de acuerdo con el tipo de bomba y fabricante. Sin embargo, existen ciertos elementos que pueden ser universales en estas como son los siguientes:

Sello mecánico

Uno de los aspectos más importantes en las bombas es la hermeticidad, ya sea para evitar pérdidas del fluido o prevenir contaminación con la sustancia que se esté bombeando, la cual puede ser de naturaleza, derivada del petróleo o cualquier otro tipo no conveniente para el entorno. Ahora bien, cuando se trata de evitar fugas en elementos que encajan, pero no existe movimiento relativo entre los mismos, la cuestión puede solucionarse con emplear empaques. Sin embargo, cuando sí existe movimiento, como es el caso del eje y la carcasa de la bomba, en donde además se involucran altas presiones. No es posible contener el fluido con empaquetaduras. Es ahí donde aparecen los sellos mecánicos, de los cuales existen varios tipos, pero aquí se presentará el funcionamiento general de uno, basándose en un modelo de acuerdo con FLOWSERVE (2006), referido a términos de bombas.

Lo que hace un sello es cambiar las rutas por las que el fluido podría fugarse con la finalidad de facilitar su contención, para entenderlo de mejor manera, se indicará la estructura de un sello mecánico y se continuará la explicación.

Figura 103. *Sello mecánico.*



Tomada de: FLOWSERVE (2006).

De la imagen anterior, tomando los números dados se tiene:

1 prensaestopas.

2 parte superior del anillo de desgaste.

3 parte inferior del anillo de desgaste.

4 apertura entre parte móvil y fija del sello.

Todos los puntos enumerados en la figura 103, serían las vías que el fluido tendría para fugarse si dichos elementos fallaran. El sello mecánico se compone de dos conjuntos que se conocen como la parte fija y la móvil, la fija va sobre la carcasa que en este caso sería la parte amarillenta en la imagen junto con las partes 1 y 2. Por otro lado, la parte móvil es la que va montada sobre el eje y gira con él. En la misma imagen serían la parte zapote, la parte número 3 y el resorte. El resorte se emplea para regular la presión que ejerce la cara de la parte móvil sobre la de la parte fija que sería la única vía de fuga que tendría el fluido

y sobre la que se ejerce el control, cabe aclarar que las caras no entran en contacto directo, sino que el mismo fluido que se está reteniendo, es empleado para crear una película lubricante, pero dicha distancia es tan pequeña que solo permite la lubricación con el fluido, sin posibilidad a una fuga continua.

Anillos de desgaste

Estos son elementos que se emplean con el fin de brindar protección al elemento impulsor, ya sea en la parte delantera o trasera, con el fin de evitar que dicho elemento tenga contacto directo que le ocasione desgaste. Siendo más sencillo de intercambiar dichos elementos y el objetivo es que estos reduzcan el retorno del flujo desde la descarga hacia la entrada en el caso de los anillos en la parte delantera. En el caso de los de la parte trasera, se emplean para reducir la carga axial en la cámara de sellado. La carga axial aparece por naturaleza de la succión, cuando el flujo llega al centro del impulsor este impacta en él, ocasionando un empuje axial (FLOWSERVE, 2006).

Cojinetes

Como es sabido, estos son elementos esenciales para optimizar el movimiento de piezas ya sea angular o axialmente y en las bombas no son la excepción. Las bombas centrífugas incluso emplean combinaciones de estos como son de desplazamiento angular-axial (FLOWSERVE, 2006). A continuación, se muestra un ejemplo en la figura.

Figura 104. *Cojinete radial- axial.*



Tomada de: FLOWSERVE (2006).

Selección y condiciones de operación

En este apartado se verá los aspectos a tener en cuenta para la selección de una determinada bomba y se verá algunas de las características acerca de las mismas.

Para entrar en detalle en uno de los aspectos más importante en la operación de una bomba, como es el NPSH, antes se debe tener claro el significado de algunos términos.

Presión de vapor

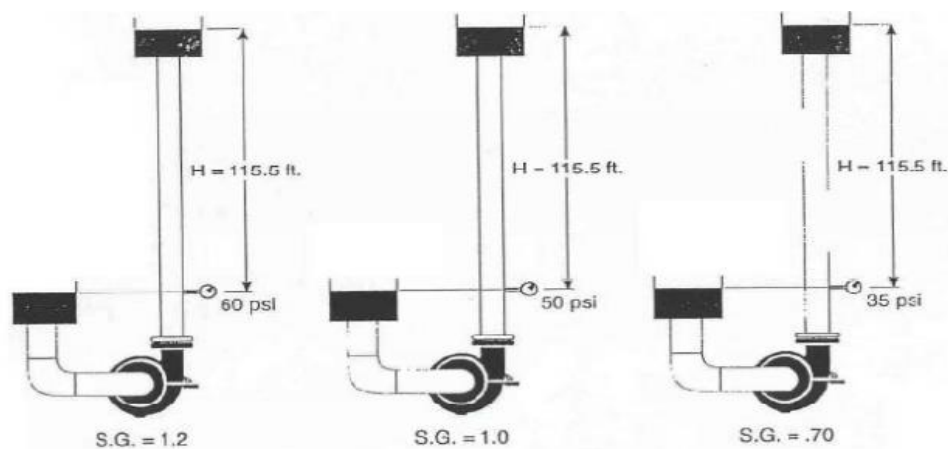
La presión de vapor de acuerdo con, consiste en la presión a la cual un fluido que se encuentre a una determinada temperatura, podría evaporarse (FLOWSERVE, 2006). Esto es algo bastante común, ya que por ejemplo al menos alguna vez todos habremos escuchado que el agua hierve a mayor temperatura a nivel del mar que por encima de este.

Ahora bien, la cavitación es un fenómeno que puede ocurrir cuando el fluido padece una disminución en su valor, llegando a ser igual o menor a la de vapor. Como ya es sabido, la bomba crea una diferencia de presión en el centro del impulsor, para que la succión sea posible. Entonces, si esa diferencia de presión llega a hacer disminuir la presión del fluido hasta un valor cercano de hacer que empiece a evaporarse, de tal manera que se crean burbujas del mismo, ocurrirá que al ser empujado por los álabes sufrirá un aumento de presión repentino con lo que este implosionará y provocará micro- abrasiones en la superficie de los mismos (FLOWSERVE, 2006). Como se ha visto hasta ahora la cavitación es algo que no conviene para la conservación de la bomba. Sin embargo, es algo que se puede evitar realizando correctamente los cálculos del sistema a la hora de seleccionar una determinada bomba. Por ello, lo siguiente será ver lo que se requiere calcular para conocer la presión que debe generar una bomba según la necesidad que se tenga.

Cálculos para selección de una bomba

Cuando se habla de la capacidad de una bomba en cuanto a elevación, no se emplea unidades de presión para definirlo, sino que se hace en términos de altura de elevación o de columna de agua. Lo anterior, debido a que una bomba impulsará un fluido a diferentes niveles dependiendo de su gravedad específica, para entenderlo de mejor manera, se debe apreciar la figura, la cual ha sido extraída de uno de los documentos facilitados por FLOWSERVE, en la que se tiene tres sustancias con gravedades específicas diferentes y sus respectivas presiones requeridas para impulsarlas a un mismo nivel de elevación.

Figura 105. *Elevación de acuerdo con gravedad específica.*



Tomada de: FLOWSERVE (2006).

Tanto las pérdidas (debidas a las uniones, fricción en las tuberías, etc.) como a las ganancias de presión, serán definidas en términos de altura de elevación. Así que, la ecuación que define la cabeza de presión que la bomba que se requiere debe generar, continuando con los pasos dados en los manuales de FLOWSERVE es la siguiente:

$$H = H_d - H_s$$

Donde:

H: es la altura de elevación total o neta.

Hd: altura de elevación total de la descarga.

Hs: altura de elevación total de la succión.

Luego, desglosando los términos de la ecuación anterior, para el caso de la altura elevación total a la descarga, se tiene que este se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$hd = hsd + hpd + hfd$$

Donde:

hsd: Altura de elevación estática.

hpd: Presión superficial en la descarga.

hfd: Perdidas que se tengan en la tubería desde la salida de la bomba.

Para el tramo de succión, se emplea la siguiente ecuación:

$$hs = hss + hps - hfs$$

Donde:

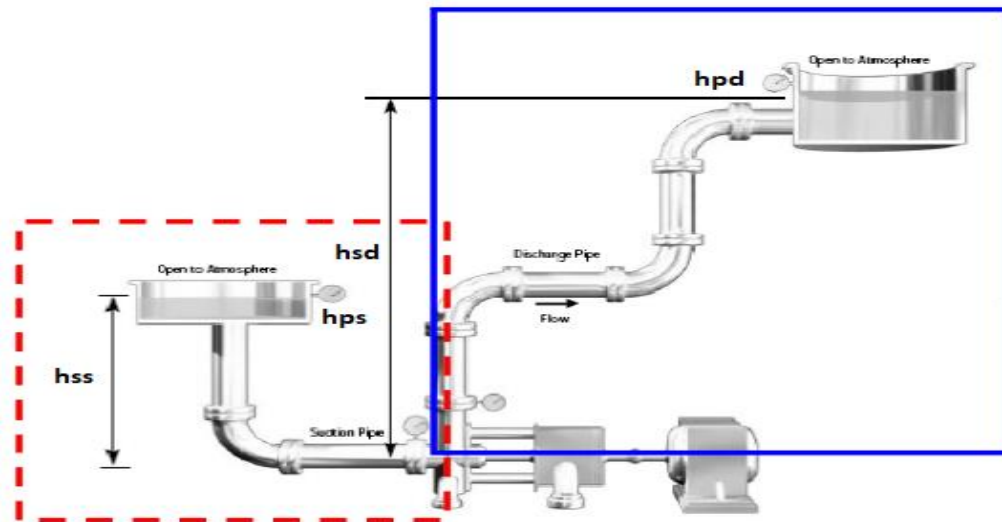
hss: Altura de elevación estática en la succión.

hps: Presión superficial de la succión.

hfs: Perdida de altura de elevación en tramo de tubería de succión.

Para complementar las ecuaciones dadas, en la siguiente figura se indican la mayoría de las variables requeridas.

Figura 106. Esquema de sistema de bombeo.



Tomada de: FLOWSERVE (2006).

NPSH

Continuando con la guía de FLOWSERVE, este corresponde a las siglas de Altura positiva neta en la succión, lo cual en la práctica sería un margen de presión que se debe respetar para que no se produzca la cavitación del fluido. Existen dos tipos de NPSH. El NPSHr, que corresponde al ya definido en la fabricación de la bomba y el NPSHa, que sería el que se tenga en el sistema.

Para que una bomba opere sin problemas de cavitación, el NPSHa debe ser mayor que el NPSHr. Para conocer el NPSH del sistema se debe emplear la ecuación mostrada a continuación:

$$NPSH_a = h_s - h_{vp}$$

De donde:

hs: Altura de elevación total absoluta en la succión.

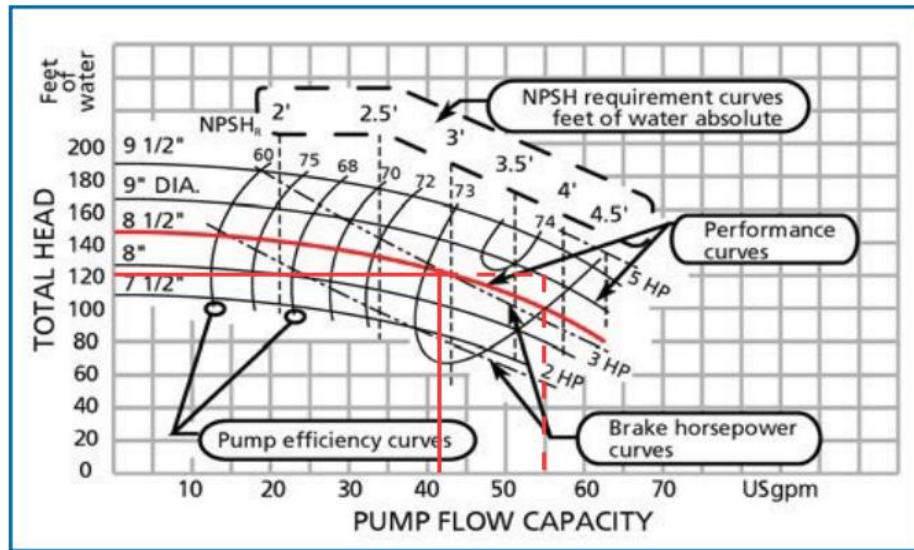
hvp: Presión de vapor del fluido a bombearse.

En caso de que el NPSH obtenido del sistema sea menor al de la bomba, habría que buscar una bomba con menor valor de dicho parámetro y si no es posible, sería necesario realizar cambios al sistema que se tenga.

Curvas de operación

Cada referencia de bomba cuenta con unas especificaciones acerca de sus capacidades o características de operación. Esa información normalmente se presenta en gráficas en las que se encuentran las variables como son el caudal, velocidad, presión y NPSH interrelacionadas. Es muy importante tener en cuenta las correspondientes a la bomba que se tenga, para así mismo conocer las zonas más óptimas sobre las que puede operar la bomba y evitar deficiencias o problemas en su funcionamiento. Entre las más importantes que se tiene, está la que relaciona la presión con el caudal y así mismo que indica las regiones de acuerdo con su eficiencia, como la que se muestra a continuación.

Figura 107. Curvas de rendimiento de una bomba centrífuga.



Tomada de: Satterfield (2013).

De la imagen anterior se puede apreciar que, de acuerdo con el diámetro del impulsor, la bomba variará en cuanto a capacidad y eficiencia siendo los impulsores de mayor diámetro los más eficientes.

Leyes de afinidad

Estas son una alternativa para saber cuáles serían las características del flujo que se tendría al hacer algún cambio en la bomba sin necesidad de realizar el montaje físico. Es decir, por ejemplo, si se cambiara el tamaño del impulsor a emplearse o la velocidad de giro del mismo, sería posible emplear ciertas ecuaciones y obtener los valores aproximados a lo que sería en la vida real. Para cada tipo de bomba, las ecuaciones varían. Sin embargo, para las bombas centrífugas de manera general, de acuerdo con (SBVindustriales, 2021), se tiene las siguientes:

Cuando el diámetro del impulsor permanece constante

- el flujo es proporcional a la velocidad del eje.

$$\frac{Q1}{Q2} = \frac{N1}{N2}$$

- La presión estática, es proporcional al cuadrado de la velocidad del eje.

$$\frac{H1}{H2} = \left(\frac{N1}{N2}\right)^2$$

- La potencia que absorbe el motor varía siendo proporcional al cubo de la velocidad del eje.

$$\frac{P1}{P2} = \left(\frac{N1}{N2}\right)^3$$

Por otro lado, cuando es el diámetro del impulsor el que varía y su velocidad permanece constante, las ecuaciones que deben emplearse son las que siguen:

- Para conocer el nuevo flujo aproximado, de acuerdo con el cambio del diámetro la ecuación es la siguiente.

$$\frac{Q1}{Q2} = \frac{D1}{D2}$$

- La relación entre el cambio de altura de elevación y cambio de diámetro está dada por.

$$\frac{H1}{H2} = \left(\frac{D1}{D2}\right)^2$$

- Por último, la ecuación para la potencia es la siguiente.

$$\frac{P1}{P2} = \left(\frac{D1}{D2}\right)^3$$

2.7.3 Estándares de bombas

Entre los estándares más comunes para bombas centrífugas se tiene los siguientes:

API 674

En este estándar se encuentran definidas las características mínimas en cuanto a bombas de desplazamiento positivo, para aplicaciones especialmente en áreas del petróleo, química y empresas de servicios de gas (API, 1995).

API 682

Este estándar, especifica características de ciertos elementos de bombas centrífugas y rotativas, en especial en cuanto a sistemas de sellado para aplicaciones relacionadas con el petróleo, gas natural e industria química (API, 2004). Realmente el tema de sellado podría parecer no tan extenso. Sin embargo, es un tema realmente amplio debido a que las características del fluido pueden variar en diferentes aspectos que hacen necesario contar con distintas opciones para conducirlo adecuadamente. Para dar una idea de lo cuidadoso que se debe ser en este aspecto, se podría dar un par de ejemplos del impacto que puede generar la mala selección de un sistema de sellado, que serían: el desgaste del sistema que se emplee debido a la naturaleza de la sustancia o a fuga de la misma sustancia debido a la falta de robustez para retenerlo.

ANSI-API 610

En esta norma o estándar se indican los requerimientos mínimos que las bombas centrífugas deben cumplir, ya que son recomendaciones dadas por las mismas industrias que las requieren en este se encuentran por ejemplo las presiones a la succión y descarga, las temperaturas de operación, entre otros factores para bombas de voladizo, entre

rodamientos y verticales empleadas en sectores de hidrocarburos especialmente (API, 2011).

API 686

Este estándar, aunque fue mencionado para ciertos fines en una sección anterior, es de vital importancia consultarlo, ya que en este se encuentra información acerca del acondicionamiento de las máquinas como es su instalación, mantenimiento y operación.

ISO 5199

En este estándar se encuentra las especificaciones para diseño, mantenimiento y seguridad de las mismas. En esta las bombas se clasifican mediante clases, siendo las de clase I las de condiciones más severas y clase III las de condiciones menos severas (API, 2002).

Capítulo 3

Desarrollo de módulos

En este capítulo encontrará lo correspondiente a la realización de los módulos, es decir el proceso de búsqueda y organización de la información correspondiente a cada curso realizado, la metodología para la implementación de los mismos para la asignación al personal designado por la empresa para recibirlos.

3.1 Plataforma EASY y primer objetivo

En el primer objetivo se planteó la necesidad de definir la estructura que los módulos que se desarrollarían deberían llevar. Así mismo, la información que en estos debía ser abarcada, lo cual implicaba ejecutar una metodología que permitiera tener un recurso de aprendizaje y que pudiera ser aprovechado sin términos de vigencia o un plazo límite para acceder al mismo. Por lo anterior, el saber que la empresa cuenta con una plataforma netamente enfocada a alojar recursos de contenido formativo para el personal, fue de vital importancia, debido a que esto facilitó de alguna manera el alcance del objetivo. Por ello, en esta sección se mostrará cómo está constituida la plataforma y la forma como se incluyó y organizó el contenido desarrollado.

La plataforma se llama EASYplus, se encuentra en la intranet de la empresa y para acceder a ella se debe continuar de la siguiente manera: En el navegador de internet se debe ingresar al siguiente link “intranet.massyenergy.co”, con esto será dirigido a la pestaña principal del sitio que se ve como muestra la figura 108.

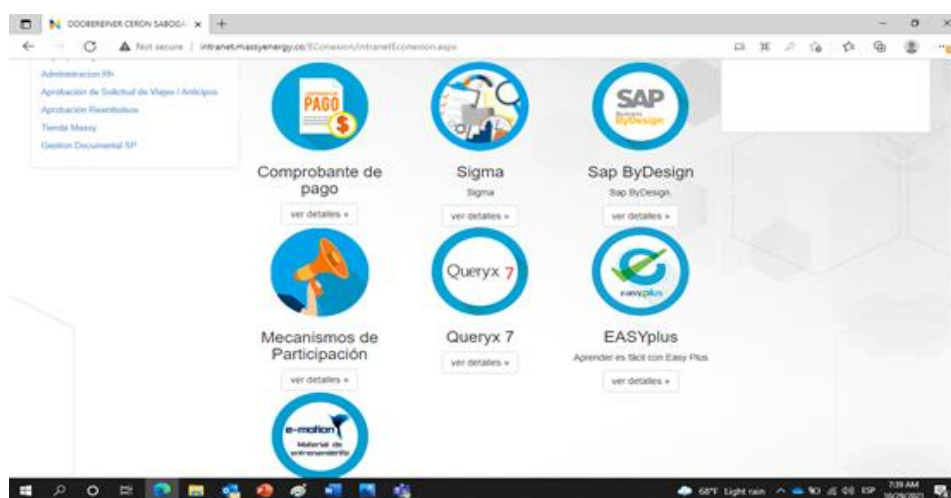
Figura 108. *página principal de intranet.*



Fuente: Autor.

Al estar en el inicio de la intranet, se ingresan unas credenciales, las cuales deben ser dadas por la misma empresa y con ello se tendrá acceso a una pantalla en la que se muestra las diferentes áreas de la empresa disponibles y entre ellas se encuentra EASYplus, tal como se ve en la siguiente figura 109.

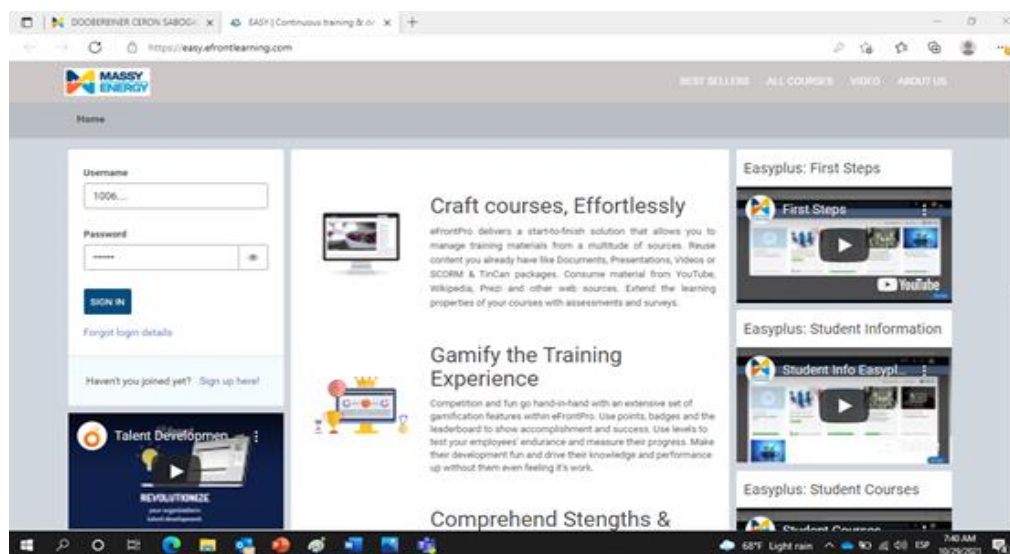
Figura 109. *Opciones de intranet.*



Fuente: Autor.

Luego, al dar a la opción para entrar a la plataforma destino, aparece nuevamente una solicitud de credenciales como lo que se muestra en la siguiente figura.

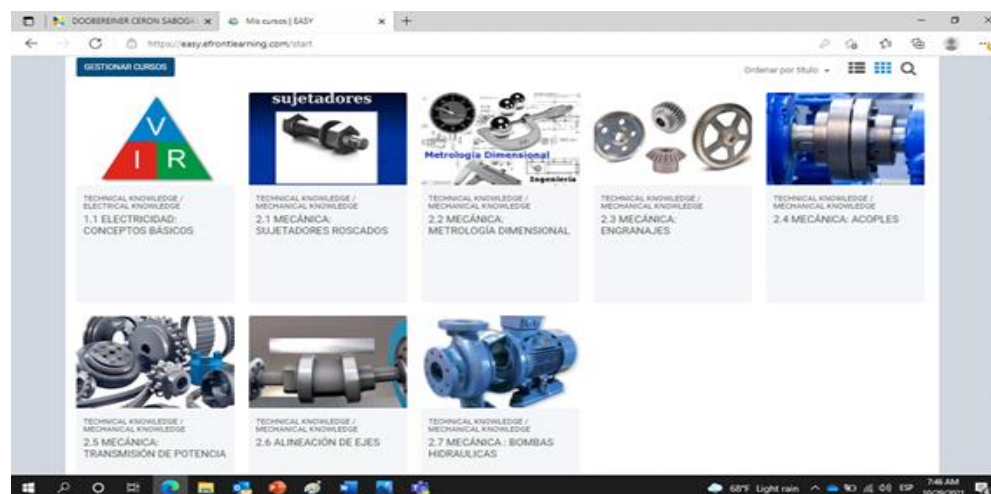
Figura 110. Acceso a EASYplus.



Fuente: Autor.

Finalmente, se podría visualizar los cursos que se haya creado, en caso de ser instructor o a los que se puede acceder para estudiarlos en caso de ser aprendiz.

Figura 111. Cursos de EASYplus.



Fuente: Autor.

La plataforma EASYplus es bastante completa y permite emplear un amplio número de herramientas para el caso de un creador de contenido. A continuación, se mostrará como una descripción del procedimiento básico para cargar un curso y conocer un poco de la misma. El proceso empieza con darle a la opción de añadir curso lo cual redirigirá a otra pestaña en la que se agrega la información correspondiente al curso, como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 112. *Información de nuevo curso.*

The screenshot shows the 'Añadir curso' (Add course) form in the EASYplus platform. The form includes the following fields and options:

- Imagen del curso:** A placeholder image with a blue icon.
- Nombre:** A text input field containing '2.1 MECÁNICA: SUJETADORES ROSCADOS'.
- Categoría:** A dropdown menu showing 'Technical Knowledge / Mechanical Knowledge'.
- Tipo:** A dropdown menu showing 'eLearning'.
- Descripción corta:** A text area containing 'A lo largo de este módulo se abarcará a los sujetadores roscados contemplados en los diferentes estándares.'
- Mostrar configuración avanzada:** A link to expand the form.
- Required fields are marked with an asterisk (*):** A note indicating which fields are mandatory.
- AÑADIR:** A blue button to submit the form.

Fuente: Autor.

Figura 113. *Información de curso nuevo.*

The screenshot shows the 'Ocultar configuración avanzada' (Hide advanced configuration) form in the EASYplus platform. The form includes the following fields and options:

- Código del curso:** A text input field containing 'CSC101'.
- Idioma:** A dropdown menu showing 'English (US) [English (US)]'.
- Opciones:** A section with checkboxes for 'Activo', 'Permitir conversaciones', and 'Mostrar en catálogo'. There are also checkboxes for 'La tarea necesita aprobación' and 'Asignar automáticamente a los usuarios nuevos'.
- Precio base:** A text input field containing '\$15.50'.
- Disponible para:** A text input field containing 'días'.
- Al caducar:** A dropdown menu showing 'Evitar el acceso a menos que se complete'.
- Disponible desde:** A text input field containing 'Respecto a tu zona horaria'.
- Disponible hasta:** A text input field containing 'Respecto a tu zona horaria'.
- CEU:** A text input field containing 'ej: 10'.
- Depende de:** A dropdown menu showing 'Seleccionar cursos'.
- Certificación:** A dropdown menu showing 'Seleccionar plantilla'.
- Required fields are marked with an asterisk (*):** A note indicating which fields are mandatory.

Fuente: Autor.

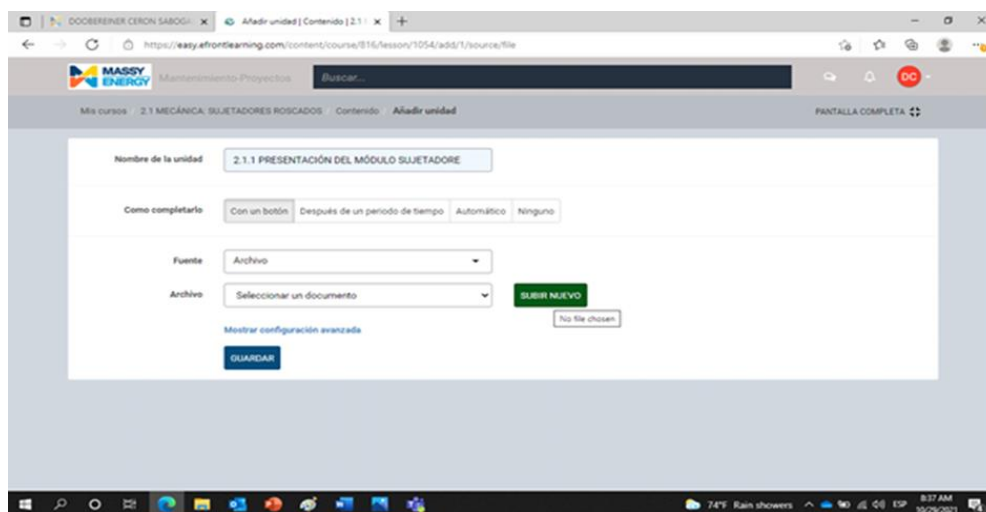
Una vez se ha completado la información básica del curso, se crea un espacio en el cual permite elegir el contenido a cargar, el cual puede ser de distintos formatos como son en video, pdfs, presentaciones de power point, entre otros. La secuencia sería la indicada en las siguientes imágenes.

Figura 114. *Añadiendo contenido a EASYplus.*



Fuente: Autor.

Figura 115. *Añadiendo contenido a EASYplus.*



Fuente: Autor.

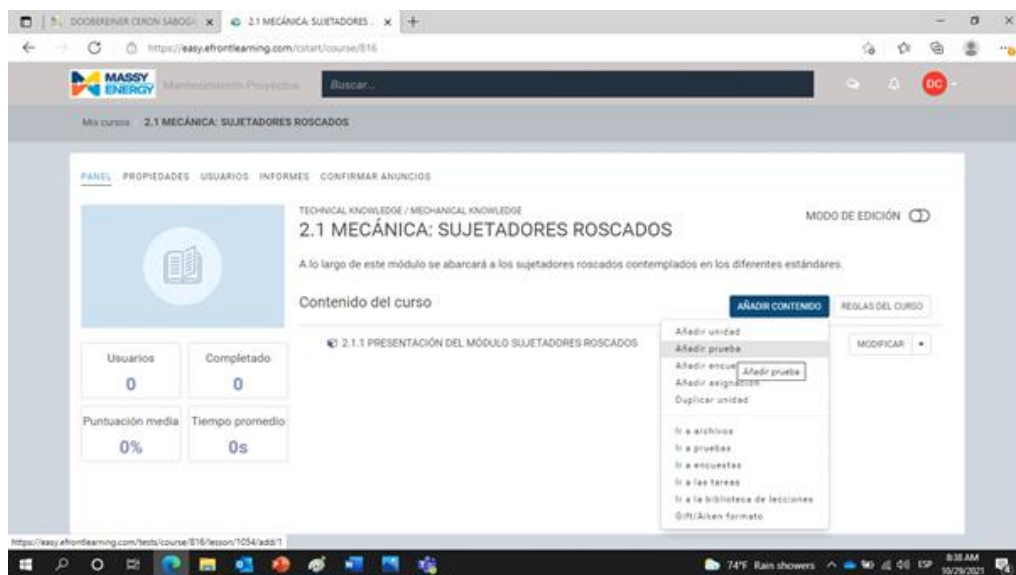
Figura 116. Contenido agregado.



Fuente: Autor.

Otra característica importante que tiene la plataforma es que permite incluir pruebas, cosa que puede realizarse de manera similar a agregar contenido como el mostrado anteriormente. A continuación, se muestra como iniciar.

Figura 117. Añadiendo prueba a curso.



Fuente: Autor.

Una vez indicado que se creará un examen para el módulo en el que se encuentre, la plataforma conduce a otra pestaña en la que de la misma manera como cuando se creó el área del curso, se debe especificar las características de la prueba, como son el tipo de preguntas y el puntaje requerido para aprobarlo. En la siguiente secuencia se indica las partes más relevantes.

Figura 118. *Definiendo características del examen.*

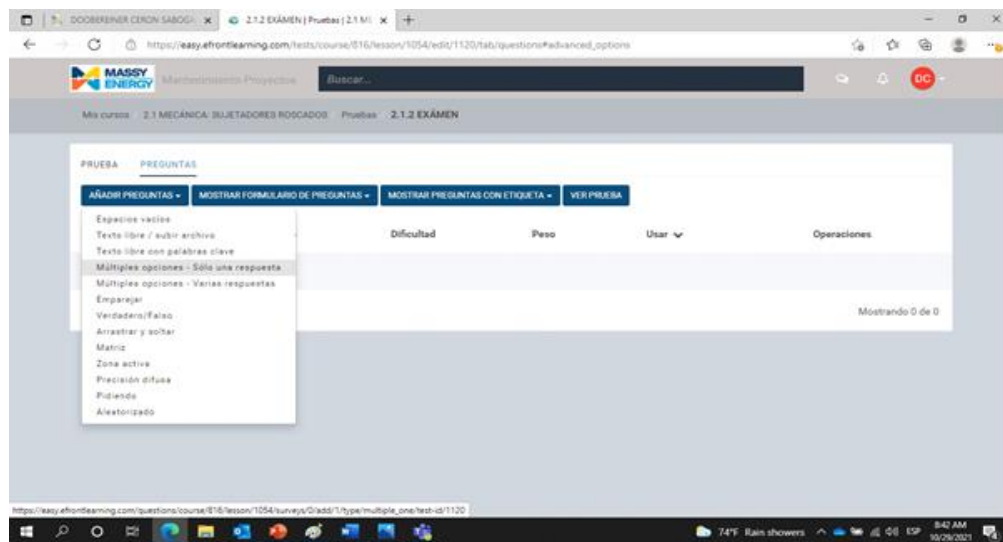
Fuente: Autor.

Figura 119. *Definiendo características de la prueba.*

Fuente: Autor.

Después, la plataforma abre un espacio para lo que sería añadir las preguntas como se aprecia en las figuras que siguen.

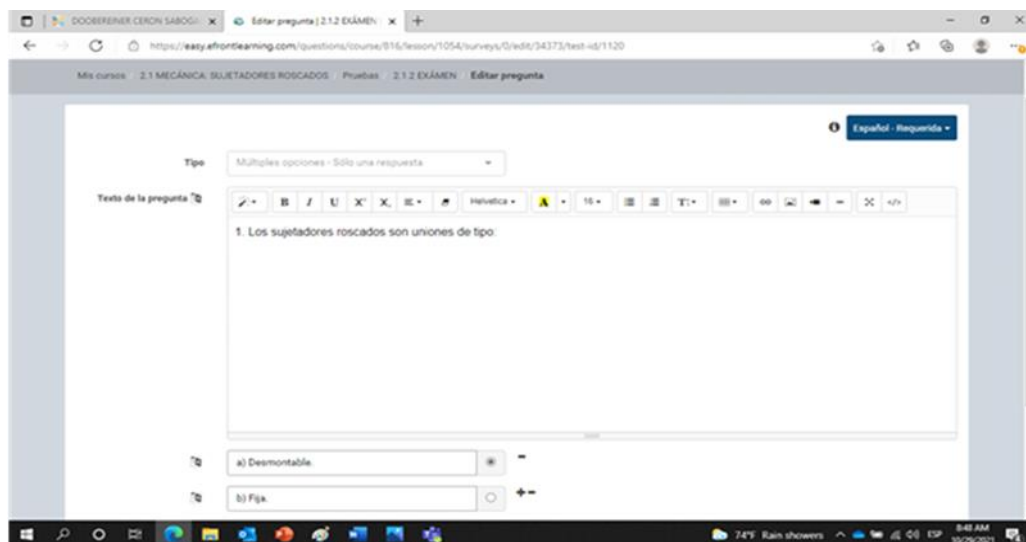
Figura 120. *Seleccionando tipo de pregunta.*



Fuente: Autor.

habiendo definido el tipo de pregunta, se procede a redactarla.

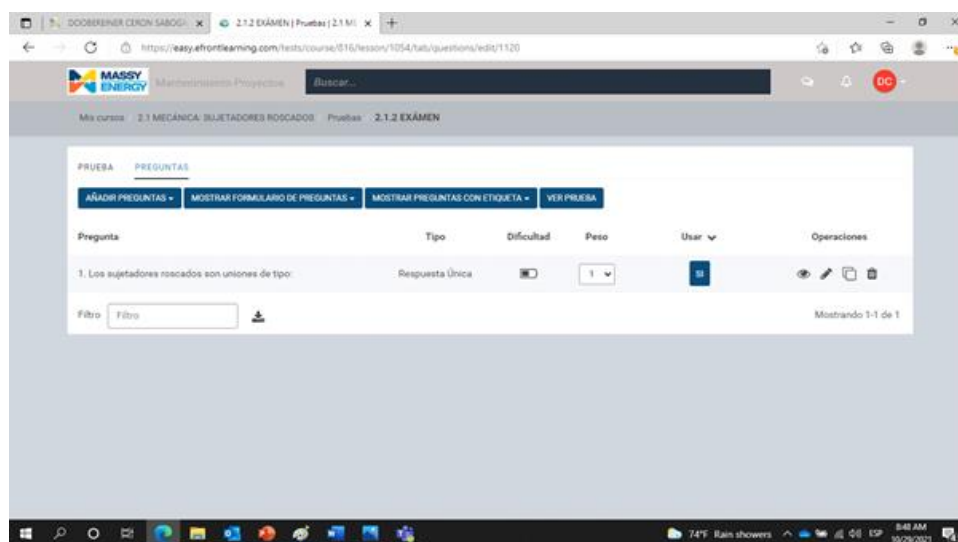
Figura 121. *Redactando pregunta.*



Fuente: Autor.

Entonces, a lo que se agrega una nueva pregunta, esta pasará a un listado y allí puede ser reorganizado su orden inicialmente se verá de la siguiente manera.

Figura 122. Visualización de preguntas.



Fuente: Autor.

Por ahora, en cuanto a la plataforma, se dejará hasta aquí su presentación y se describirá el proceso enfocado en la creación del contenido.

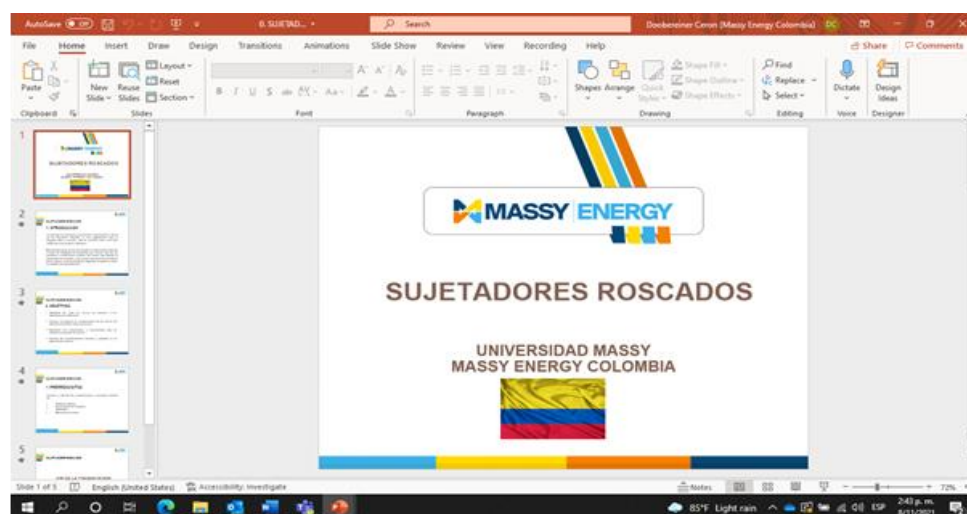
3.2 Desarrollo del contenido y segundo objetivo

El formato que se decidió para ser impartidos los módulos, fue en video, el cual sería resultado de la grabación de presentaciones realizadas en power point y la integración de las respectivas animaciones (Se aclara que inicialmente en las actividades se había propuesto crearlas. Sin embargo, dado que en las temáticas se abarcó máquinas con características definidas y conocidas únicamente por los fabricantes, se decidió tomar las ya creadas por los mismos y solo en un par de conceptos se emplearon animaciones que se realizaron por el autor en un software libre.). Es decir, el estilo de la elaboración fue tradicional de cierta manera, y se determinó así en conjunto con el coordinador de la

práctica de la empresa, que a su vez hacía parte de este proyecto y desarrollaba módulos en otra área para ser cargados a la misma plataforma. Por lo cual, el interés fue que los cursos contaran con ciertas plantillas que identificaran propiedad de la empresa y así mismo se definió un orden que tendrían todos los cursos con ciertos elementos, como son su respectiva introducción, definición de alcance, prerequisites, entre otros.

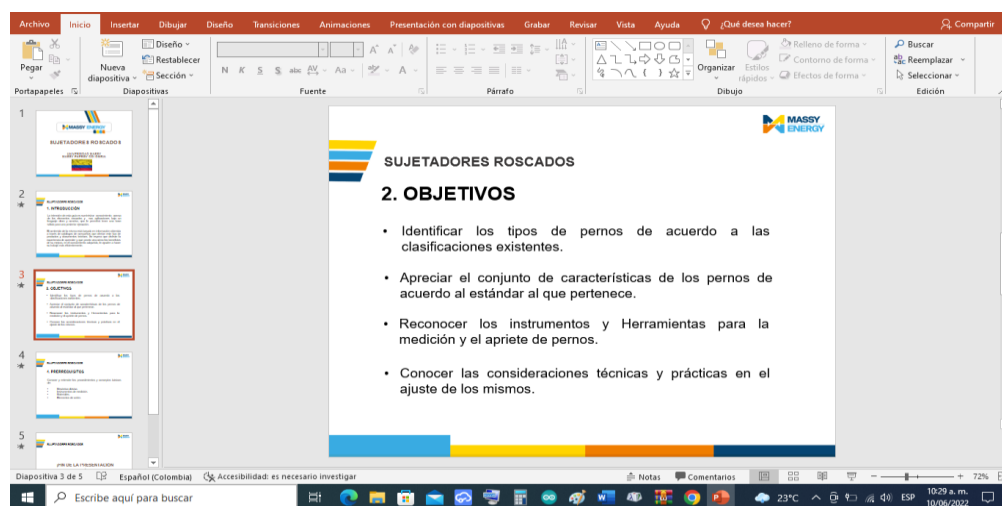
A continuación, se mostrará algunas capturas del estilo de las características de las presentaciones. Primero la presentación del curso:

Figura 123. Inicio de presentación del módulo.



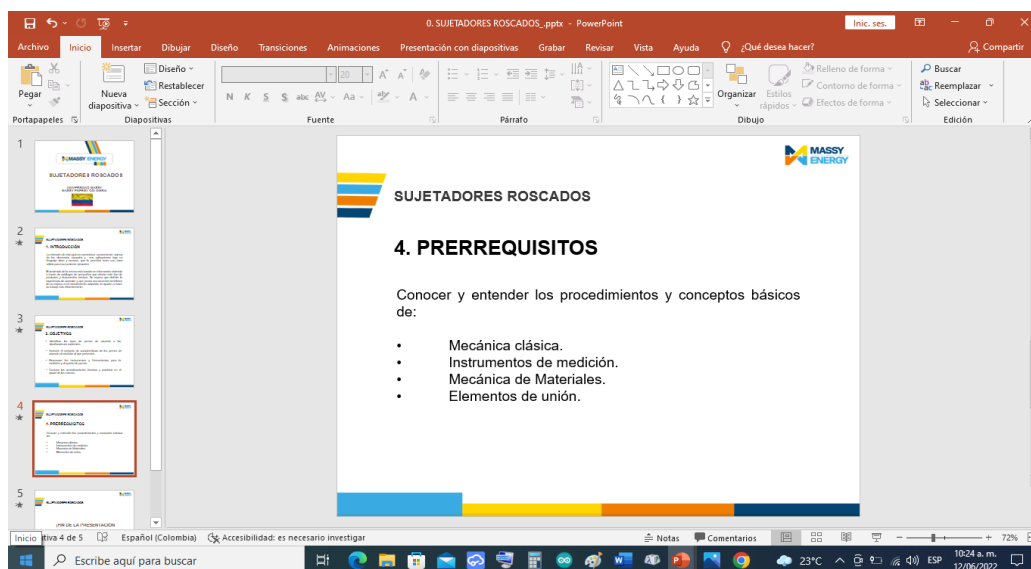
Fuente: Autor.

Figura 124. Captura 1 Parte intermedia de presentación del módulo SUJETADORES ROSCADOS.



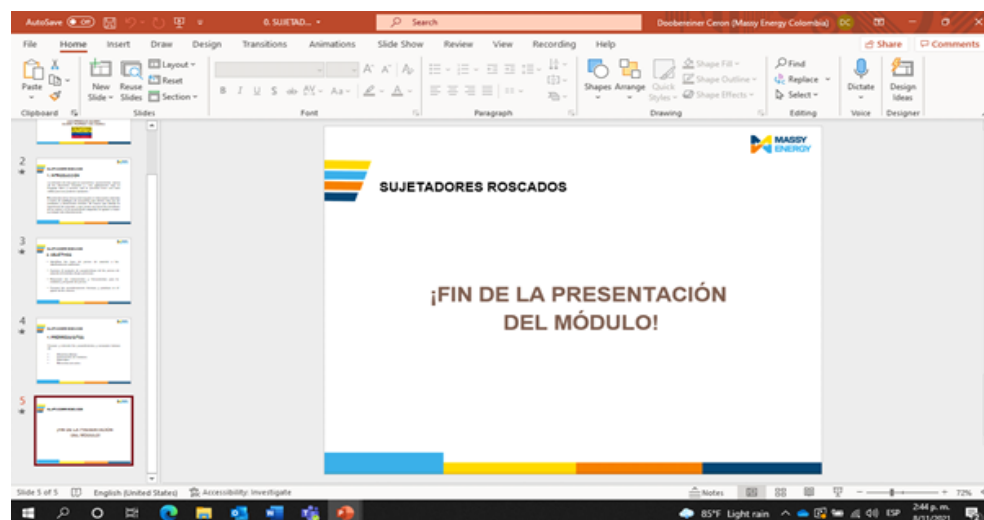
Fuente: Autor.

Figura 125. Captura 2 parte intermedia de presentación del módulo SUJETADORES ROSCADOS.



Fuente: Autor.

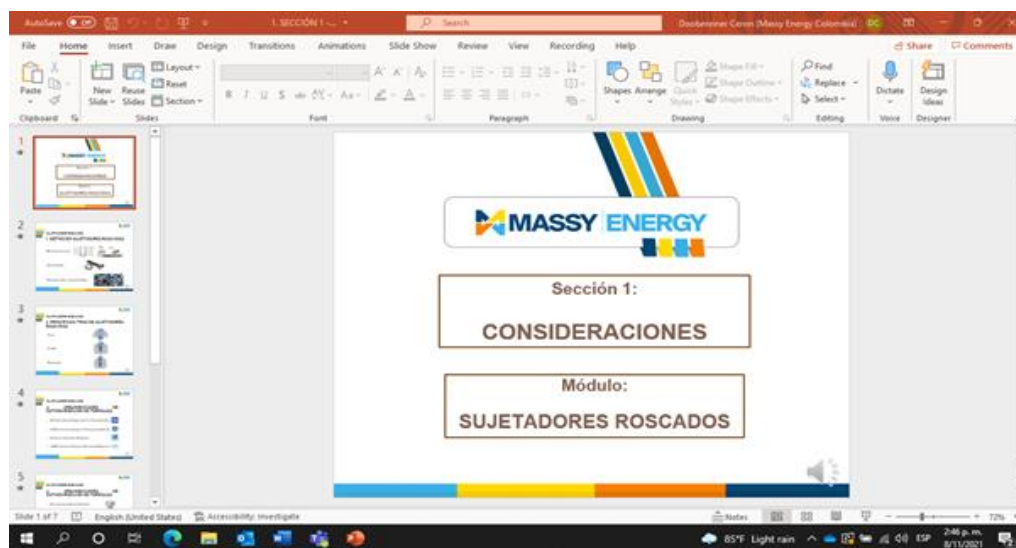
Figura 126. *Fin de la presentación del módulo.*



Fuente: Autor.

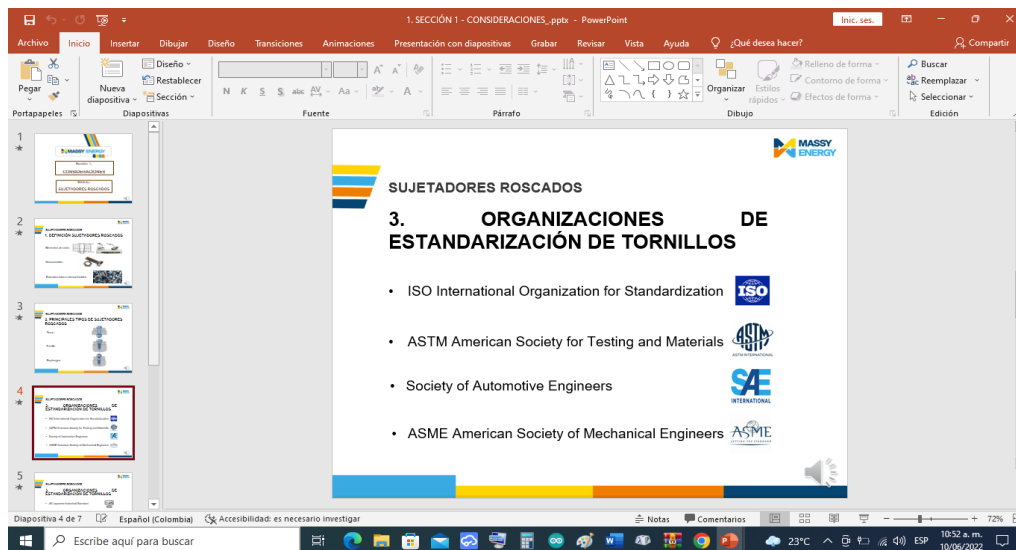
Ahora para una sección cualquiera.

Figura 127. *Captura Inicio de sección 1 del módulo SUJETADORES ROSCADOS.*



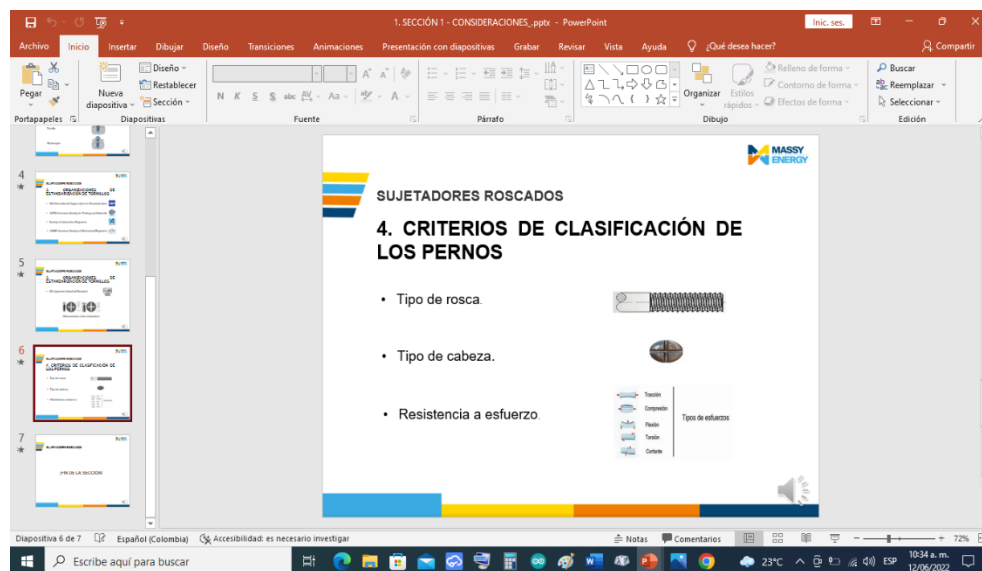
Fuente: Autor.

Figura 128. Captura 1 Parte intermedia de sección 1 del módulo.



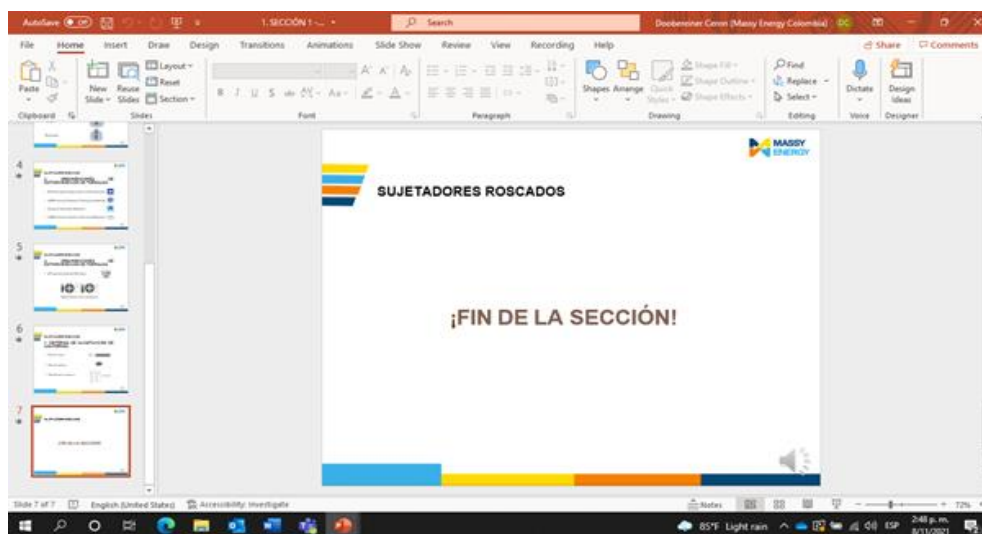
Fuente: Autor.

Figura 129. Captura 2 parte intermedia de sección 1 del módulo SUJETADORES ROSCADOS.



Fuente: Autor.

Figura 130. Captura de fin de la sección 1 del módulo SUJETADORES ROSCADOS.

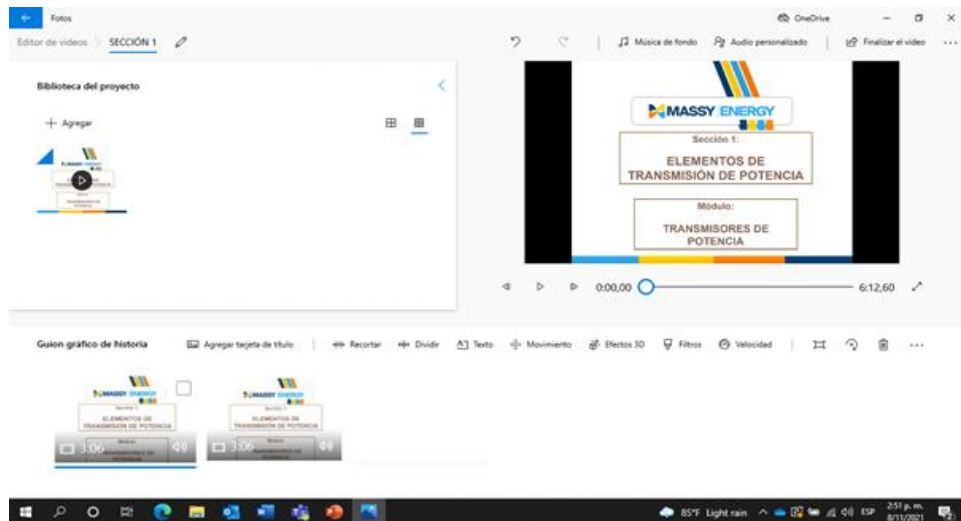


Fuente: Autor.

La información que se incluía en cada sección, fue establecida de acuerdo con lineamientos de la empresa y fue obtenida de distintas fuentes, como son: manuales, bases de datos, personal con experiencia en la empresa, entre otros. Para iniciar a consultar la información requerida, inicialmente se contó con unas antiguas guías de la empresa, la cuales estaban en formato de Word. En la profundización de los temas, se debía tener en cuenta que las explicaciones deberían ser adecuadas tanto para personal de nivel técnico como profesional y entre uno de los factores que se podría resaltar fue la importancia de la mención de los estándares de la respectiva área, teniendo en cuenta que es uno de los pilares fundamentales en la ejecución de actividades de manera legal y confiable de parte de la empresa. Los videos se obtenían del mismo programa de las presentaciones, lo cual resulta similar a los programas que a menudo se emplean para grabar la pantalla del computador. En cuanto a la edición de dichos videos, esta se llevó a cabo en un programa también incluido en el sistema operativo. A continuación, se muestra algunas capturas del programa en ciertos momentos de la edición.

En la siguiente imagen, se muestra el momento en que se estaba añadiendo el recorte de una grabación con otra.

Figura 131. *Añadiendo dos grabaciones recortadas.*



Fuente: Autor.

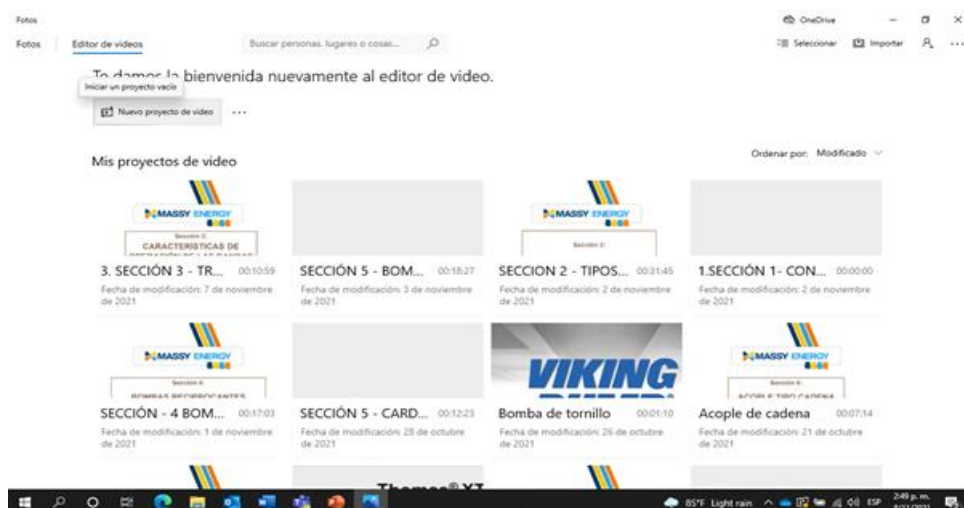
Figura 132. *Añadiendo sonido de fondo en la grabación.*



Fuente: Autor.

En la siguiente imagen se puede apreciar algunos de los videos que fueron editados en el programa visto.

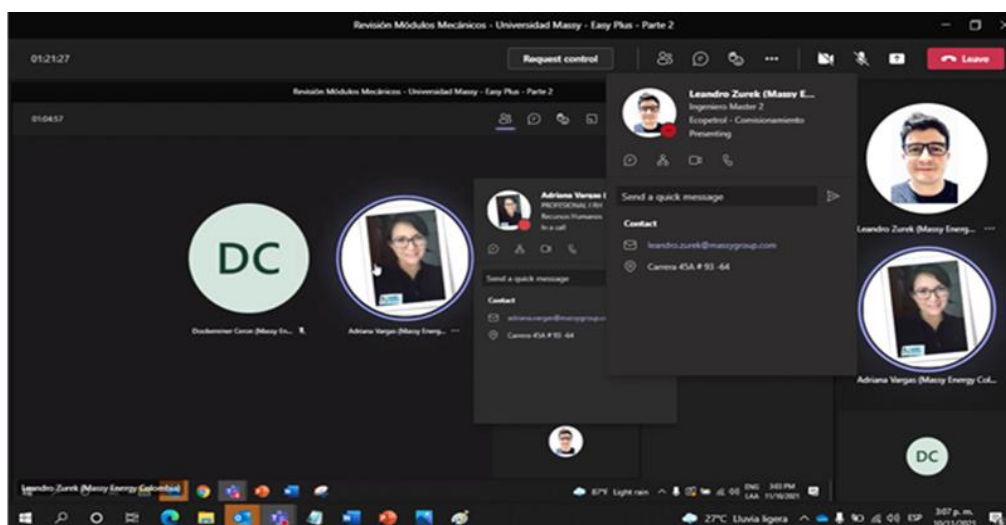
Figura 133. *Videos editados.*



Fuente: Autor.

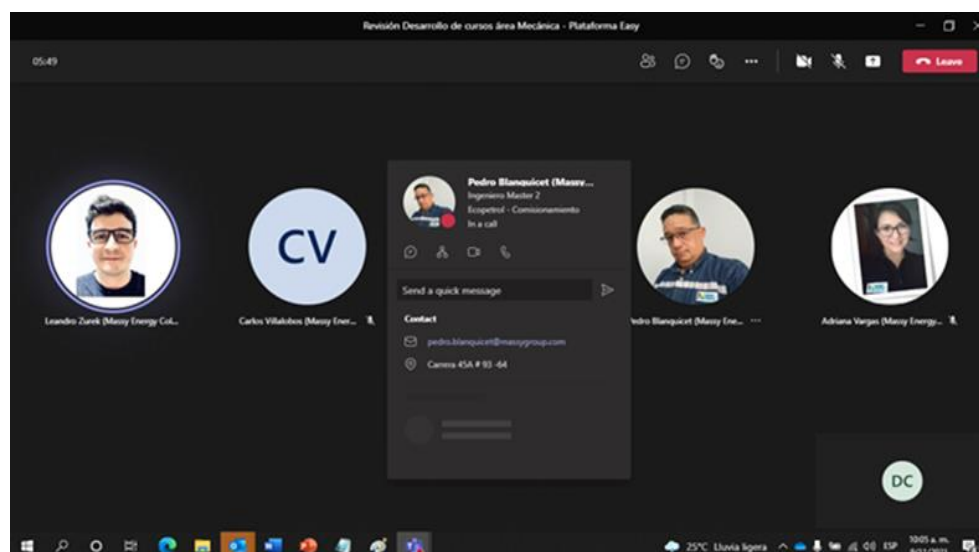
Cabe destacar que, en la realización de los cursos, se estuvo realizando reuniones constantemente con el tutor de la práctica por parte de la empresa, para revisar posibles errores en cuanto al manejo adecuado de términos, calidad del sonido, duración de las grabaciones y entre otros detalles que debían cumplir los mismos, en respuesta a solicitudes de los encargados del proyecto. También se realizaron reuniones con personas de la empresa enfocadas en los campos que abarcaban los módulos, para que estos dieran sus opiniones, recomendaciones y observaciones que en su momento fueron motivo para realizar correcciones y agregar ciertos elementos que hubieran faltado. Más adelante, se verá algunos pantallazos de ciertas reuniones que fueron realizadas en línea por medio de la plataforma MICROSOFT TEAM. A continuación, se muestra dos pantallazos en los que se aprecia la realización de dos de las reuniones que se llevaron a cabo.

Figura 134. Reunión de revisión con coordinador de práctica de parte de la empresa Ingeniero Master II Leandro Zurek y Adriana de departamento de talento humano.



Fuente: autor.

Figura 135. Reunión de revisión con coordinador de la práctica de parte de la empresa y otros expertos de la misma.



Fuente: Autor.

Ya con lo que se ha visto hasta el momento en cuanto a la manera como se consultó la información, se establecieron los parámetros de los módulos y el proceso de la realización del contenido, se da por cumplido el segundo objetivo, con lo que solo queda pendiente el tercero, que correspondía a la inserción de lo creado en la plataforma. Como se ha visto ya, realmente no fue muy complejo, sino que bastó de cierto tiempo para conocer sus características más necesarias con lo que se pudo culminar con el trabajo. A continuación, se verá pantallazos del contenido a modo general que se cargó por cada módulo realizado.

Para el módulo uno, se tiene los siguientes:

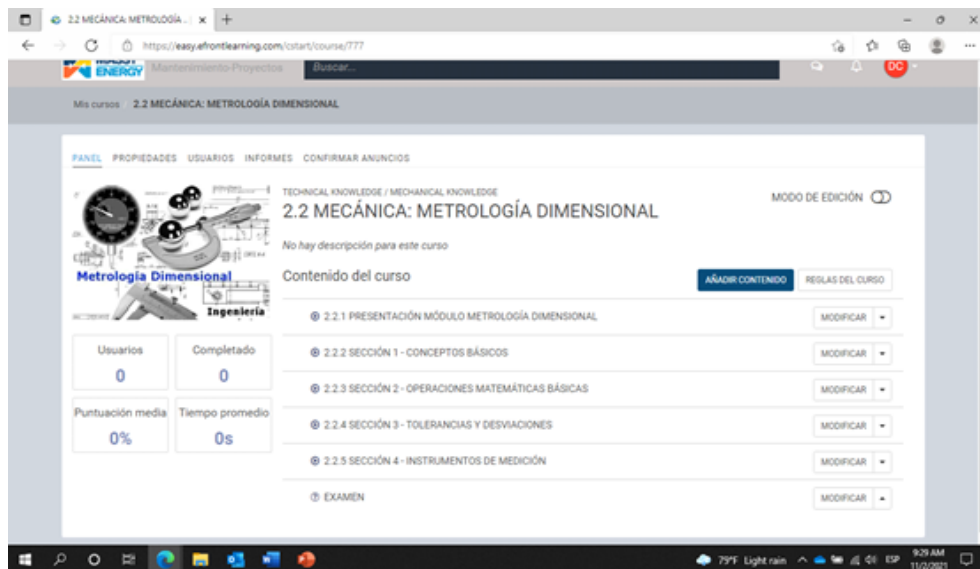
Figura 136. *Vista general contenido módulo SUJETADORES ROSCADOS.*



Fuente: Autor.

Para el módulo dos, los siguientes:

Figura 137. Temas del módulo METROLOGÍA DIMENSIONAL.



Fuente: Autor.

Para el tercer módulo, los siguientes:

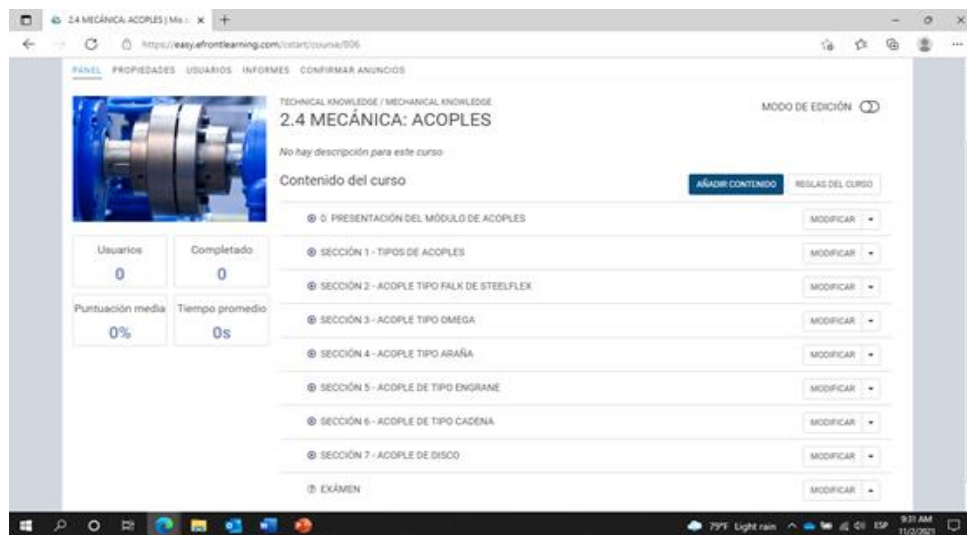
Figura 138. Temas del módulo ENGRANAJES.



Fuente: Autor.

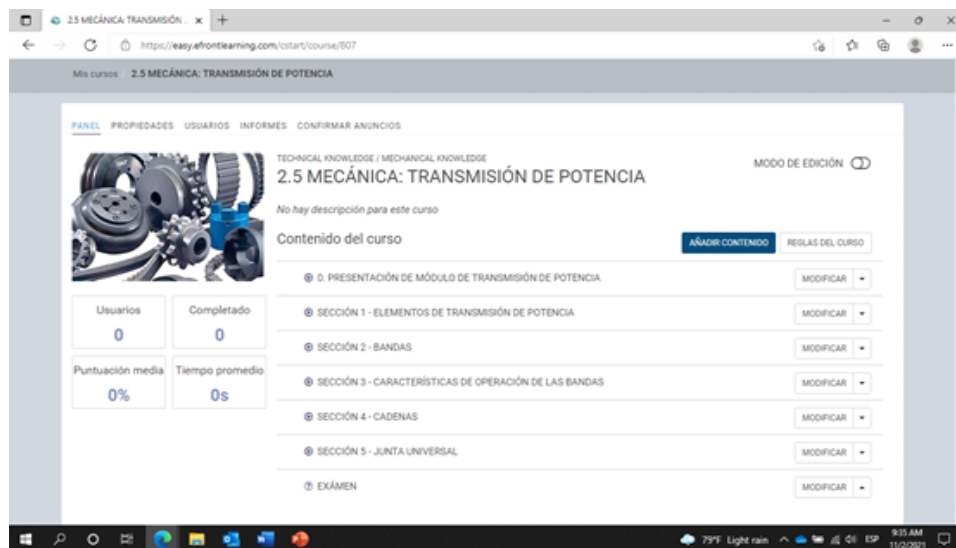
Para el cuarto módulo los siguientes:

Figura 139. *Temas del módulo ACOPLES.*



Fuente: Autor.

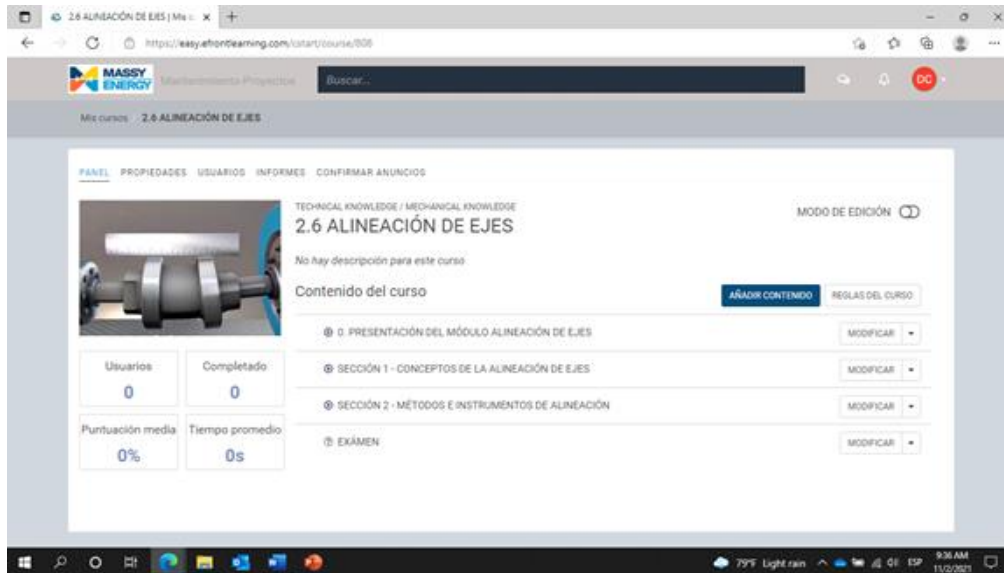
Figura 140. *Temas de módulo de TRANSMISIÓN DE POTENCIA.*



Fuente: Autor.

Luego, los del sexto tema.

Figura 141. *Temas de Módulo ALINEACIÓN DE EJES.*



Fuente: Autor.

Por último, los temas correspondientes al séptimo módulo.

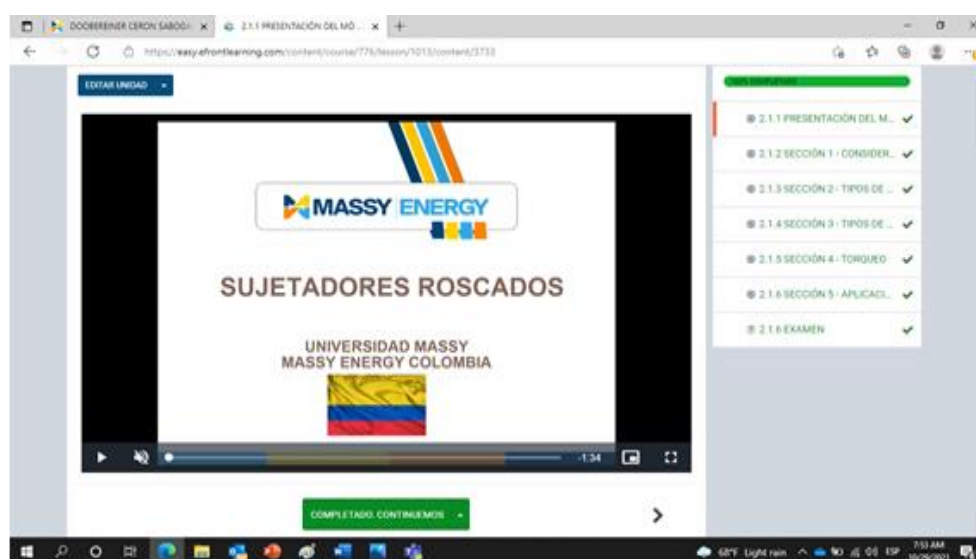
Figura 142. *Temas de módulo de BOMBAS HIDRÁULICAS.*



Fuente: Autor.

Ahora se verá unas imágenes que nos presentan cómo sería la perspectiva desde el que estudiaría los módulos. Entre las opciones que tiene la plataforma, está que es posible visualizar el porcentaje de avance que se tenga en el respectivo módulo en que se encuentre. A continuación, se muestra en la figura lo que se obtendría al pulsar sobre uno de los ítems que tenga el curso.

Figura 143. *Perspectiva de contenido como instructor.*



Fuente: Autor.

Se había mencionado que los cursos incluyen una prueba, por lo tanto, un ejemplo de cómo se visualiza una pregunta es cómo se ve en la siguiente figura.

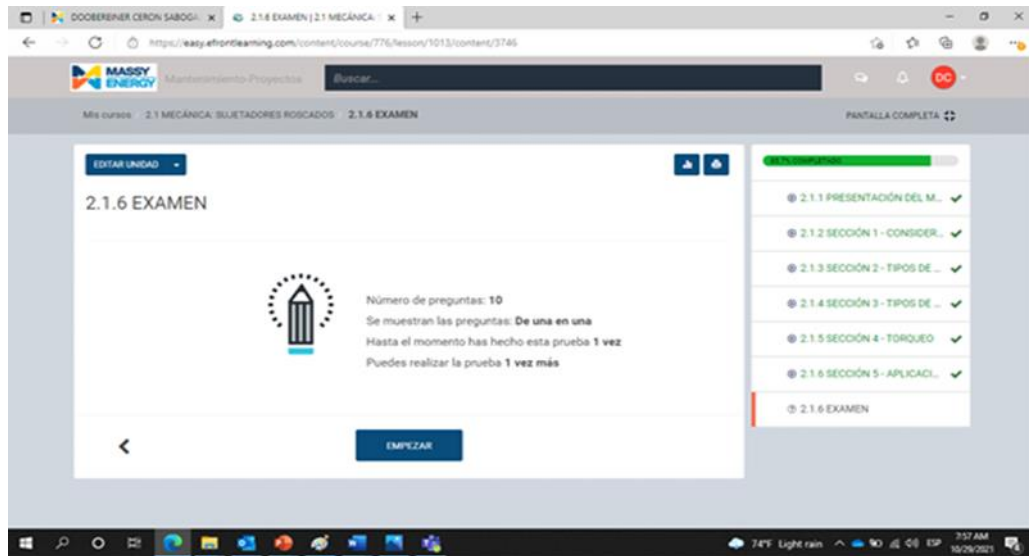
Figura 144. *Pregunta de selección múltiple.*



Fuente: Autor.

Como se ha mencionado, después de estudiar los temas impartidos, se presenta una prueba que definirá si el entrenado está apto para realizar las actividades que la empresa haya destinado para él, una vez valide su conocimiento o simplemente pasará a otra fase o curso de entrenamiento. El porcentaje de aprobación, se escogió previamente, de acuerdo con el número de preguntas y su complejidad de la prueba.

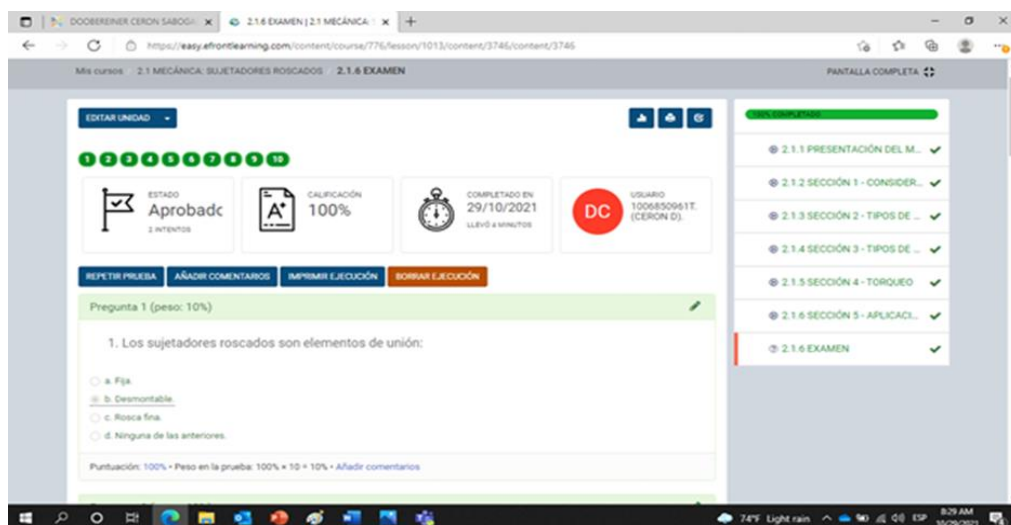
Figura 145. Descripción de la prueba.



Fuente: Autor.

Una vez realizado el examen el estudiante obtendrá en pantalla cierta información en cuánto a sus resultados u otras descripciones que dependerán de lo que el instructor defina. A continuación, un ejemplo de lo que podría obtenerse.

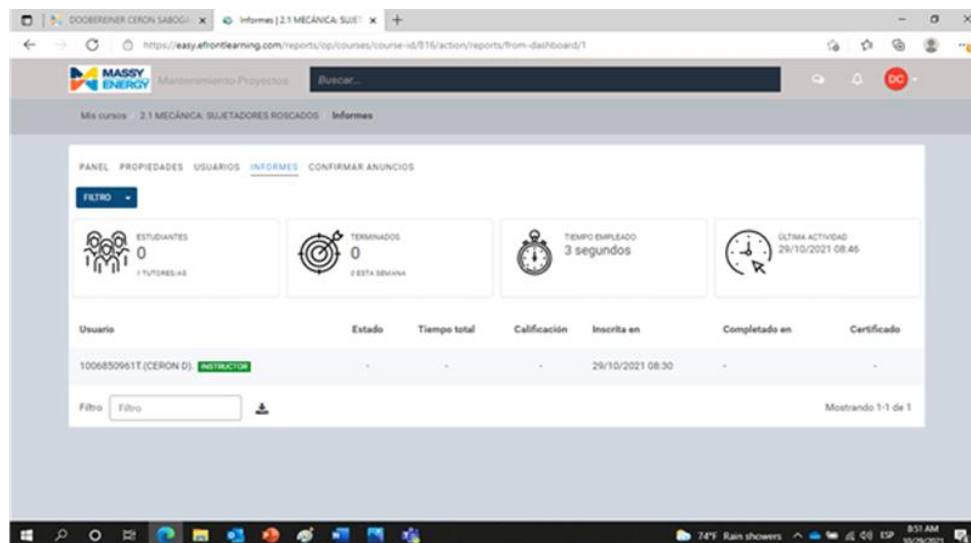
Figura 146. Resultados de la prueba.



Fuente: Autor.

En el caso de instructor, tiene la opción de contar con la información correspondiente a los cursos que haya montado, como es el número de personas que han sido inscritas, los que hayan aprobado la prueba, entre otros. En la siguiente figura se muestran algunas de las características que se mencionan.

Figura 147. Información de los estudiantes para el Instructor.



Fuente: Autor.

En cuanto a la inscripción, es la empresa quien agrega los cursos a quien se haya definido que lo requiera, al estar todos los empleados, en la base de datos el procedimiento resulta muy sencillo.

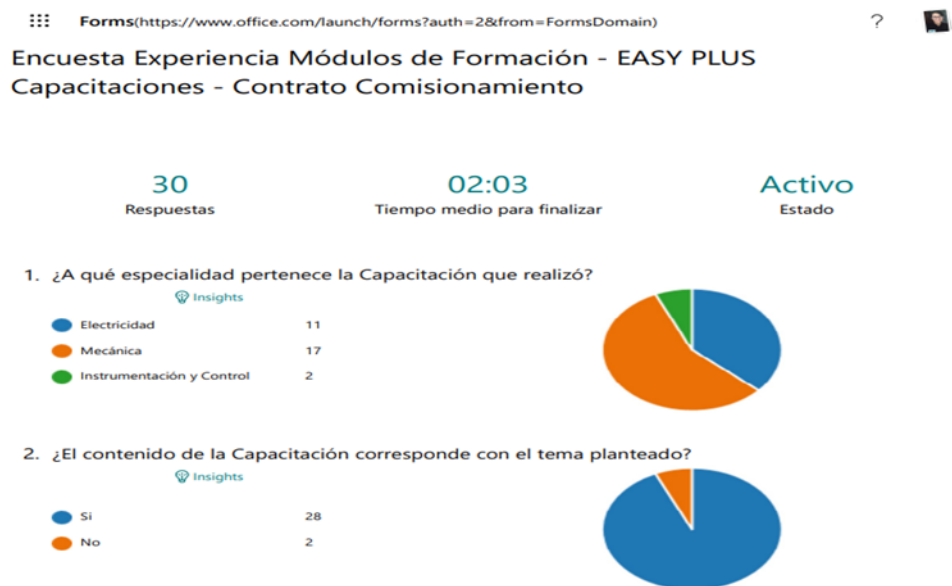
Figura 148. *Panel de usuarios.*

Usuario	Fecha de registro	Fecha de finalización	Estado	Calificación	Progreso	Inscripción	Operaciones	Seleccionar
100650961T (CERON D)	29/10/2021 08:30	-	Registrado	-	-	REGISTRADO		
1015412676 (VILLA REDONDO A)						INSCRIBIRSE AHORA		☐
1057410492 (BAUTISTA LEGUZAMON R)						INSCRIBIRSE AHORA		☐
1057411886 (CUESTA MENDOZA W)						INSCRIBIRSE AHORA		☐
1115914942 (USCATEGUI BONILLA D)						INSCRIBIRSE AHORA		☐
336778 (VILLARREAL R)						INSCRIBIRSE AHORA		☐
1116613902 (MACHADO CALIXTO A)						INSCRIBIRSE AHORA		☐
1112401122 (UGUILLAS RESTREPO R)						INSCRIBIRSE AHORA		☐

Fuente: Autor.

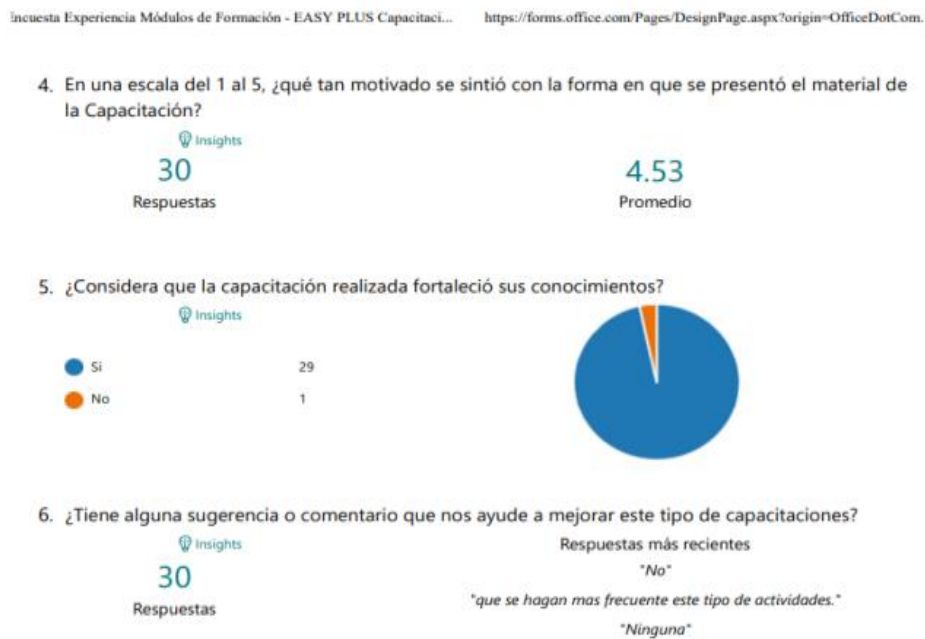
Después de cargados los módulos, la empresa destinó a un grupo de los empleados para determinar ciertas características del impacto de estos. Como por ejemplo el porcentaje de aprobación de las pruebas, sus puntos de vista acerca de la dinámica implementada, entre otros. De tal manera que se pueda contar con la información necesaria para realizar mejoras y emplear la misma metodología en los demás cursos que se desarrollarán en la empresa. En las siguientes dos figuras se aprecia algunos de los datos recolectados.

Figura 149. Parte 1 tomada de encuesta sobre módulos a grupo muestra de la empresa.



Fuente: Autor.

Figura 150. Parte 2 tomada de encuesta sobre módulos a grupo muestra de la empresa.



Fuente: Autor.

CONCLUSIONES

- Uno de los factores que más inconvenientes generó en la realización del proyecto fue el ruido y los problemas de fluidez a la hora de realizar las grabaciones de las presentaciones. Puesto que, por ello, los recortes y regrabaciones aumentaron de gran manera el tiempo para obtener videos de buena calidad. Por lo mencionado, una de las recomendaciones que se realizó para mejorar en este aspecto, fue emplear un sistema generador de audio, partiendo de texto el cual para obtener una grabación requeriría simplemente de sincronizar los gestos de la pantalla con lo que se encuentre mencionando en el audio.
- Teniendo en cuenta los comentarios de los mismos especialistas y analizando a los aprendices o personas que fueron la población muestra para introducir los módulos, se observó que, para llevar a cabo tareas en una empresa, el conocimiento de los estándares es fundamental y puede que sea una de las mayores deficiencias que un egresado de la universidad puede tener en su formación. Por lo anterior, la realización de proyectos como el presente, que busca suplir dicho tipo de requerimientos, resulta muy importante.
- Por la forma como se facilitaron las explicaciones de las temáticas y las buenas opiniones que se tuvo de parte de los entrenados, a causa de las animaciones que se incluyeron, aunque en su mayoría tomadas desde otras fuentes, pero sabiendo que son realizadas mediante softwares de diseño, modelado y simulación, los cuales son producto de las nuevas tecnologías. Se puede tomar como ejemplo, para resaltar fácilmente, la importancia de integrar o analizar el rol de las herramientas emergentes para la transmisión del conocimiento en las diferentes áreas con la finalidad de que sea más sencillo, dinámico y entretenido.

BIBLIOGRAFÍA

Pérez de Maza, T. (2002). Educación Permanente Y Educación Continua: Más Que Una diferenciación terminológica. Recursos Virtuales de Capacitación, 1, 71–79.

Altamirano, E. (2007). (3) (PDF) CERV: UN CAMPUS VIRTUAL PARA LA EDUCACIÓN A DISTANCIA. Recuperado julio 21, 2021, desde https://www.researchgate.net/publication/266405006_CERV_UN_CAMPUS_VIRTUAL_PARA_LA_EDUCACION_A_DISTANCIA

Velazco Lozada, A, R. (2011). “La Educación Continua”. Tendencias Revista de la Universidad Blas Pascal. (10), 03-05.

Garrigos, F & Narangajavana, Y. (2014). INNOVACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA DE FORMACIÓN CONTINUA: Caso de la Cátedra Unesco Creat-Inn-Pact, y la Conferencia Internacional Innodoct. RECLA 2015, 2, 11-27.

Rubio Guerrero, E.; Gómez Zermelo, M. (2016). “Propuesta de diseño de un modelo educativo integral para capacitaciones corporativas”. Revista Academia y Virtualidad, 9, (1), 52-67

Viñas, M. (2017). La importancia del uso de plataformas educativas. Letras.

formaZion. (2018). Las 10 mejores estrategias para una formación de empleados efectiva. Julio 14, 2021, de Formazion Web, S.L. Sitio web: https://www.formazion.com/noticias_formacion/las-10-mejores-estrategias-para-una-formacion-de-empleados-efectiva-org-5244.html

Godínez, E & Bojórquez, M. (2018). EDUCACIÓN CONTINUA EN EL MUNDO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN. Congreso Virtual Internacional Transformación e Innovación en las Organizaciones, VI, 39-45.

Vicente, Y. (2020). Aprendiendo con Tecnología Learning with Technology. 2(4), 5–6.

Vargas-Murillo, G. (2020). Estrategias educativas y tecnología digital en el proceso enseñanza aprendizaje. Cuadernos Hospital de Clínicas, 61(1)(7), 69–76.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1652-67762020000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Arzuaga Ramos, Y.Y. (2009). Análisis de los modelos pedagógicos en entornos de educación virtual. [Tesis de pregrado, universidad de Pamplona]. Repositorio institucional- universidad de Pamplona.

Villegas López, G. A. (2010). Modelo de virtualización de la formación continua en la Universidad EAFIT - Colombia.

<https://reposita.cuaieed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/1825>

Ossa, C. (2017). La Educación Continua un Modelo de Desarrollo - Revista Empresarial & Laboral. Recuperado Julio 14, 2021, de

<https://revistaempresarial.com/educacion/diplomados-y-especializaciones/educacion-continua-modelo-desarrollo/>

Manrique Rodríguez, A.M. (2018). Modelo de educación corporativa en las tic's [Tesis de carrera de administración de empresas]. Repositorio Institucional – Pontificia Universidad Javeriana.

Londoño-Aldana, E., Navas-Ríos, M., & Rome-ro-González, Z. (2020). La oferta de formación continua para el adulto mayor en Colombia, caso región Caribe. Revista Científica Anfibios, 3(1), 78-84. <https://doi.org/10.37979/afb.2020v3n1.65>

Importancia de la formación continua en las empresas - Minuto de Dios Industrial. (2020).

Obtenido: Julio 14, 2021, desde: <https://mdc.org.co/importancia-de-la-formacion-continua-en-las-empresas/>

CORPORACIÓN INDUSTRIAL MINUTO DE DIOS. (23 ABRIL 2020). Importancia de la formación continua en las empresas. Julio 14, 2021, de Minuto De Dios Industrial Sitio web: <https://mdc.org.co/importancia-de-la-formacion-continua-en-las-empresas/>

Browning, R., Huq, Muhammad Shamsul, Lawson, . Robert Frederic , Chambliss, . J.J. , Riché, . Pierre , Graham, . Hugh F. , Thomas, . R. Murray , Naka, . Arata , Moumouni, . Abdou , Arnove, . Robert F. , Mukerji, . S.N. , Swink, . Roland Lee , Chen, . Theodore Hsi-en , Marrou, . Henri-Irénée , Szyliowicz, . Joseph S. , Lauwerys, . Joseph Albert , Bowen, . James , Anweiler, . Oskar , Scanlon, . David G. , Vázquez, . Josefina Zoraida , Ipfling, . Heinz-Jürgen , Shimahara, . Nobuo , Gelpi, . Ettore , Meyer, . Adolphe Erich and Nakosteen, . Mehdi K. (2021, Mayo 1). Education. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/education>

Cano, J. J. (2018). EDUCACIÓN CORPORATIVA: LA EMPRESA COMO UN NUEVO ESCENARIO EDUCATIVO. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/327601824_EDUCACION_CORPORATIVA_LA_EMPRESA_COMO_UN_NUEVO_ESCENARIO_EDUCATIVO/stats

Berg, G. A. and Simonson, Michael (2016, Noviembre 7). Distance learning. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/distance-learning>

Campos, Y. (2000). Estrategias de enseñanza aprendizaje. Estrategias didácticas apoyadas en Tecnología. Obtenido de la Universidad Autónoma Metropolitana: <http://virtuami.izt.uam.mx/e-Portafolio/DocumentosApoyo/estrategiasenzaprendizaje.pdf>.

Sánchez Ilabaca, J. (2017). INTEGRACIÓN CURRICULAR DE TICS CONCEPTO Y MODELOS. Revista Enfoques Educativos, 5(1). doi:10.5354/0717-3229.2003.47512

Becerro, S. D. (2009). Plataformas educativas, un entorno para profesores y alumnos. Temas para la Educación, 2, 4-5.

AUTODESK. (2021). FUSION 360. Obtenido: septiembre 5, 2021 desde: <https://www.autodesk.com.au/products/fusion-360/overview>, traducido de AUTODESK

IMH. (2019). Uniones fijas. Obtenido: septiembre 30, 2021 desde: <https://www.imh.eus/es/imh/comunicacion/docu-libre/procesos-fabricacion/elementos-de-union/introduccion/uniones-fijas>

Tecnoalex (s.f). UNIONES DESMONTABLES. Obtenido: octubre 1, 2021 desde: <https://tecnoalex.weebly.com/uniones-desmontables.html>

Mecapedia. (2016). Unión roscada. Obtenido: agosto 21, 2021, desde http://www.mecapedia.uji.es/union_roscada.htm

PERNOS ITALICA. (2020). Los tipos principales de sujetadores roscados. Obtenido: septiembre 1, 2021 desde: <https://italica.pe/sujetadores-roscados-principales/>

Díaz, F. (2018). Lecturas de ingeniería 28 de Roscas y Tornillos. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m2/De_roscas_tornillos.pdf

roscasferranjoan. (s.f.). 5.1.1. ROSCA MÉTRICA ISO. Recuperado diciembre 4, 2021, desde <https://bit.ly/3rHemd4>

De Máquinas y Herramientas. (2016). ¿Cuáles son los distintos tipos de roscas y cómo se clasifican? Una guía para distinguirlas y conocerlas. Recuperado diciembre 6, 2021, desde: <https://rb.gy/byqb1f>

Full Mecánica. (2014). Rosca Nacional Americana / Rosca Seller. Recuperado diciembre 6, 2021, desde: <https://rb.gy/opmmnz>

Rocha, D. (2018,17 de noviembre). *Roscas (parte 2). Tipos comunes de roscas [video]*. YouTube. <https://bit.ly/303eBnI>

RAMIREZ, W. (2013). *TORNILLOS Y PERNOS*. <https://idoc.pub/documents/tipos-de-tornillos-y-tuercas-pdfpdf-reljyo9qq7l1>

ISO 898-1. (2013). *Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel* (5th ed.). https://itc.co.ir/wp-content/uploads/2015/01/ISO_898-1_2009E.pdf

REDICA. (2021). *Tabla de Torques*. Recuperado diciembre 26, 2021, desde <https://bit.ly/3HjQYH1>

PARRI. (2019). *Secuencia de apriete de pernos y principio de válvula*. <http://www.parrict.com/info/bolt-tightening-sequence-principle-of-valve-33543797.html>

Britannica, T. Editores de enciclopedia (2015, 9 de septiembre). metrología. Enciclopedia Británica. <https://www.britannica.com/science/metrology>

Angustias, M (2011). *CURSO CERO DE FÍSICA, SISTEMAS DE UNIDADES* [Diapositivas de PowerPoint]. Departamento de física. Universidad Carlos III de Madrid. <http://ocw.uc3m.es/cursos-cero/principios-basicos-de-fisica/transparencias/sistemas-de-unidades>

De Máquinas y Herramientas. (2016). *Regla Graduada - Tipos y Usos*. Recuperado diciembre 3, 2021, desde <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/regla-graduada-tipos-y-usos>

Instrumentos de Medición (2022). *Calibrador: El Instrumento Más Utilizado en Talleres y Laboratorios*. Recuperado diciembre 3, 2021, desde <https://instrumentosdemedicion.org/longitud/calibrador/>

ComoFunciona (2022). GONIÓMETRO | Qué es, para qué sirve, como funciona y su lectura. Recuperado diciembre 3, 2021, desde <https://como-funciona.co/un-goniometro/>

KEYENCE. (2022). *Micrómetros | Tipos y características de los Sistemas de Medición | Fundamentos de Medición*. Recuperado December 4, 2021, desde: <https://bit.ly/3mBCNp9>

Jobs-Job (s.f.). *¿Qué Es Un Medidor Telescópico? | Descripción del trabajo - 2021*. Recuperado diciembre 4, 2021, desde: <https://bit.ly/3IE9lOy>

SUMICALI. (s.f.). *Calibrador telescópico Mitutoyo 155-905*. Recuperado diciembre 27, 2021, desde <https://bit.ly/3qzHPUI>

INGENIERÍA MECAFENIX. (2018). *Que es un reloj comparador y para que sirve*. Recuperado diciembre 3, 2021, Desde <https://www.ingmecafenix.com/medicion/comparador/>

ISO 286-1. (2010). *Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits*. www.iso.org

Mecapedia. (2020). *Engranaje*. Recuperado diciembre 4, 2021, desde: <http://www.mecapedia.uji.es/engranaje.htm>

SENA. (1980). *Engranajes Cilíndricos Rectos*. Recuperado diciembre 4, 2021, desde: [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5733/dibujo tecnico Engranajes cil%C3%adndricos rectos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5733/dibujo_tecnico_Engranajes_cil%C3%adndricos_rectos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Herazo, J.C. (2012). *SEMINARIO, Mantenimiento de Equipos Rotativos*. [Diapositivas de PowerPoint]. Programa Nacional de Formación Continua Especializada. SENA.

American Petroleum Institute, (2009). API 686. IHS

Norton, R. L. (2009). *Diseño de Maquinaria* (R. del bosque, P. Roig, M. Rocha, Edmundo Zúñiga, & J. Murrieta, Eds.; cuarta). MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
www.xlibros.com

Benítez, L. (1985). Las fallas en los engranajes. *Universidad Nacional de Colombia*.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/21568>

Dudley, D. (Ed.). (1973). *MANUAL DE ENGRANAJES, Diseño, Manufactura y Aplicación de Engranajes*. CONTINENTAL, S.A.

MecatrónicaLATAM. (2021). *Engranajes rectos*. Recuperado diciembre 3, 2021, desde:
<https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/mecanica/mecanismos/engranaje/engranajes-rectos/>

Gómez, D. (2013). *ACOPLES MECÁNICOS*. Recuperado:
<https://es.scribd.com/doc/174978404/Acoples-Mecanicos>

Tipos de acoplamientos de transmisión de potencia rígidos vs flexibles. (s.f.). Recuperado diciembre 19, 2021, desde <https://eganagroup.com/une/tipos-de-acoplamientos-de-transmision-de-potencia/>

REXNORD. (s.f.). *Grid Coupling Catalog*. Recuperado diciembre 21, 2021, desde www.rexnord.com

REXNORD (s.f.). *Gear Coupling Catalog*. Recuperado diciembre 21, 2021, desde www.rexnord.com

Intermec. (2019). Catálogo productos Intermec. Recuperado diciembre 21, 2021, desde https://www.dropbox.com/s/ob4unryy0bkuucv/Catalogo_productos_Intermec1.pdf?dl=0

REXNORD (s.f.). Elastomeric Coupling Catalog. Recuperado December 21, 2021, desde www.rexnord.com

INGENIERÍA Y MECÁNICA AUTOMOTRIZ. (2020, agosto 19). ¿Qué son las bandas/correas transmisoras de potencia y cómo se diseñan? <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-son-las-bandas-correas-transmisoras-de-potencia-y-como-se-disenan/>

IDC TECHNOLOGIES. (s.f.). *Practical Mechanical Drives (Belts, Chains and Gears) for Engineers & Technicians*. <http://idc-online.com/pocket-guides>

Montoya, M. (2021). *Investigación de Poleas y Bandas*. Recuperado de <https://bit.ly/3z3xALF>

FAIZTECH TRADING. (2017). FLAT Belts & V Belts. Recuperado de: <http://www.conveyorbeltchains.com/flat-belts-v-belts/>

García, A. (2022). *What is Flat Belt Drive? | Its Advantages and Disadvantages*. Recuperado marzo 29, 2022, desde <https://mechathon.com/flat-belt-drive/>

Mafdel. (2021). Correa redonda / Cordón termosoldable | Mafdel. Conveyor belt, positive drive conveyor belt, industrial belt | Mafdel. Recuperado de: <https://www.mafdel-belts.com/es/prod/correa-redonda/>

SENA. (1995). *Mantenimiento de correas en V*. Recuperado: agosto 31, 2021. Desde: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/763/1/mantenimiento_correas_v.pdf

U.S. Tsubaki Inc. (1997). *The complete guide to chain*. Tsubaki.

JORESA. (2019). *Cadenas de rodillos roller chains*. Recuperado: abril 1, 2022, desde: <https://n9.cl/9iwlv>

Ramsey Products Corporation. (s.f). *Silent Chain Overview*. Recuperado Abril 3, 2022, desde: <https://ramseychain.com/products/power-transmission-chains/rpv/>

RESATEC. (s.f). *Tensores*. Recuperado abril 6, 2022, desde: <https://www.roydisa.es/wp-content/uploads/2012/10/Catalogo-Resatec-AG.pdf>

Ramo, M. (2018). Cardán, cadena o correa, ¿qué es mejor. Recuperado: abril 9,2022, de: moto1pro Sitio web: <https://bit.ly/3v8962o>

PRUFTCHNIK LTD. (2002). *A Practical Guide to Shaft Alignment*. www.ludeca.com

SKF Reliability Systems. (2003). *Shaft Alignment: Calculations for Horizontal Shaft Alignment*. www.apitudexchange.com

SKF Maintenance Products. (2016, 19 enero). Alineador de ejes SKF TKSA 11. [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=kmQYiSie-RU>

Fluke Corporation. (2014, 16 de septiembre). Laser Precision Alignment with the Fluke 830. [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=PNMfJLaoUgo>

Piotrowski, J. (2007). *Shaft Alignment Handbook* (3ª ed.). [EPub], New york, Estados unidos: CRC press.

de las Heras, S. (2011). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. www.upc.edu/idp

Graco, Inc. (1996). *SUBJECT: PUMP TYPES & OPERATIONS*.

Ezekiel Enterprises, L. (1993). *Fundamentals Of Pumps Course# ME-910* (Vol. 1). <https://bit.ly/3MpOIRr>

Fuentes Paredes, M. (2010). *Bombas rotodinámicas*. <https://bit.ly/3vCeGKE>

Vieto, J. (2021, 3 febrero). *Bomba centrífuga vs bomba periférica*. HIDROTECO.
<https://bit.ly/3K5pK80>

FLOWERVE. (2006). *Hidráulica básica*.

Connor, N. (2019). *Qué es el impulsor - Tipos de impulsores - Definición*.
<https://bit.ly/38oWaxg>

FLOWERVE. (2006). *Introducción a los términos y las definiciones relativos a las bombas*.

SBVindustriales. (2021). *Leyes de afinidad en bombas centrífugas*. – SBV.
<https://bit.ly/3vR4n5t>

Satterfield, Z. (2013). *Reading Centrifugal Pump Curves* (Vol. 1).
www.nesc.wvu.edu/techbrief.cfm

AESSEAL. (2020). *API Plan 11*. <https://www.aesseal.com/en/resources/api-plans/api-plan-11>

Ruhrpumpen Group. (2017). *Ruhrpumpen SCE Process Centrifugal Pump (OH2 type)* - YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=WdhjoaM2AMo>