

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA LIJADORA ELÉCTRICA PARA EL
DESBASTE DE PIEZAS DE ALEACIONES DE ALUMINIO A
IMPLEMENTARSE EN EL TALLER DE ESTRUCTURAS DEL CENTRO DE
MANTENIMIENTO N° 15”**

POR:

CBOP. DE A.E. VERA DEMERA EDDY BLADIMIR

Proyecto de grado como requisito para la obtención del título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2007

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. CBOP. DE. A.E. VERA DEMERA EDDY BLADIMIR, como requerimiento parcial a la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICO.**

Sbos. Tec. AVC. Iván Coral

Director del proyecto de grado

Latacunga, 26 de octubre del 2007

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de grado a mi esposa Jessica, leal y valerosa compañera de toda la vida; a mis hijas, razón de ser de mi vida inmediata; a mis queridos padres Florencio y Bertina que comparten amorosamente mis alegrías y quienes me brindaron en todo momento en las buenas y las malas su apoyo incondicional, ya que sin ellos no habría contado con los recursos económicos y morales, para poder lograr todas mis metas trazadas.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron con un granito de arena para alcanzar este peldaño en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primera instancia a Dios ya que sin su bendición no sería posible mi existencia en este mundo, así como también un agradecimiento sincero a todo el personal que forma parte del “Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico”, a los maestros cuya dignidad no puede ser quebrantada y que han contribuido con sus valiosos conocimientos y consejos como profesionales y ante todo como una mejor persona.

A mis compañeros de promoción y amigos por compartir una etapa de mi vida la de estudiante, y a todos aquellos que hicieron posible la culminación de esta carrera profesional en este Instituto.

Al director de mi proyecto por brindarme su apoyo y sus conocimientos que fueron de gran ayuda en la culminación de este proyecto.

Al comando de la Brigada de Aviación del Ejército por contribuir a la formación tecnológica de su personal, dándonos la oportunidad de continuar con nuestros estudios superiores en este prestigioso Instituto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	Pág. 1
Planteamiento del problema.....	2
Objetivos.....	3
Justificación.....	4
Alcance.....	5

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Electricidad.....	6
1.1.1. Concepto de electricidad.....	6
1.2. Corriente eléctrica.....	7
1.2.1. Circuito eléctrico.....	8
1.2.2. Elementos del circuito eléctrico.....	9
1.2.3. Magnitudes eléctricas.....	14
1.2.4. Circuito de corriente continua.....	15
1.2.4.1. Tipos de circuitos.....	18
1.2.5. Circuito de corriente alterna.....	19
1.2.5.1 transmisiones de potencia eléctrica.....	20
1.2.5.2. Pérdidas de potencia por transmisión.....	21
1.2.5.3. Transmisión de potencia de c-a.....	22
1.2.5.4. Frecuencia.....	23
1.2.5.5. Longitud de onda.....	23

1.2.5.6. Fase.....	24
1.2.5.7. Valores de tensión y c-a.....	25
1.2.5.8. Valores efectivos.....	27
1.2.5.9. Valores de conversión.....	28
1.3. Introducción a los principios de máquinas.....	30
1.3.1. Máquinas eléctricas, transformadores y la vida diaria.....	30
1.3.2. Movimiento rotatorio, ley de newton y relaciones de potencia.....	31
1.4. Motores sincrónicos.....	37
1.4.1. Principios básicos de operación de motores.....	37
1.4.2. Arranque de motores sincrónicos.....	38
1.4.3. Arranque del motor reduciendo la frecuencia eléctrica.....	40
1.4.4. Arranque del motor mediante un motor primario externo.....	41
1.4.5. Arranque del motor utilizando devanados de amortiguación.....	41
1.5. Motores de inducción.....	42
1.5.1. Construcción del motor de inducción.....	42
1.5.2. Desarrollo del par inducido en un motor de inducción.....	43
1.5.3. Concepto de deslizamiento del rotor.....	45
1.5.4. Frecuencia eléctrica en el motor.....	46
1.6. Motor eléctrico.....	47
1.6.1. Potencia y par de un motor eléctrico.....	48
1.6.2. Motor de corriente alterna (c.a).....	49
1.6.3. Característica par velocidad de los motores.....	50
1.6.4. Motor monofásico de corriente alterna.....	50
1.6.5. Motor de arranque con capacitor.....	50

1.7. Arranque del motor a voltaje pleno.....	52
1.8. Estructuras metálicas.....	53
1.8.1. Tipos de uniones en una estructura.....	55
1.8.2. Estática.....	57
1.8.2.1. Leyes de newton.....	58
1.8.2.2. Concepto de fuerza.....	58
1.8.2.3. Descomposición de una fuerza en sus componentes.....	59
1.8.2.4. Sistemas de fuerzas concurrentes.....	60
1.8.2.5. Equilibrio de sistema de fuerzas concurrentes.....	61
1.8.2.6. Concepto de un cuerpo libre.....	62
1.8.2.7. Concepto de momento.....	63
1.8.2.8. Pares.....	64
1.8.2.9. Cargas distribuidas.....	65
1.9. Esfuerzos que soportan los elementos que componen las estructuras.....	65
1.9.1. Principales tipos de estructuras.....	68
1.9.1.1. Función de su origen.....	68
1.9.1.2. En función de su movilidad.....	69
1.9.2. Equilibrio.....	71
1.9.3. Perfiles.....	73
1.9.3.1. Formas más comunes de perfiles.....	73
1.9.4. Triangulación de estructuras.....	76
1.9.5. Ventajas del acero como material estructural.....	77
1.9.5.1. Ventajas.....	77
1.9.5.2. Desventajas.....	78
1.9.6. Relación de esfuerzo y deformación del acero.....	79

1.9.7. Aceros estructurales.....	81
1.9.8. Proyecto estructural.....	83
1.9.9. Tornillos de alta resistencia.....	86
1.10. Equipos de desbaste.....	91
1.10.1. Tipos de lijadoras.....	91
1.10.2. Lijadoras neumáticas de desbaste de metal.....	93
1.10.3. Limas y escofinas.....	94
1.10.4. Lijas de papel.....	95
1.11. Tipos de bisagras.....	100
1.11.1. Bisagras de libro.....	100
1.11.2. Bisagra de piano.....	101
1.12. Electrodo e 6011.	101
1.13. Aluminio.	102
1.13.1. Características del aluminio.....	102
1.14. Equipos de protección personal.....	103
1.14.1. Persuasión al técnico.....	104
1.14.2. Clasificación del material de protección personal.....	104
1.14.2.1. La ropa de trabajo.....	104
1.14.2.2. Protección del aparato auditivo.....	106
1.14.2.3. Protección de extremidades superiores.....	107
1.14.2.4. Protección del aparato respiratorio.....	108
1.14.2.5. Gafas.....	109
1.14.3. trabajos con máquinas herramientas.....	110

1.15. Técnicas de seguridad aplicadas a las máquinas.....	114
1.15.1. Medios de protección de máquinas según la norma en 292 (resguardos).....	117
1.15.1.1. Tipo de resguardo.....	117
1.15.2. Medios de protección de máquinas según la norma en 292 (dispositivos de protección).....	118
1.15.2.1. Tipos de dispositivos.....	118
1.15.3. Características constructivas de los medios de protección.....	120
1.15.4. puesta a tierra.....	120
1.15.5. Conexiones y cables.....	121
1.15.6. colores.....	121

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1. Identificación de alternativas.....	115
2.1.1. Primera alternativa.....	115
2.1.2. Segunda alternativa.....	116
2.2.- Análisis técnico.....	117
2.3. Análisis de factibilidad.....	117
2.3.1. Primera alternativa.....	118
2.3.2. Segunda alternativa.....	119
2.4. Estudio de parámetros.....	119
2.4.1. Factor técnico.....	120

2.4.2. Factor económico.....	121
2.4.3. Factor complementario.....	122
2.4.4. Evaluación de parámetros.....	123
2.5. Selección de la mejor alternativa.....	125

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

3.1. Orden de construcción de la lijadora eléctrica.....	126
3.1.1. Estructura de la lijadora eléctrica.....	127
3.2. Elementos que conforman la lijadora eléctrica.....	128
3.2.1. Mesa metálica mixta para soporte.....	128
3.2.2. base para el motor.....	129
3.2.3. Motor eléctrico.....	130
3.2.4. Disco de aluminio.....	131
3.2.5. Protector de limallas.....	131
3.2.6. Plano graduado hasta 45 grados.....	132
3.2.7. Recolector de desperdicios.....	133
3.3. Diagramas de procesos.....	134
3.3.1. Diagrama de procesos de la mesa metálica mixta.....	135
3.3.2. Diagrama de procesos de la base para el motor y el plano inclinado.....	136
3.3.3. Diagrama de procesos de construcción del disco giratorio.....	137

3.3.4. Diagrama de procesos de construcción del protector para limallas.....	138
3.3.5. Diagrama de procesos para el cajón.....	139
3.3.6. Diagrama de procesos para el recolector de limallas.....	140
3.3.7. Diagrama de procesos de instalación del motor eléctrico en la estructura.....	141
3.4. Diagramas de ensamble.....	142
3.4.1. Diagrama de ensamble de la mesa metálica mixta.....	142
3.4.2. Diagrama de ensamblaje del cajón.....	142
3.4.3. Diagrama de ensamblaje del motor eléctrico.....	142
3.4.4. Diagrama de ensamblaje del disco giratorio de desbaste.....	143
3.4.5. Diagrama de ensamblaje del protector de limallas.....	143
3.4.6. Diagrama de ensamblaje del plano inclinado.....	143
3.4.7. Diagrama de ensamblaje del recolector de desperdicios.....	144
3.4.8. Diagrama de ensamblaje final.....	144
3.5. Operatividad de la lijadora eléctrica aplicable para el desbaste de aleaciones de aluminio.....	145
3.6. Pruebas de funcionamiento.....	145
3.7. Elementos que conforman la estructura mecánica aplicable para el desbaste de aleaciones de aluminio.....	146

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS NORMALES

4.1. Concepto.....	147
4.2. Tipos de procedimientos.....	147

4.2.1. Procedimiento de mantenimiento.....	148
4.2.1.1. Objetivo de procedimiento de mantenimiento.....	148
4.2.1.2. Alcance de procedimiento de mantenimiento.....	148
4.2.1.3. Definición de procedimiento de mantenimiento.....	148
4.2.1.4. Hoja de procedimiento de mantenimiento.....	149
4.2.2. Procedimiento de operación.....	150
4.2.2.1. Objetivo procedimiento de operación.....	150
4.2.2. 2. Alcance procedimiento de operación.....	150
4.2.2.3. Definición de procedimiento de operación.....	150
4.2.2.4. Hoja de procedimiento de operación.....	151
4.2.3. Procedimiento de seguridad.....	152
4.2.3.1. Objetivo de procedimiento de seguridad.....	152
4.2.3.2. Alcance de procedimiento de seguridad.....	152
4.2.3.3. Definición de procedimiento de seguridad.....	152
4.2.3.4. Hoja de procedimiento de seguridad.....	153

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. Presupuesto.....	154
5.2. Estudio económico y financiero.....	154
5.2.1. Materiales.....	154
5.2.1.1. Materiales usados pararr la construcción de la lijadora eléctrica.....	155

5.2.2. Maquinas y herramientas.....	156
5.2.2.1. Costo de la maquinaria y herramienta empleado para la construcción.....	156
5.2.3. Mano de obra.....	156
5.2.3.1. Costo de la Mano de Obra.....	156
5.3. Costo total de la construcción de la lijadora eléctrica.....	157

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.....	158
6.2. Recomendaciones.....	159
BIBLIOGRAFÍA.....	160
ANEXOS.....	161

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Planos de la lijadora eléctrica.

Anexo B. Aceros especiales.

Anexo C. Medidas de lijas en micrones.

Anexo D. fotografías sobre la construcción de la lijadora eléctrica.

LISTADO DE GRÁFICOS

Fig. 1.1. Electrones.....	7
Fig.1. 2. Circuito.....	8
Fig. 1.3. Circuitos divisores de tensión, a), y de intensidad, b).....	16

Fig.1.4. Disposición de bombillas en un circuito en serie y un circuito en paralelo...	18
Fig.1.5. Diagramas de un circuito en serie y un circuito en paralelo.....	19
Fig.1.6. Diagrama de un circuito mixto.....	19
Fig.1.7. circuito de corriente alterna c-a.....	20
Fig. 1.8. Transmisión de potencia de c-a.....	21
Fig.1.9. Transmisión de potencia de c-a.....	22
Fig. 1.10. Frecuencia.....	23
Fig.1.11. Longitud de onda.....	24
Fig.1.11. Fase.....	25
Fig. 1.12. Valores de tensión y c-a.....	26
Fig. 1.13. Valores de tensión y c-a.....	27
Fig. 1.14. Valores efectivos.....	28
Fig. 1.15. Valores de conversión.....	29
Fig. 1.16. a) Una fuerza aplicada a un cilindro de modo que pase por un eje de rotación $\tau = 0$. b) Una fuerza aplicada a un cilindro de manera que su línea de acción no pase por el eje de rotación. Aquí τ va en sentido opuesto a las manecillas del reloj.....	34
fig. 1. 17. Obtención de la ecuación del par en un objeto.....	35
fig. 1. 18. Motor sincrónico de dos polos.....	38
fig. 1. 19. Motor sincrónico de dos polos.....	40
Fig. 1.20. Diagrama simplificado de una máquina de dos polos salientes que muestra los devanados de amortiguación.....	41
Fig.1.21. Desarrollo del par inducido en un motor de inducción. a) El campo	

rotacional del estator B_S induce voltaje en las barras del rotor; b) el voltaje del rotor produce flujo de corriente en el rotor que atrasa el voltaje debido a la inductancia del mismo; c) la corriente del rotor produce un campo magnético en el rotor B_R que esta a 90^0 detrás de ella, y B_R interactúa con B_{net} para producir en la máquina un par en sentido contrario a las manecillas del reloj.....	44
Fig. 1.22. Curva típica par- velocidad.....	49
Fig. 1.23. Diagrama esquemático de los devanados de un motor de C.A. monofásico de arranque con capacitor.....	51
Fig.1.24. Aspecto de motor de arranque con capacitor.....	52
Fig. 1.25. Switch arrancador utilizado en el motor eléctrico.....	53
Fig.1.26. Elementos de línea: a) barra b) viga c) eje.....	54
Fig.1.27. Distintos tipos de estructuras esqueléticas: a) puente con articulaciones unidas con pernos b) marco de edificio con uniones rígidas c) de retícula plana para estructura de techo.....	54
Fig. 1.28. Representación esquemática de un apoyo con rodillo.....	56
Fig. 1. 29. Apoyo real de rodillos.....	56
Fig. 1. 30. Representación esquemática y real de un soporte fijo o empotrado.....	57
Fig.1.31. Representación de una fuerza y sus componentes.....	60
Fig.1.32. Sistema de fuerzas concurrentes.....	61
Fig.1.33. Diagrama de cuerpo libre.....	62
Fig.1.34. fuerza que actúa en diferentes posiciones en una rueda y brazo de palanca de una fuerza.....	64
Fig.1.35. Ejemplo de par.....	65
Fig.1.36. Estantería.....	67
Fig.1.37. Puente.....	67

Fig. 1.38. Neumático.....	67
Fig. 1.39. Cartón.....	68
Fig. 1. 40. Caracol.....	68
Fig. 1.41. Coche.....	69
Fig. 1.42. Columna.....	70
Fig. 1.43. Vigas.....	70
Fig. 1.44. Tirantes.....	71
Fig. 1.45. Polea.....	71
Fig. 1.46. Centro de gravedad.....	72
Fig. 1.47. Perfil en T.....	73
Fig. 1.48. Perfil en L.....	73
Fig. 1.49. Perfil en doble T.....	73
Fig. 1.50. Perfil redondo.....	74
Fig. 1.51. Perfil triangular.....	74
Fig. 1.52. Perfil cuadrado.....	74
Fig. 1.53. Triangulación de un puente.....	75
Fig. 1.54. Figura geométrica.....	76
Fig. 1.55. Cuadrado y pentágono.....	77
Fig. 1.56. Cargas pulsante y alternante.....	79
Fig. 1.57. Relación de esfuerzo y deformación del acero.....	80
Fig. 1.58. Todos los elementos de distintos materiales a nivel molecular fallan a cortante.....	80
Fig. 1.59. Diagrama Verdadero.....	81
Fig. 1.60. Diagrama de grado de carbono.....	83
Fig. 161. Tuercas y tornillos.....	85

Fig. 1.62. Remaches.....	86
Fig. 1.63. Medida del tornillo.....	87
Fig. 1.64. Medida del tonillo en el material.....	87
Fig. 1.65. Área efectiva al aplastamiento de tornillos.....	88
Fig. 1.66. Conexiones por aplastamiento.....	88
Fig. 1.67. Ejercicio de Conexiones.....	88
Fig. 1.68. Ejercicio de conexión.....	89
Fig. 1.69. Lijadora de banda.....	92
Fig. 1.70. Lijadora mini banda.....	92
Fig. 1.71. Plato lijador y diferentes lijas.....	93
Fig. 1.72.- Rectificadora de plato.....	93
Fig. 1.73. Tambores para lijar en curvas.....	93
Fig. 1.74.- Lijadoras neumáticas.....	94
Fig. 1.75. Fresas metálicas.....	94
Fig. 1. 76. Muelas cerámicas.....	94
Fig. 1.77.- Limas.....	95
Fig. 1.78. Escofinas.....	95
Fig. 1.79. Lijas de papel.....	96
Fig. 1.80.- Papel abrasivo.....	96
Fig. 1.81.- Trabajo de papel abrasivo.....	97
Fig. 1.82. Tipos de granos.....	97
Fig. 1.83. Grano.....	98
Fig. 1. 84. Manera de usar papel abrasivo.....	99
Fig. 1.85. Tipos de revestimientos.....	100
Fig. 1.86. Tipos de bisagras.....	100

Fig. 1.87. Bisagra de piano.....	101
Fig. 1.88. Tipo de electrodo.	101
Fig. 1.89. Over-All de trabajo.....	107
Fig. 1.90. Protector de oídos	105
Fig. 1.91. Guante con puntos de PVC.....	108
Fig. 1.92. Protector de respiración	109
Fig. 1.93. Gafas.....	110
Fig. 2.1.- Lijadora eléctrica con un motor eléctrico monofásico.....	116
Fig. 3.1.- Estructura de la lijadora eléctrica.....	127
Fig. 3.2.- Tabla triple de 15 mm de espesor y 60 x 65.....	129
Fig. 3.3.- Mesa metálica.....	129
Fig. 3.4.- Base para el motor.....	130
Fig. 3.5.- Motor eléctrico monofásico.....	130
Fig. 3.6.- Accesorios eléctricos.....	131
Fig. 3.7.- Disco de aluminio.....	131
Fig.- 3.8.- Protector de limallas.....	132
Fig.3.9.- Plano graduado hasta 45 grados I.....	132
Fig.3.10.- Plano graduado hasta 45 grados II.....	133
Fig.3.11. Recolector de desperdicios.....	133
Fig. 3.12 Lijadora eléctrica.....	145
Fig. 3.13.- Lijadora eléctrica terminada.....	146

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1. Calibre de los conductores.....	11
--	----

Tabla 1.2. Calibre de los conductores de acuerdo al tipo de corriente.....	12
Tabla 1.3. Símbolos de los elementos del circuito eléctrico.....	13
Tabla. 1.4. Valores de conversión.....	29
Tabla 1.5. Aceros estructurales.....	85
Tabla 1.6. Número de tornillo de alta resistencia.....	86
Tabla 1.7. Número de resistencia de los tornillos.....	88
Tabla 2.1. Cuadro de factores.....	120
Tabla 2.2. Matriz de Evaluación.....	123
Tabla 2.3. Matriz de Decisión.....	124
Tabla 2.4. Matriz de Decisión Puntajes Totales.....	125
Tabla. 3.1. Simbología.....	134
Tabla 3.2. Estado de los elementos de la lijadora eléctrica.....	146

RESUMEN

El Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército “CEMAE-15”, es una unidad Técnica de la Fuerza Terrestre, encargada de planificar y ejecutar trabajos de diferentes tipos, en especial lo concerniente al III escalón. Su infraestructura y personal técnico altamente capacitado le permite realizar reparaciones, inspecciones periódicas e inspecciones mayores.

El CEMA-15 está conformado por una sección de planificación y diseño donde se lleva el control de mantenimiento de las Aeronaves de la 15 B.A.E. “Paquisha”, también dispone de una sección de control de calidad conformada por oficiales de mantenimiento y supervisores.

Este proyecto se realizó con el fin de optimizar el mantenimiento de las estructuras de las aeronaves; se construyó de acuerdo al soporte técnico y la experiencia del personal de mantenimiento del taller de estructuras, se plantean dos alternativas de construcción. Se asegura su funcionalidad después de haber desbastado un parche rectangular de una pieza estructural; se puede observar en forma directa el trabajo que realiza la máquina eléctrica y controlar de esta manera el trabajo realizado. Para una mejor operación y evitar posibles accidentes se elaboraron manuales, los mismos que se deben tomar en consideración por el personal técnico o mecánico antes de realizar el desbaste de las piezas estructurales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El centro de mantenimiento de la Aviación del Ejército N° 15 “CEMAE-15” fue creado para, realizar reparaciones y modificaciones a los diferentes tipos de aeronaves disponibles en la 15 BAE “Paquisha”.

El mismo que en la actualidad cuenta con una sección de estructuras aeronáuticas la que no dispone de suficiente herramienta y equipo, por lo que se ha visto la necesidad de ir implementando paulatinamente para mejorar el desempeño técnico profesional del personal que labora en esta sección; cabe indicar que en lo que se refiere a máquinas la sección solo cuenta con un esmeril, el mismo que no es recomendable para desbastar materiales suaves.

Observando las falencias mencionadas anteriormente, se ha propuesto construir una lijadora eléctrica. La misma que facilitará el trabajo del personal de técnicos en reparaciones estructurales, optimizando tiempo y medios como también mejorando la calidad de los trabajos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

“Construir una lijadora eléctrica para el desbaste de piezas de aleaciones de aluminio, a implementarse en el taller de estructuras del Centro de Mantenimiento N° 15”

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- ✓ Recopilar información como base sustentable para el buen desarrollo del proyecto.
- ✓ Plantear alternativas y seleccionar la más adecuada.
- ✓ Elaborar los planos de construcción de la lijadora eléctrica.
- ✓ Construir los elementos de la lijadora eléctrica.
- ✓ Elaborar hojas de procedimientos operativos normales de seguridad, operación y mantenimiento para la lijadora eléctrica.
- ✓ Realizar un estudio financiero para la construcción de la lijadora eléctrica.

JUSTIFICACIÓN

Tomando en cuenta la dimensión de trabajo que realiza el taller de estructuras aeronáuticas del CEMA-15, se ha visto recomendable la construcción de una lijadora eléctrica, la misma que ayudará en el desempeño de las labores diarias de los técnicos de reparación en estructuras, dando así resultados eficientes en menor tiempo y en una forma segura, una vez de haber consultado al jefe de la sección se mostró muy complacido con la posibilidad de que este proyecto se lleve a cabo.

La lijadora eléctrica evitará la pérdida de material, también ayudará el mejoramiento de los trabajos y reducirá el tiempo empleado en la construcción de alguna pieza.

ALCANCE

El presente trabajo esta destinado para brindar en una forma técnica y optima los procesos de desbaste de los diferentes tipos de materiales de aleaciones de aluminio. A demás la lijadora dispondrá de una superficie plana que se la puede graduar hasta 45 grados de inclinación para realizar diferentes trabajos de biselados, un cajón de metal, un recolector de desperdicios y un protector para limallas.

La lijadora eléctrica podrá ser utilizada por el personal de técnicos o mecánicos que laboran en el taller de estructuras del CEMAE-15 previa indicación del uso correcto por parte del encargado de la sección.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ELÉCTRICIDAD.

1.1.1. CONCEPTO DE ELÉCTRICIDAD¹.

Esta aprovecha los fenómenos eléctricos para obtener energía o potencia con las cuales podemos darle movimiento a cualquier aparato eléctrico.

Para entender qué es la electricidad se debe comenzar con los átomos. Los átomos son pequeñas partículas que son muy difíciles de ver, y son los elementos con los que está hecho todo a nuestro alrededor. Un átomo está compuesto por protones, electrones y neutrones. El centro de un átomo, al cual se llama “núcleo”, tiene al menos un protón; alrededor del núcleo viajan los electrones (en igual cantidad que los protones) a gran velocidad. Los protones y electrones tienen una propiedad llamada carga, la de los protones es de signo positivo y la de los electrones es de signo negativo. Los neutrones no tienen carga. Los protones y electrones se atraen entre sí porque tienen cargas de distinto signo. En cambio las partículas que tienen cargas del mismo signo se repelen.

¹ HARRY, Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I, pag.1-3

1.2. CORRIENTE ELÉCTRICA.

El flujo de carga eléctrica a través de un alambre o conductor se lo llama corriente eléctrica. Sería posible medir la corriente en función del número de electrones que atraviesan el conductor, pero en la práctica se define la corriente eléctrica como la carga que atraviesa la sección transversal del conductor por unidad de tiempo.

Se dice que los electrones tienen carga eléctrica negativa (-), mientras que los protones, situados en el núcleo del átomo, tienen carga positiva (+). Los cuerpos pueden estar cargados positiva o negativamente como consecuencia del exceso de protones o electrones.

En determinados materiales, que denominamos conductores, es posible hacer fluir los electrones de un extremo al otro de los mismos, estableciéndose entonces una corriente eléctrica.

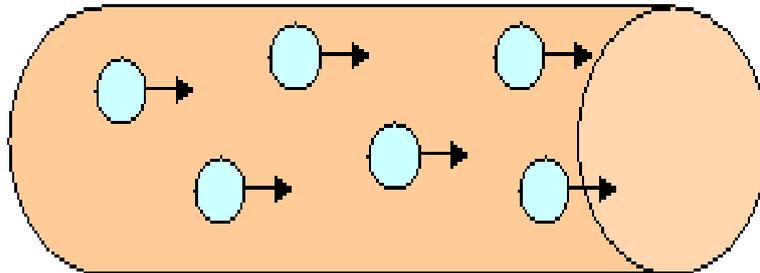


Fig. 1.1. Electrones (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I, pág. 46)

El camino por el que se desplazan los electrones es lo que denominamos circuito eléctrico, que podemos definir también como el un conjunto de elementos interconectados que permiten el paso de la corriente eléctrica.

1.2.1. CIRCUITO ELÉCTRICO².

Se denomina circuito eléctrico a una serie de elementos o componentes eléctricos, tales como resistencias, inductancias, condensadores y fuentes, o electrónicos, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas.

Partes de un circuito.- A la hora de analizar un circuito es conveniente conocer la terminología de cada elemento que lo forma. A continuación se indican los comúnmente más aceptados tomando como ejemplo el circuito mostrado en la figura 1.2.

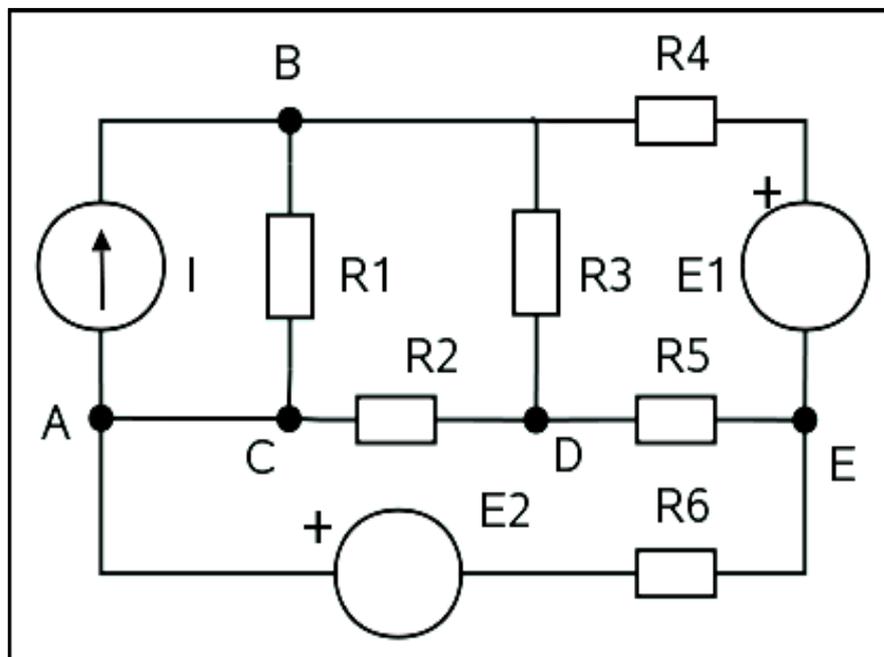


Fig.1. 2. Circuito. (http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_el%C3%A9ctrico)

- **Conector:** hilo conductor de resistencia despreciable (idealmente cero) que une eléctricamente dos o más elementos.
- **Generador o fuente:** elemento que produce electricidad. En el circuito de la figura 2 hay tres fuentes, una de intensidad, I , y dos de tensión, E_1 y E_2 .

² http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_el%C3%A9ctrico

- **Red:** conjunto de elementos unidos mediante conectores.
- **Nudo o nodo:** punto de un circuito donde concurren varios conductores distintos. En la figura 2 se observan cuatro nudos: A, B, D y E. Observé que C no se ha tenido en cuenta ya que es el mismo nudo A al no existir entre ellos diferencia de potencial ($V_A - V_C = 0$).
- **Rama:** conjunto de todos los elementos de un circuito comprendidos entre dos nudos consecutivos. En la figura 1 se hallan siete ramas: AB por la fuente, AB por R1, AD, AE, BD, BE y DE. Obviamente, por una rama sólo puede circular una corriente.

1.2.2. ELEMENTOS DEL CIRCUITO ELÉCTRICO³.

En cualquier circuito eléctrico sencillo se puede distinguir diferentes tipos de elementos que cumplen una función determinada y que se estudiará a continuación:

Generadores.- Son los elementos encargados de suministrar la energía al circuito, creando una diferencia de potencial entre sus terminales que permite que circule la corriente eléctrica. Los elementos que se encargan de esta función son: las pilas, baterías, dinamos y alternadores.

Conductores.- Son materiales que permiten el paso de la corriente eléctrica, por lo que se utilizan como unión entre los distintos elementos del circuito. Generalmente son cables formados por hilos de cobre trenzado y recubiertos por un aislante plástico.

³ <http://www.iesolquibla.com/tecno.com/tecnowed/electricidad/electro-index.htm>.

Clases de conductores.- En instalaciones residenciales normalmente se emplean los siguientes tipos de conductores:

- Alambres: conductores que están formados por un hilo sólido.
- Cables: conductores fabricados con varios alambres o hilos más delgados, con la finalidad de darle mayor flexibilidad.
- Cable paralelo o dúplex: conductores aislados individualmente y se encuentran unidos únicamente por sus aislamientos, o bien se encuentran los conductores trenzados.
- Cable rencauchutado: conductores de dos o mas cables independientes y conveniente mente aislados, viene recubiertos a su vez, por otro aislante común.

Tipos de aislamiento en los conductores.- El aislamiento esta hecho de materiales plásticos, aunque para sus usos especiales existen otros aislamientos como el asbesto o silicona con la finalidad de evitar cortos circuitos. Los tipos de aislamiento mas comunes son:

T:	Aislamiento	plástico	(termoplástico)
TW:	Aislamiento	resistente	a la humedad.
TH:	Aislamiento	resistente	al calor.
THW:	Aislamiento resistente al calor y a la humedad		

Calibre de los conductores.- Es la sección transversal que tiene los conductores. La forma más común de dar a conocer los diferentes calibres, es mediante un número, los números mas altos hacen referencia a los calibres más delgados, y los números más bajos, los calibres más gruesos. La siguiente tabla nos muestra los conductores mas utilizados en instalaciones residenciales.

Tabla 1.1. Calibre de los conductores.

No. AWG	DÍAMETRO mm	SECCIÓN	TIPO DE CONDUCTOR
14	1.63	2.09	SÓLIDO
12	2.05	3.30	SÓLIDO
10	2.59	5.27	SÓLIDO
8	3.26	8.35	SÓLIDO
6	4.67	13.27	CABLE
4	5.89	21.00	CABLE
2	7.42	34.00	CABLE
1/0	9.47	53.00	CABLE
2/0	10.62	67.00	CABLE
3/0	11.94	85.00	CABLE

Elaborado: Por Chop. Vera Eddy

Fuente: <http://www.iesolquibla.com/tecno.com/tecnowed/electricidad/electro-index.htm>.

El calibre de los conductores tiene que estar sometido a ciertas condiciones de uso como la cantidad de corriente que puedan transportar, para esto se tiene en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 1.2. Calibre de los conductores de acuerdo al tipo de corriente.

CALIBRE	CAPACIDAD EN AMPERIOS
14	20
12	25
10	40
08	55
06	80
04	105
02	140
1/0	195
2/0	225
3/0	250

Elaborado: Por Cbop. Vera Eddy

Fuente: <http://www.iesolquibla.com/tecno.com/tecnowed/electricidad/electro-index.htm>

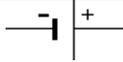
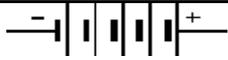
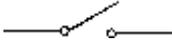
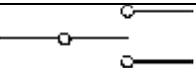
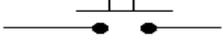
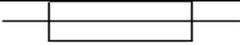
Receptores.- Son los componentes que reciben la energía eléctrica y la transforman en otras formas más útiles tales como: movimiento, luz, sonido o calor.

Elementos de control.- Estos elementos permiten maniobrar con el circuito conectando, y es conectando sus diferentes elementos según nuestra voluntad. Los elementos de control más empleados son los interruptores, pulsadores y conmutadores.

Elementos de protección.- Estos elementos tienen la misión de proteger a la instalación y sus usuarios de cualquier avería que los pueda poner en peligro. Los más empleados son los fusibles y los interruptores de protección.

Simbología.- Los esquemas eléctricos son dibujos abreviados que permiten representar de forma clara y sencilla las conexiones existentes entre los diferentes elementos de un circuito eléctrico.

Tabla 1.3. Símbolos de los elementos del circuito eléctrico.

SÍMBOLO	COMPONENTES
	PILA
	BATERÍA
	CONDUCTOR
	CONEXIÓN
	PUENTE
	LÁMPARA
	RESISTENCIA
	ALTAVOZ
	MOTOR
	INTERRUPTOR
	CONMUTADOR
	PULSADOR
	FUSIBLE

Elaborado: Por Cbop. Vera Eddy

Fuente: <http://www.iesolquibla.com/tecno.com/tecnowed/electricidad/electro-index.htm>.

1.2.3. MAGNITUDES ELÉCTRICAS.

Intensidad (I).- La intensidad de corriente o corriente eléctrica se define como la cantidad de carga eléctrica (electrones) que pasa por un conductor en la unidad de tiempo. Su unidad de medida es el amperio (A) y el aparato con el que se mide recibe el nombre de amperímetro.

Voltaje (V).- El voltaje o tensión representa la diferencia de potencial existente entre dos puntos de un circuito eléctrico. La tensión se mide en voltios (V) y su aparato de medida es el voltímetro.

Resistencia (R).- Se define la resistencia eléctrica como la mayor o menor dificultad que opone un cuerpo al paso de la corriente eléctrica. Los materiales que presentan una gran oposición al paso de la electricidad reciben el nombre de aislante, y en consecuencia tienen una elevada resistencia eléctrica. Por el contrario, llamamos conductores a los materiales que apenas oponen resistencia al paso de la corriente. La unidad de medida de la resistencia eléctrica es el ohmio (Ω), y su aparato de medida el ohmímetro.

Potencia.- La potencia eléctrica es la capacidad que tiene un aparato para transformar la energía eléctrica en otro tipo de energía. Cuanto más rápido sea capaz de realizar esta transformación mayor será la potencia del mismo. Para calcularla mediante la siguiente expresión:

$$P = V \cdot I$$

Su unidad de medida es el watio (w) y el aparato de medida el vatímetro.

Energía.- La energía es la potencia consumida por unidad de tiempo, y responde a la siguiente expresión:

$$E = P \cdot t$$

Se mide en kilowatio-hora, mediante el contador de la luz instalado por la compañía eléctrica.

Ley de Ohm.- A comienzos del siglo XX, George Simón Ohm descubrió que existía una relación entre las magnitudes fundamentales de la electricidad según una ley física que lleva su nombre y que se enuncia así: La diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico es igual al producto de la intensidad que lo que recorre por la resistencia eléctrica medida entre dichos puntos.

$$V = R.I$$

1.2.4. CIRCUITO DE CORRIENTE CONTINUA⁴.

Puesto que la corriente eléctrica siempre sale de la terminal negativa de la fuente de energía, el flujo de corriente es un circuito siempre tendrá la misma dirección si la polaridad de la tensión de la fuente permanece siempre invariable. Este tipo de flujo de corriente recibe el nombre de corriente directa o continua y a la fuente se le llama fuente de corriente directa. Para mayor sencillez, la corriente continua se abrevia generalmente como c-c y se habla de fuentes c-c, tensión c-c, corriente c-c y circuito c-c. Los tres tipos de fuentes se usan con más frecuencia en circuito de c-c son: la batería, el generador de c-c y las fuentes de electrones. Independiente del tipo de fuente de c-c, que se use, la teoría de operación de todos los circuitos de c-c es la misma.

⁴ HARRY Mileaf. Curso practico de electricidad, volumen I, pág. 2-6.

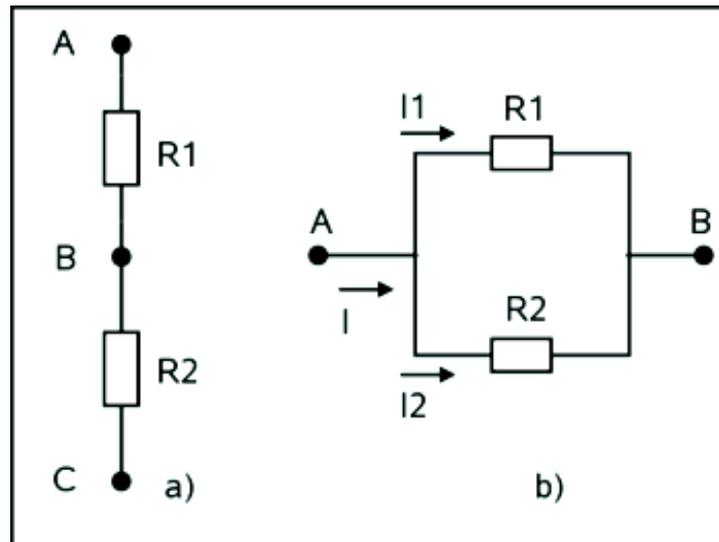


Fig. 1.3. Circuitos divisores de tensión, a), y de intensidad, b).
http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_el%C3%A9ctrico

En este punto se describirán los principales circuitos en corriente continua así como su análisis, esto es, el cálculo de las intensidades, tensiones o potencias.

Divisor de tensión.- Dos o más resistencias conectadas en serie forman un divisor de tensión. De acuerdo con la segunda ley de Kirchoff o ley de las mallas, la tensión total es suma de las tensiones parciales en cada resistencia, por lo que seleccionando valores adecuados de las mismas, se puede dividir una tensión en los valores más pequeños que se deseen; la tensión V_i en bornes de la resistencia R_i , en un divisor de tensión de n resistencias cuya tensión total es V , viene dada por:

$$V_i = R_i I = \left(\frac{R_i}{R_1 + R_2 + \dots + R_n} \right) V$$

En el caso particular de un divisor de dos resistencias (figura 1.3 a), es posible determinar las tensiones en bornes de cada resistencia, V_{AB} y V_{BC} , en función de la tensión total, V_{AC} ,

sin tener que calcular previamente la intensidad. Para ello se utilizan las siguientes ecuaciones de fácil deducción:

$$V_{AB} = V_{AC} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_{BC} = V_{AC} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Este caso es el que se presenta, por ejemplo, a la hora de ampliar la escala de un voltímetro, donde R1 sería la resistencia de la bobina voltimétrica y R2 la resistencia de ampliación de escala.

Divisor de intensidad.- Dos o más resistencias conectadas en paralelo forman un divisor de intensidad. De acuerdo con la primera ley de Kirchhoff o ley de los nudos, la corriente que entra en un nudo es igual a la suma de las corrientes que salen. Seleccionando valores adecuados de resistencias se puede dividir una corriente en los valores más pequeños que se deseen. En el caso particular de un divisor de dos resistencias (figura 1.3 b), es posible determinar las corrientes parciales que circulan por cada resistencia, I1 e I2, en función de la corriente total, I, sin tener que calcular previamente la caída de tensión en la asociación. Para ello se utilizan las siguientes ecuaciones de fácil deducción:

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Este caso es el que se presenta, por ejemplo, a la hora de ampliar la escala de un amperímetro, donde R_1 sería la resistencia de la bobina amperimétrica y R_2 la resistencia shunt.

1.2.4.1. TIPOS DE CIRCUITOS⁵.

Circuito en serie.- En un circuito en serie se tiene la misma corriente en todas sus partes, no importa cuantas partes o aparatos haya. En tanto pase corriente idéntica a través de todos ellos, se trata de un circuito en serie.

Circuito en paralelo.- En un circuito en paralelo, la corriente se divide en algún punto y sigue más de una trayectoria. Estas diferentes trayectorias con frecuencia se llaman derivaciones. En conclusión un circuito en paralelo es aquél en el que existen uno o más puntos donde la corriente se divide y sigue trayectorias diferentes.

Circuito en serie y paralelo.- Son una combinación de circuito en serie y circuito en paralelo. Pueden ser comparativamente simples y tener unos cuantos componentes; pero también pueden tener muchos componentes y ser bastantes complicados. Ej.

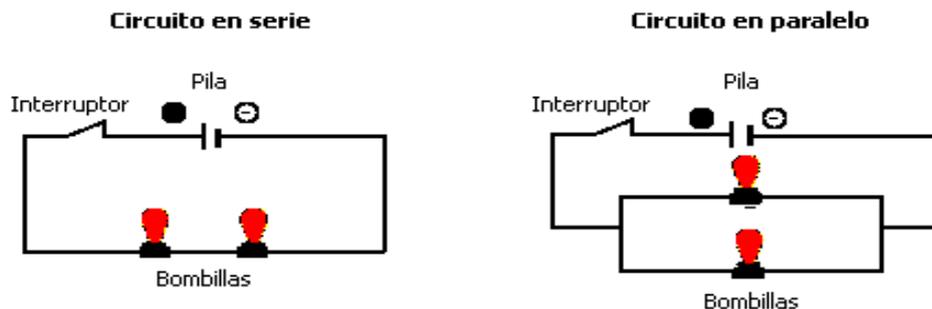


Fig. 1.4. Disposición de bombillas en un circuito en serie y un circuito en paralelo.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_el%C3%A9ctrico)

⁵ HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I, pág. 2-55,2-75,2-99.

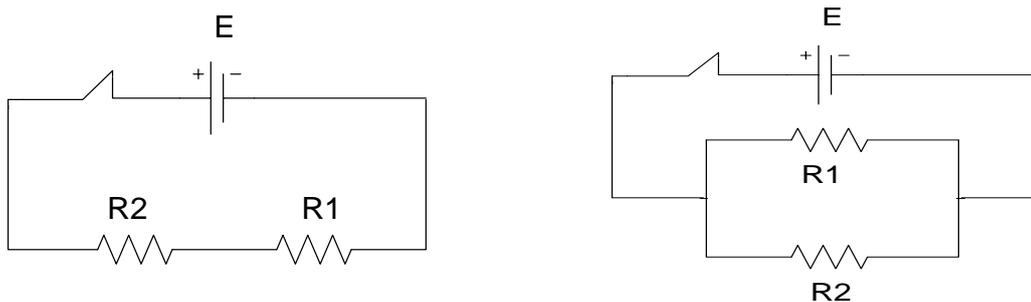


Fig.1.5. Diagramas de un circuito en serie y un circuito en paralelo.

(HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I, pág. 2-55,2-75)

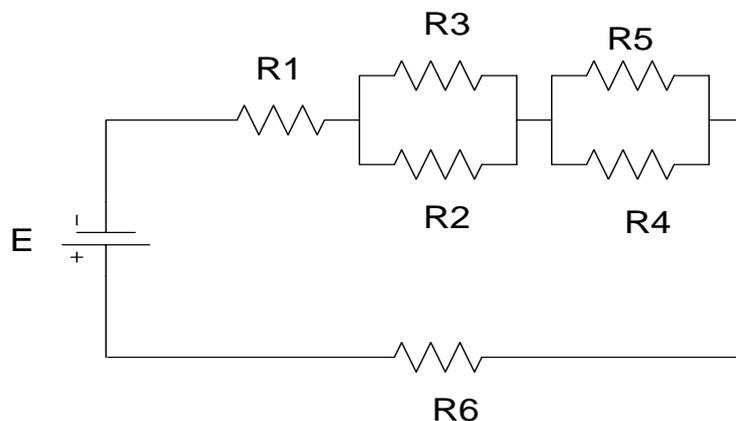


Fig.1.6. Diagrama de un circuito mixto (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I, pág. 2-102)

1.2.5. CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA.

Existe un tipo de corriente eléctrica que no siempre fluye en la misma dirección, si no que alterna y fluye primero hacia una dirección y luego se invierte y fluye hacia la otra. A este tipo de corriente se le llama corriente alterna o c-a.

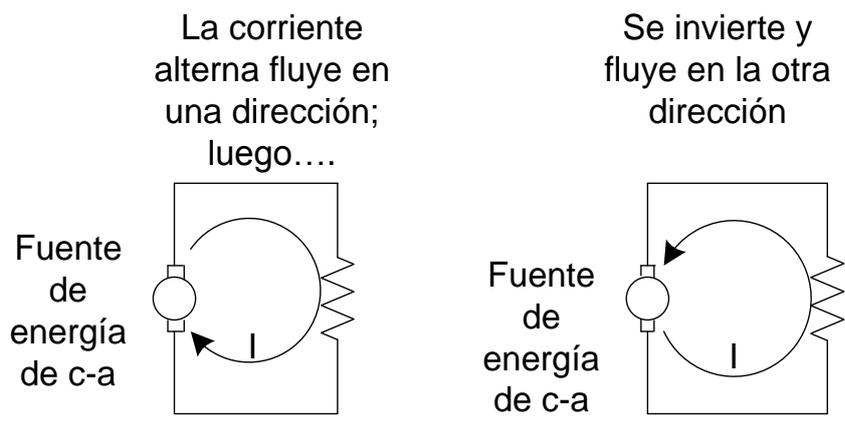


Fig.1.7. circuito de corriente alterna c-a (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, pág. 3-1)

Básicamente, hay dos razones para esto. Una de ellas es que, por lo general, la c-a para las mismas aplicaciones que la c-c y, además, es más fácil y barato transmitir c-a desde el punto donde se produce hasta el punto se consumirá. La segunda razón para el amplio uso de la c-a es con ella se pueden hacer ciertas cosas sirve para ciertas aplicaciones en las cuales la c-c no es adecuada.

1.2.5.1 TRANSMISIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA.

En un circuito eléctrico ideal, toda la energía producida por la fuente, la carga la convertirá en alguna forma útil, por ejemplo luz y calor. Sin embargo, en la práctica, es imposible construir un circuito ideal. Parte de la energía que procede de la fuente se consume en los conductores de interconexión del circuito y parte se consume dentro de la misma fuente de potencia. Este consumo de energía fuera de la carga es energía desperdiciada o potencia desperdiciada, por lo que su valor debe mantenerse a un mínimo posible. La mayor parte de estas pérdidas de potencia son en forma de calor generado cuando la corriente del circuito fluye a través de la resistencia en el alambrado y la resistencia interna de la fuente.

1.2.5.2. PÉRDIDAS DE POTENCIA POR TRANSMISIÓN.

Al transmitirse energía eléctrica, una parte de ésta se convierte en calor a lo largo de la línea de transmisión. La pérdida en forma de calores directamente proporcional a la resistencia y al cuadrado de la corriente. Esto se puede apreciar en la siguiente fórmula para pérdida de potencia.

$$P=I^2R$$

Así, la pérdidas en forma de calor o de potencia (P) se puede reducir si se baja la corriente (I) que lleve la línea de transmisión o la resistencia (R) del conductor, o bien, ambas. Sin embargo, la resistencia tiene mucho menos efecto en la pérdida de potencia que la corriente, ya que la corriente está elevada al cuadrado.

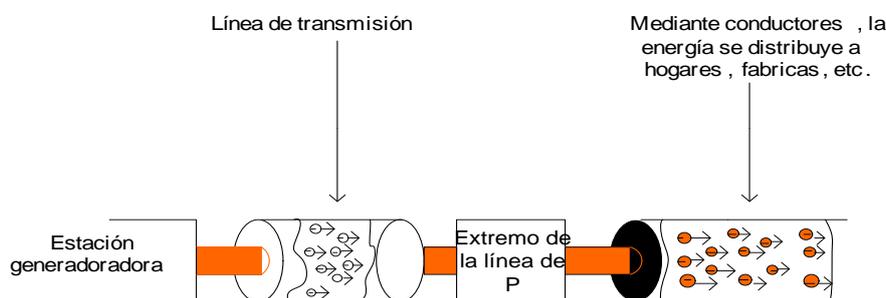


Fig. 1.8. Transmisión de potencia de c-a (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, pág. 3-5)

En la transmisión de potencia de c-a, la corriente que lleva la línea de transmisión es relativamente pequeña. En el extremo de la línea de transmisión, la pequeña corriente que llega se convierte a grandes corrientes requeridas por los usuarios de potencia eléctrica. Esto se hace así para que las pérdidas I^2R (potencia) sean bajas en las líneas de transmisión.

1.2.5.3. TRANSMISIÓN DE POTENCIA DE C-A⁶.

Tal vez parezca raro que se pueda transmitir potencia eléctrica con baja corriente en la línea de transmisión y, en cambio, obtener potencia con alta corriente al final de la línea. Para comprender esto debe tenerse presente la relación que hay entre potencia eléctrica, tensión y corriente, según la ecuación:

$$P = EI$$

Se concluye de esta ecuación que puede producirse la misma potencia eléctrica (P) con muchas combinaciones de corriente (I) y tensión (E). Por ejemplo, puede obtenerse una potencia de 100 watts con una tensión de 10 volts y una corriente de 10 amperes, o con una tensión de 20 volts, y una corriente de 5 amperes, o bien, con una tensión de 100 volts y una corriente de un ampere.

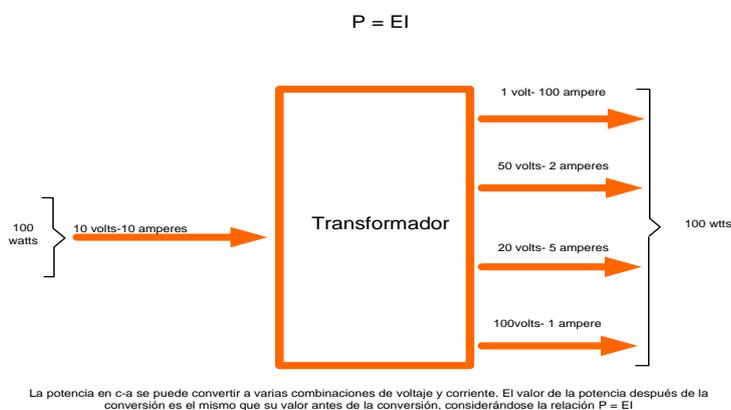


Fig.1.9. Transmisión de potencia de c-a (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, pág. 3-6)

Los dispositivos que se utilizan para convertir potencia de c-a de una combinación de valores de tensión y corriente a otra se llama transformadores.

⁶ HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, págs. 3-1, 3-4, 3-5, 3-6,3-23, 3-24, 3-25, 3-28, 329, 3-30, 3-31

1.2.5.4. FRECUENCIA.

En una onda de corriente de c-a, la variación de tensión o corriente, por ejemplo, de cero a un máximo y nuevamente a cero, en la dirección positiva; y de cero a máximo y nuevamente a cero, en dirección negativa, constituye un ciclo completo.

A los números de ciclo generados en un segundo se lo conoce como frecuencia de la tensión o de la corriente y se expresa en ciclo por segundo, o cps. Cuando mayor sea el número de ciclos producido en segundo, más alta es la frecuencia. Esto significa cuanto más rápidamente gire la armadura del generador, mayor número de ciclos genera en cada segundo y en consecuencia, la frecuencia de la tensión de salida será más alta. Si el generador simple girara a una velocidad de 10 revoluciones por segundo, la frecuencia sería de 10 ciclos por segundo; a 100 revoluciones por segundo, la frecuencia sería de 100 ciclos por segundo.

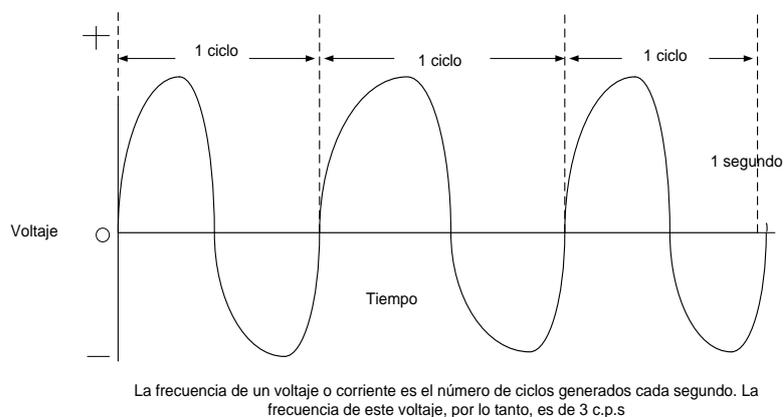


Fig. 1.10. Frecuencia (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, pág. 3-23)

1.2.5.5. LONGITUD DE ONDA.

Puesto que la corriente avanza a una velocidad definida, sólo puede recorrer cierta distancia durante determinado tiempo, es posible calcular hasta donde puede llegar la corriente durante un ciclo de tensión alterna. Esta distancia recibe el nombre de longitud de

onda y es la distancia que puede recorrer la corriente en el tiempo que requiere la terminación de un ciclo completo de tensión alterna.

$$\text{Longitud de onda} = \text{velocidad de la corriente} / \text{frecuencia}$$

Así, pues, la longitud de onda es sólo otra forma de expresar la frecuencia. Por cuanto no es muy importante en aplicaciones de potencia eléctrica pero suele tener aplicaciones en el campo de las comunicaciones.

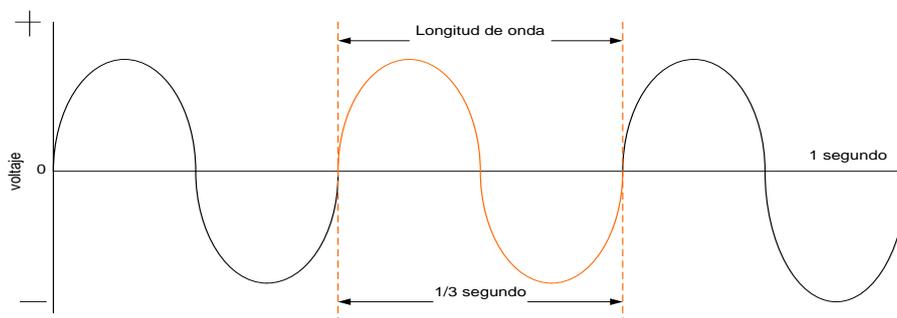


Fig.1.11. Longitud de onda (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen II, pág. 3-24)

1.2.5.6. FASE.

La salida de un generador simple de c-a varía en forma de onda sinusoidal. Por lo tanto, si dos de estos generadores se ponen a funcionar cada uno generará una salida sinusoidal completa después de una revolución. Si los generadores se hacen funcionar en el mismo instante y giran exactamente a la misma velocidad, las dos formas de onda comenzarán y terminarán simultáneamente. También alcanzarán sus valores máximos y pasarán por cero en el mismo tiempo. Entonces se dice que las dos formas de onda “coinciden” entre sí y que las tensiones que representan están en fase. De aquí se concluye que el término fase se usa para indicar la relación de tiempo entre tensiones y corrientes alternas.

El que dos corrientes o tensiones estén en fase no significa que sus magnitudes sean iguales. Las magnitudes máximas se alcanzan al mismo tiempo, pero sus valores pueden ser diferentes.

Aunque generalmente se usa el término fase para comparar la relación de tiempo de dos ondas, también se puede usar para indicar el punto de una onda en determinado instante. Un ciclo completo se puede representar por grados, con frecuencia, los grados reciben el nombre de ángulos de fase. La fase del máximo negativo es de 270 grados, la onda sinusoidal es nula cuando los ángulos de fase son 0, 180, 360 grados. Así, se puede considerar que cualquier punto de una onda sinusoidal tiene cierto ángulo de fase.

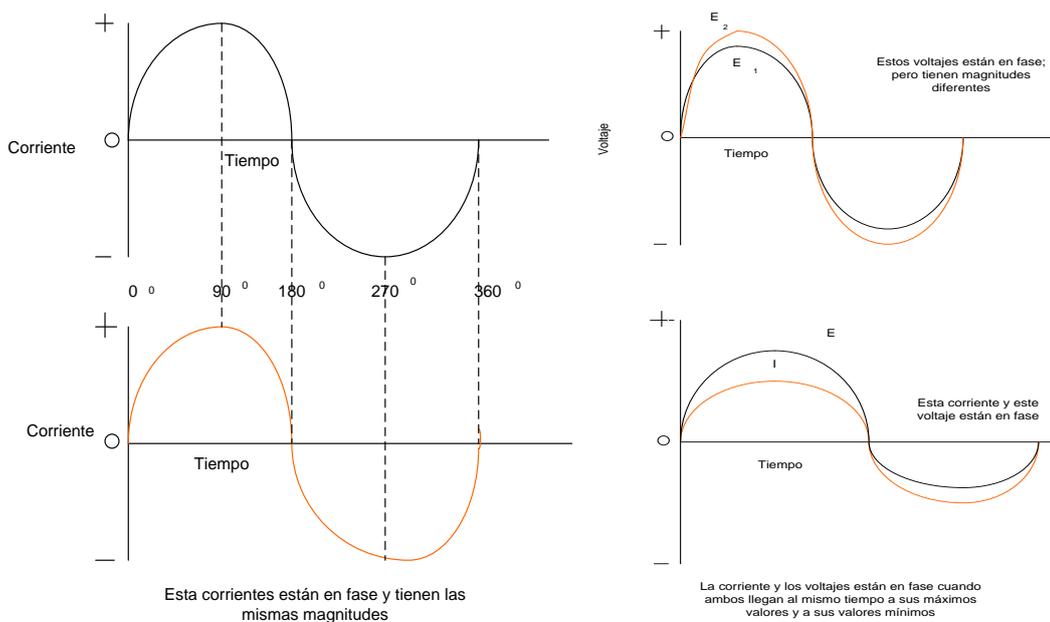


Fig.1.11. Fase (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, pág. 3-25)

1.2.5.7. VALORES DE TENSION Y C-A.

Especificar el valor de tensión o corriente continua no es problema, ya que los valores de c-c no cambian. Por otra parte, los valores de c-a, tanto de tensión como de corriente

alterna, generalmente hay que determinar que tipo de valores se necesita. Y esto, a su vez, depende de la forma en que se desee emplear el valor. El mas obvio probablemente sería el valor máximo de la tensión o la corriente. Otro valor que se usa algunas veces es el valor pico- pico, al cual es el doble del valor pico. En una onda, el valor pico es la distancia vertical del valor máximo positivo al valor máximo negativo.

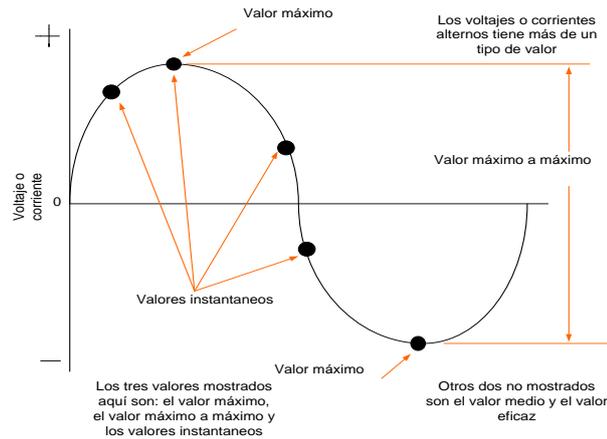


Fig. 1.12. Valores de tensión y c-a (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, pág. 3-28)

1.2.5.7. VALORES MEDIOS.

El valor medio d una tensión o una corriente alterna es el promedio de todos los valores instantáneos durante medio ciclo, o sea, una alteración. Puesto que durante medio ciclo la tensión o la corriente aumentan de cero al valor pico y luego disminuyen a cero, el valor promedio debe encontrarse en algún punto entre cero y valor pico. Para una onda sinusoidal pura, que es la forma de onda más común en los circuitos de c-a, el valor promedio es 0.637 veces el valor pico. Para tensión esto se expresa mediante la ecuación:

$$E_{MED} = 0.637 \text{ pico}$$

Por ejemplo, sí la tensión pico de un circuito es de 100 volts, la tensión media será:

$$E_{\text{MED}} = 0.637 E_{\text{pico}} = 0.637 \times 100 = 63.7 \text{ volts.}$$

La ecuación para calcular la corriente media en función de corriente pico es idéntica a la que se dio para el caso de la tensión. Debe tener cuidado de no confundir el valor medio, que es el promedio de medio ciclo, con el promedio de un ciclo completo. Puesto que ambos medios ciclos son idénticos, excepto porque uno es positivo y el otro negativo, el promedio sobre un ciclo completo sería cero.

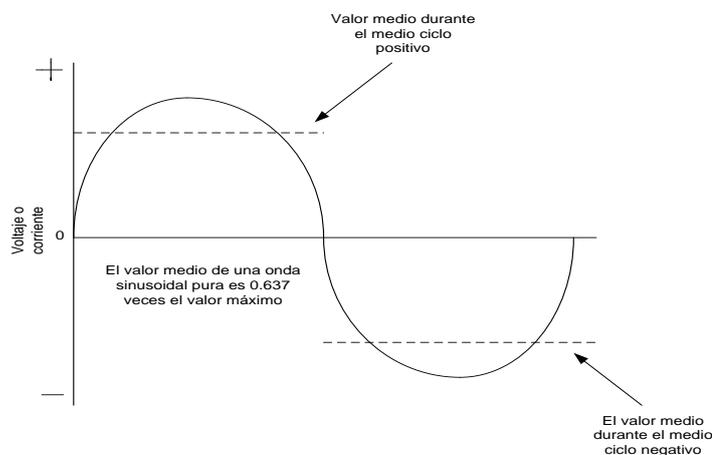


Fig. 1.13. Valores de tensión y c-a (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, pág. 3-29)

1.2.5.8. VALORES EFECTIVOS.

El valor efectivo de una tensión o corriente alterna es el que, en un que sólo contenga resistencia, produce la misma cantidad de calor que la producida por una tensión o corriente continua del mismo valor. Por lo tanto, una corriente alterna cuyo valor eficaz es de 1 ampere, genera el mismo calor en una resistencia de 10 ohms que una corriente directa de una ampere. El valor efectivo también se llama raíz cuadrática media, o rom, devino a la forma que se obtiene: es igual a la raíz cuadrada del valor medio de los cuadrados de todos los valores instantáneos de corriente o tensión, durante el medio ciclo.

En una onda sinusoidal pura, el valor efectivo es 0.707 veces el valor pico. Por lo tanto, las ecuaciones para calcular los valores efectivos de corriente y tensión son las siguientes.

$$E_{EF} = 0.707 \text{ pico} \text{ y } I_{EF} = 0.707 \text{ pico}$$

Por lo tanto, para una tensión pico de 100 volts el valor de rcm de una tensión alterna sería 70.7 volts. Esto significa que un resistor conectado a una fuente de c-a de 100 volts, producirá el mismo calor que si se colocara en una fuente de c-c de 70.7 volts. El valor efectivo se usa para clasificar tensiones y corrientes alternas. La tensión de 110 volts que llega a los hogares es el valor rcm. También lo es la tensión de potencia de 220 volts para uso industriales.

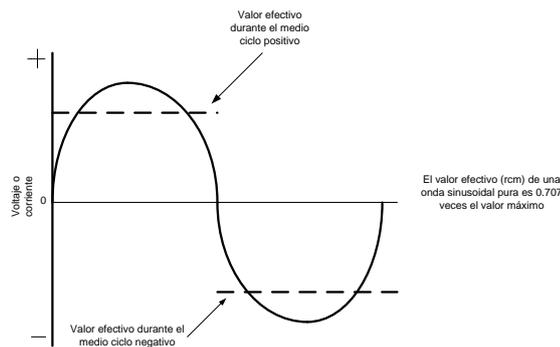


Fig. 1.14. Valores efectivos (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, pág. 3-30)

1.2.5.9. VALORES DE CONVERSIÓN.

Al trabajar con circuitos de c-a, a menudo será necesario convertir a otros valores los dados o medidos de tensión o de corriente alterna. Por ejemplo, puede ser necesario convertir un valor medio a un valor pico, o quizá un valor eficaz a valor medio.

Para todas las conversiones entre valores pico, medio efectivo, existen seis ecuaciones básicas que pueden aplicarse. Mediante la ecuación apropiada, es fácil convertir cualquiera

de estos valores, a otra. En seguida aparecen las seis ecuaciones que se emplean para convertir valores de tensión y corriente.

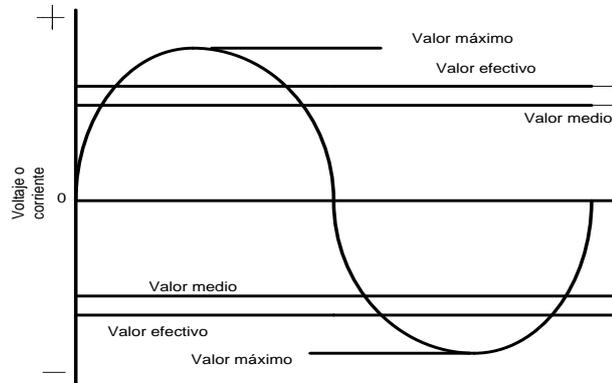


Fig. 1.15. Valores de conversión (HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, pág. 3-31)

Tabla. 1.4. Valores de conversión.

CONVERSIÓN DE TENSIONES Y CORRIENTE C-A			
Para convertirse de	a	Usar ecuaciones	
Pico	Medio	$E_{MED} = 0.637 E_{PICO}$	$I_{MED} = 0.637 I_{PICO}$
Pico	Eficaz	$E_{EF} = 0.707 E_{PICO}$	$I_{EF} = 0.707 I_{PICO}$
Medio	Pico	$E_{PICO} = 1.57 E_{MED}$	$I_{PICO} = 1.57 I_{MED}$
Medio	Eficaz	$E_{EF} = 1.11 E_{MED}$	$I_{EF} = 1.11 I_{MED}$
Eficaz	Pico	$E_{PICO} = 1.414 E_{EF}$	$I_{PICO} = 1.414 E_{EF}$
Eficaz	Medio	$E_{MED} = 0.9 E_{EF}$	$I_{MED} = 0.9 E_{EF}$

Elaborado: Por Cbop. Vera Eddy

Fuente: HARRY Mileaf. Curso práctico de electricidad, volumen I I, pág. 3-31

En algunos casos, puede ser necesario convertir a 0 de valores pico-pico. Para esto es preferible usar las ecuaciones para valor pico y tener presente que el valor pico-pico es lo doble del valor pico y, recíprocamente, que el valor pico es la mitad del valor pico- pico.

1.3. INTRODUCCIÓN A LOS PRINCIPIOS DE MÁQUINAS.

1.3.1. MÁQUINAS ELÉCTRICAS, TRANSFORMADORES Y LA VIDA DIARIA.

Una máquina eléctrica es un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. Cuando este dispositivo es usado para convertir energía mecánica en energía eléctrica, se denomina generador; cuando convierte energía eléctrica en mecánica, se llama motor.

Puesto que puede convertir energía eléctrica en mecánica o viceversa una máquina eléctrica puede utilizarse como generador o motor. Casi todos los motores y generadores útiles convierten la energía de una a otra forma a través de la acción de campos magnéticos. Otro aparato relacionado con los motores y los generadores es el transformador. Un transformador es un dispositivo que convierte energía eléctrica de corriente alterna de cierto nivel de voltaje en energía eléctrica de corriente alterna de otro nivel de voltaje. Puesto que los transformadores operan sobre los mismos principios que los generadores y motores, dependiendo de la acción de un campo magnético para llevar a cabo el cambio de nivel de voltaje, se estudian junto con aquellos.

Estos tres tipos de dispositivos eléctricos se encuentran en cualquier campo de la vida diaria. En el hogar, los motores eléctricos hacen funcionar enfriadores, congeladores, aspiradoras, ventiladores, equipos de aire acondicionado, licuadoras y otros muchos aparatos similares. En los talleres, los motores suministran la fuerza motriz para casi todas

las herramientas. En consecuencia, los generadores son necesarios para suministrar la energía a todos estos motores.

Los motores y generadores eléctricos son comunes porque la energía eléctrica es una fuente de energía limpia y eficiente, fácil de controlar y transmitir a largas distancias.

Un motor eléctrico no requiere ventilación ni combustible constante, a diferencia de los motores de combustión interna; por esta razón, es el adecuado en ambientes donde no son deseables los residuos contaminantes de la combustión. Además, la energía calorífica o la energía mecánica pueden ser convertidas en energía eléctrica en sitios lejanos y ésta pueden ser transmitida a largas distancias hasta cualquier hogar, oficina o fábrica donde se requiere. Los transformadores ayudan a este proceso reduciendo las pérdidas de energía entre el sitio de generación de energía eléctrica y el de utilización de ésta.

1.3.2. MOVIMIENTO ROTATORIO, LEY DE NEWTON Y RELACIONES DE POTENCIA.

Casi todas las máquinas eléctricas rotan sobre un llamado eje de la máquina, debido a la naturaleza rotatoria de la máquina, es importante tener un conocimiento básico del movimiento rotatorio.

En general, se requiere un vector tridimensional para describir la rotación de un objeto en el espacio. Sin embargo, dado que las máquinas giran sobre un eje fijo, su rotación queda restringida a una dimensión angular. Con relación a un extremo del eje de la máquina, la dirección de rotación puede ser descrita ya sea en sentido a las manecillas del reloj (CW), o en sentido contrario a las manecillas del reloj (CCW). Para los propósitos de este volumen,

un ángulo de rotación en sentido contrario a las manecillas del reloj será positivo y en sentido de las manecillas del reloj, se asumirá negativo. Para la rotación sobre un eje fijo, todos los conceptos de esta sección se reduce en magnitudes escalares.

Posición angular θ .- La posición angular de un objeto es el ángulo en que se sitúa, medido desde algún punto arbitrario de referencia. La posición angular se mide en radianes o grados; corresponde al concepto de distancia en el movimiento rectilíneo.

Velocidad angular ω .- Es la tasa de cambio de la posición angular con respecto al tiempo. Es positiva si la rotación es contraria a la dirección de las manecillas del reloj. La velocidad angular corresponde al concepto de velocidad lineal. Así como la velocidad lineal unidimensional está definida por la ecuación.

$$v = dr/dt$$

La velocidad angular se define mediante la ecuación.

$$\omega = d\theta/dt$$

Si las unidades de la posición angular están en radianes, la velocidad angular se mide en radianes por segundo.

Aceleración angular α .- Es la tasa de cambio de la velocidad angular con respecto al tiempo. Es positiva si la velocidad angular se incrementa en sentido algebraico. La aceleración angular corresponde a la aceleración en el movimiento rectilíneo. Así como la aceleración lineal unidimensional está definida por la ecuación.

$$a = dv/dt$$

La aceleración angular se define mediante la ecuación

$$\alpha = d\omega/dt$$

Sí las unidades de la velocidad angular están en radianes por segundo, la aceleración angular se mide en radianes por segundo al cuadrado.

Par τ .- Es el movimiento rectilíneo, una fuerza aplicada sobre un objeto ocasiona un cambio de velocidad en éste. Si no se ejerce una fuerza neta sobre el objeto, su velocidad permanece constante. Cuando mayor sea la fuerza aplicada al objeto, más rápidamente cambiará su velocidad. En el movimiento rotatorio, existe un concepto similar. Cuando un objeto rota, su velocidad permanece constante a menos que se ejerza un par sobre él. Cuando mayor sea el par aplicado al objeto, más rápidamente cambiará su velocidad angular.

Se llama par con poca exactitud la “fuerza de torsión” aplicada al objeto. Este concepto es fácil de entender. Imagine un cilindro que rote libremente alrededor de su eje. Si se aplica una fuerza al cilindro, de manera que la línea de acción pase por el eje del cilindro (fig. 1.16a), el cilindro no rotará. Sin embargo, si la misma fuerza se aplica que la misma línea de acción pase a la derecha del eje del cilindro (fig. 1.16b), el cilindro tenderá a rotar a dirección contraria a las manecillas del reloj. El par o acción de torsión sobre el cilindro depende de: 1) la magnitud de la fuerza aplicada y 2) La distancia entre el eje de rotación y la línea de acción de la fuerza.

El par sobre un objeto se define como el producto de la fuerza aplicada al objeto por la distancia mínima entre la línea de acción de la fuerza y el eje de rotación del objeto. Si \mathbf{r} es un vector que apunta desde el eje de rotación hasta el punto de aplicación de la fuerza y \mathbf{F} es la fuerza aplicada, el par puede ser descrito como:

$$\tau = \text{fuerza aplicada) (distancia perpendicular)}$$

$F = \text{Fuerza (r sen } \theta)$

$r = \text{Vector (r sen } \theta)$

Donde θ es el ángulo entre el vector \mathbf{r} y el vector \mathbf{F} . la dirección del par tendrá el sentido de las manecillas del reloj si tiende a causar la rotación en sentido de las manecillas del reloj y en sentido contrario a las manecillas del reloj, si tiende a causar la rotación en este sentido (fig. 1.16, 1.17). Las unidades del par son newton/metro en las unidades de SI y libra/pie en el sistema inglés.

Ley de rotación de Newton.- La ley de Newton en cuanto a objetos que se mueven en línea recta describe la relación entre la fuerza aplicada a un objeto y su aceleración resultante. Esta relación está dada por la ecuación:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

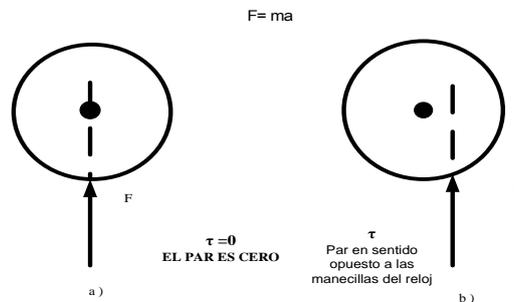


Fig. 1.16. a) Una fuerza aplicada a un cilindro de modo que pase por un eje de rotación $\tau = 0$. b) Una fuerza aplicada a un cilindro de manera que su línea de acción no pase por el eje de rotación. Aquí τ va en sentido opuesto a las manecillas del reloj (STEPHEN J Chapman, Máquinas

Eléctricas, Tercera Edición, pag.5)

\mathbf{F} = fuerza neta aplicada al objeto

m = masa del objeto

a = aceleración resultante

Una ecuación semejante describe la relación entre el par aplicado a un objeto y su aceleración angular resultante. Esta relación, llamada ley de la rotación de Newton, está dada por la ecuación:

$$\tau = J \alpha$$

τ = par neto aplicado newton/metro o libra/pie

J = masa kilogramo/metro o slung/pie²

α = aceleración angular resultante radianes/segundo²

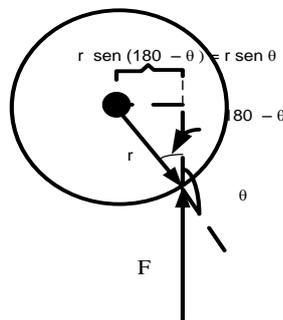


fig. 1. 17. Obtención de la ecuación del par en un objeto. (STEPHEN J Chapman, Máquinas Eléctricas, Tercera

Edición, pag.6)

τ = (distancia perpendicular) (fuerza)

$\tau = (r \text{ sen } \theta) F$, en sentido opuesto a las manecillas del reloj

Trabajo.- Es la aplicación de una fuerza a través de una distancia, y se expresa mediante la ecuación.

$$W = Fr$$

En el sistema SI, la unidad de medida del trabajo es el joule, y libra/pie en el sistema inglés. En el movimiento rotario, trabajo es la aplicación de un par a través de un ángulo.

Y si el par es constante,

$$W = \tau\theta$$

Potencia.- La potencia es la razón de cambio del trabajo o el incremento en el trabajo por unidad de tiempo.

$$P = W/t$$

Se mide en joules por segundo (watts), pero también puede medirse en libra/pie por segundo o en caballos de fuerza (HP).

La ecuación de la potencia es muy importante en el estudio de los motores de las máquinas eléctricas porque describe la potencia mecánica aplicada al eje del motor o un generador.

Campo magnético.- Son el mecanismo fundamental para convertir la energía de c-a en energía de c-c, o viceversa, en motores, generadores y transformadores. Existen cuatro principios básicos que describen cómo se utilizan los campos magnéticos en estos aparatos:

- Un conductor que porta corriente produce un campo magnético a su alrededor.

- Un campo magnético variable con el tiempo induce un voltaje en una bobina de alambre si pasa a través de ésta (ésta es la base del funcionamiento del transformador)
- Un conductor que porta corriente en presencia de un campo magnético experimenta una fuerza inducida sobre él (ésta es la base del funcionamiento del motor).
- Un conductor eléctrico que se mueve en presencia de un campo magnético tendrá un voltaje inducido en él (éste es la base del funcionamiento del generador).

1.4. MOTORES SINCRÓNICOS.

Los motores sincrónicos son máquinas sincrónicas utilizadas para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica.

1.4.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE OPERACIÓN DE MOTORES.

Para entender el concepto básico de un motor sincrónico (véase la figura 1.18) que muestra un motor sincrónico de dos polos. La corriente de campo I_F del motor produce un campo magnético de estado estacionario B_R . Un conjunto trifásico de voltaje se aplica al estator de la máquina, que produce un flujo de corriente trifásica en los devanados.

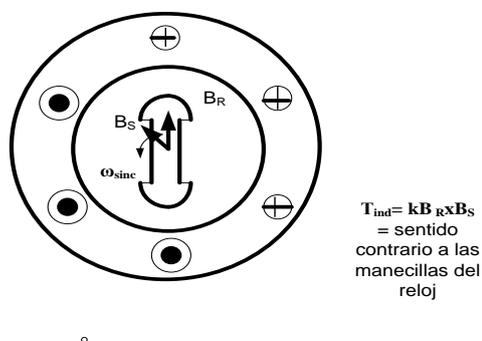


fig. 1. 18. Motor sincrónico de dos polos (STEPHEN J Chapman, Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, pag.351)

Un conjunto de corrientes en el devanado del inducido produce un campo magnético uniforme rotacional B_s . Entonces, hay dos campos magnético presente en la máquina, y el campo rotorico tenderá a alinearse con el campo estatórico así como dos barras magnéticas tenderán alinearse si se colocan una cerca de la otra. Puesto que el campo magnético del estator es rotante, el campo magnético del rotor (y el rotor en sí mismo) tratará constantemente de emparejarse con él. Cuanto mayor sea el ángulo entre los dos campos magnéticos (hasta cierto máximo), mayor es el par sobre el rotor de la máquina. El principio básico de operación del motor sincrónico es que el rotor “persigue” el campo magnético rotante del estator alrededor de un círculo emparejarse del todo con él. Puesto que un motor sincrónico es físicamente igual a un generador sincrónico, todas las ecuaciones básicas de velocidad, potencia y par se aplican también a los motores sincrónicos.

1.4.2. ARRANQUE DE MOTORES SINCRÓNICOS.

Para entender la naturaleza del problema del arranque, es necesario a la figura 1. 19 esta figura muestra un motor sincrónico de 60 Hz en el momento que se aplica potencia a sus devanados. El rotor del motor está estacionario y, por el campo magnético B_R es estacionario. El campo magnético del estator B_s comienza a girar dentro del motor a velocidad sincrónica. La figura 1.19 a muestra la máquina en el tiempo $t= 0s$, cuando B_R y B_s están exactamente alineadas. De la ecuación de par inducido.

$$\tau_{ind} = k B_R \times B_s$$

El par inducido sobre el eje del rotor es cero. La figura 1.16b muestra la situación en $t= 1/240$ s. En tan corto tiempo el rotor casi no se ha movido, pero el campo magnético del

estator apunta ahora hacia la izquierda. De la ecuación de par inducido, el par sobre el eje del rotor se ejerce ahora en sentido contrario a las manecillas del reloj. La figura 1.16c muestra la situación en tiempo $t = 1/120\text{s}$. En este punto, B_R y B_S apunta en direcciones opuestas y el par inducido τ_{ind} de nuevo es igual a cero. En $t = 3/240\text{ s}$, el del estator apunta hacia la derecha y el par resultante está en sentido de las manecillas del reloj.

Finalmente, en $t = 1/60\text{s}$, el campo magnético del estator se un ciclo alinea de nuevo con el campo magnético del rotor y el par inducido $\tau_{\text{ind}} = 0$. Durante eléctrico, el par ejerció primero en sentido contrario a las manecillas del reloj y luego en sentido del reloj y luego en sentido de ellas, y el par promedio fue cero. Lo que ocurre al motor es que vibra con fuerza en cada ciclo eléctrico y al final se sobrecalienta. Existen tres métodos básicos para el arranque seguro de un motor sincrónico.

- **Reducir el campo magnético del estator;** a un valor suficientemente bajo para que el rotor pueda acelerar y se enlace con el durante mediar o ciclo de rotación del campo magnético esto se puede llevar cabo reduciendo la frecuencia de la potencia eléctrica aplicada.
- **Utilizar un motor primario externo;** para acelerar el motor sincrónico hasta la velocidad de sincronismo para pasar por el proceso de entrada en sincronismo y convertir la maquina al instante en un generador. Entonces apagando o desconectando el motor primario la máquina sincronice se transformará en un motor.
- **Utiliza devanados de amortiguación.**

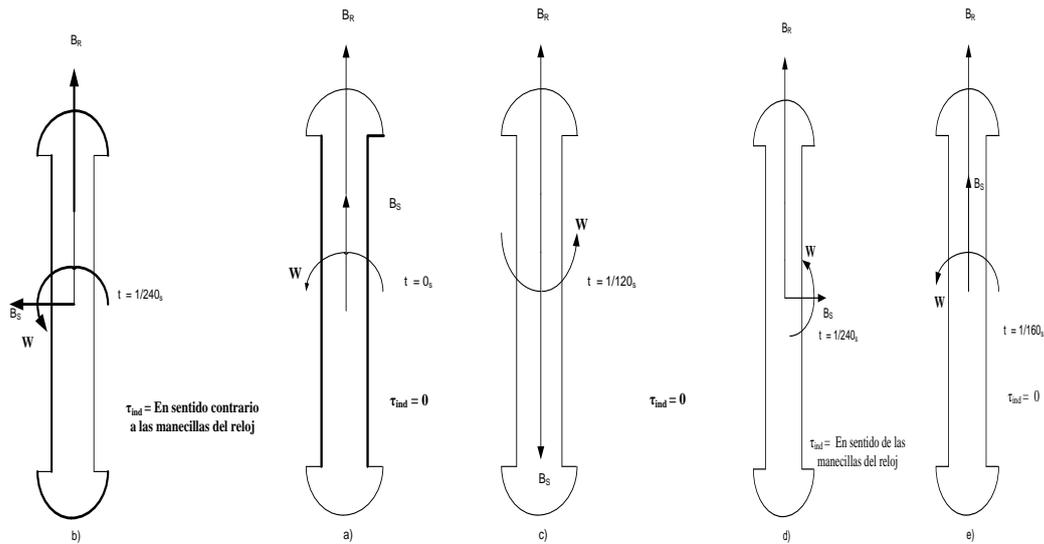


fig. 1. 19. Motor sincrónico de dos polos (STEPHEN J Chapman, Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, pag.372)

1.4.3. ARRANQUE DEL MOTOR REDUCIENDO LA FRECUENCIA ELÉCTRICA.

Si el campo magnético del estator de un motor sincrónico rota a una velocidad suficientemente baja, no habrá dificultad para que el rotor acelere y se enlace con el campo magnético estatóricos se puede aumentar entonces hasta la velocidad de operación, incrementando gradualmente f_e hasta su valor normal de 50 ó 60 Hz

Este método de arranque de los motores sincrónicos tiene gran sentido pero también tiene un problema grave: ¿de donde se obtiene la frecuencia eléctrica variable? Los sistemas normales de potencia se regulan cuidadosamente a 50 o 60 Hz por lo que, hasta hace poco, cualquier fuente de voltaje de frecuencia variable debía provenir de un generador específico. Tal situación no era práctica, excepto en algunas circunstancias excepcionales. Para convertir una entrada de frecuencia constante a cualquiera frecuencia de salida deseada se utiliza los rectificadores-inversores y los cicloconvertidores.

1.4.4. ARRANQUE DEL MOTOR MEDIANTE UN MOTOR PRIMARIO EXTERNO.

El segundo método para arrancar un motor sincrónico consiste en fijarle un motor externo de arranque y llevar la máquina sincrónica hasta su velocidad plena con ese motor. Entonces, la máquina sincrónica puede ser emparejada con su sistema de potencia como un generador, y el motor de arranque puede desacoplarse del eje de la máquina. Desconectado el motor de arranque, el eje de la máquina se desacelera, el campo magnético del rotor B_R queda atrás de B_{net} y la máquina sincrónica comienza a actuar como motor. Una vez completa el emparejamiento, el motor sincrónico se puede cargar de manera normal.

1.4.5. ARRANQUE DEL MOTOR UTILIZANDO DEVANADOS DE AMORTIGUACIÓN.

Definitivamente la técnica más popular para el arranque de motores sincrónicos es emplear devanados de amortiguación o devanados amortiguadores. Estos devanados son barras especiales dispuestas en ranuras labradas en la cara del rotor del motor sincrónico y cortocircuitadas en cada extremo por un gran anillo de cortocircuitado.

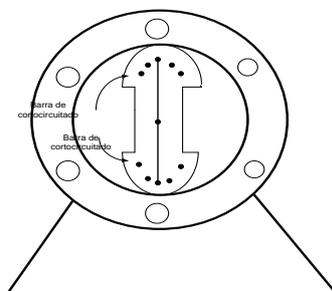


Fig. 1.20. Diagrama simplificado de una máquina de dos polos salientes que muestra los devanados de amortiguación (STEPHEN J Chapman, Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, pag.375)

1.5. MOTORES DE INDUCCIÓN.

Una máquina que sólo los devanados de amortiguación es llamado máquina de inducción porque el voltaje del rotor (que produce la corriente y el campo magnético del rotor) es inducido en los devanados del rotor en lugar de estar físicamente conectado a través de alambres. La característica distintiva de un motor de inducción es que no requiere corriente de campo d-c para operar la máquina.

1.5.1. CONSTRUCCIÓN DEL MOTOR DE INDUCCIÓN.

Un motor de inducción tiene físicamente el mismo estator que una máquina sincrónica, pero la construcción del rotor es diferente. Hay dos tipos diferentes de rotores que puede disponerse dentro del estator del motor de inducción. Uno de ellos se llama rotor de jaula de ardilla o simplemente rotor de jaula, mientras que el otro es llamado rotor devanado. El rotor del motor de inducción de jaula de ardilla consiste en una serie de barras o conductores dispuestas entre ranuras labradas en la cara del rotor y cortocircuitadas en cada extremo por anillos de cortocircuitado. Este diseño hace referencia a un rotor jaula de ardilla debido a que los conductores examinados en sí mismos se parecerían a los de las ruedas de ejercicio de las ardillas o los hamsters.

El otro tipo de rotor es el rotor devanado. Un rotor devanado tiene un grupo completo de devanados trifásicos que son las imágenes especulares de los devanados del estator. Las fases de los devanados del rotor están conectados usualmente en Y, y los extremos de los tres alambres del rotor están unidos a anillos rozantes dispuestos sobre el eje del rotor. Los devanados del rotor están cortocircuitados a través de escobillas montadas en los anillos rozantes. En los motores de inducción de rotor devanado, sus corrientes rotóricas son

accesibles en las escobillas del estator, donde pueden ser examinadas y donde se puede insertar resistencia extra al circuito del rotor.

1.5.2. DESARROLLO DEL PAR INDUCIDO EN UN MOTOR DE INDUCCIÓN.

La figura 1.21. Muestra un motor de inducción de jaula de ardilla. Al aplicar un conjunto trifásico de voltajes, un conjunto trifásico de corrientes estatóricas que produce un campo magnético B_s que rota en dirección contraria a las manecillas del reloj. La velocidad de rotación del campo magnético esta dado por:

$$n_{\text{Sinc}} = 120 f_e / P$$

Donde f_e es la frecuencia del sistema, en hertz, y P es el número de polos de la máquina. Este campo magnético rotacional B_s pasa sobre la barra determinada del rotor está dado por la ecuación:

$$e_{\text{ind}} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

Donde \mathbf{v} = velocidad de la barra, relativa al campo magnético.

\mathbf{B} = vector de densidad de flujo magnético

\mathbf{l} = longitud del conductor en el campo magnético

El movimiento relativo del rotor con respecto al campo magnético del estator produce voltaje inducido en una barra del rotor. La velocidad de las barras de la parte superior del rotor, con relación al campo magnético, tiende hacia la derecha de modo que el voltaje inducido en las barras superiores tiende hacia fuera de la página, mientras que el voltaje inducido en las barras superiores, y hacia dentro en las inferiores. Sin embargo, puesto que el conjunto del rotor es inductivo, la corriente pico del rotor queda en atraso con relación al

voltaje pico del rotor (figura 1.21 b). El flujo de corriente del rotor produce un campo magnético del rotor B_R finalmente, puesto que el par inducido en la máquina está dado por la dirección del par resultante va en sentido contrario a las manecillas del reloj. Puesto que la dirección del par inducido en el rotor va en sentido contrario a las manecillas del reloj, el rotor se acelera en esa dirección.

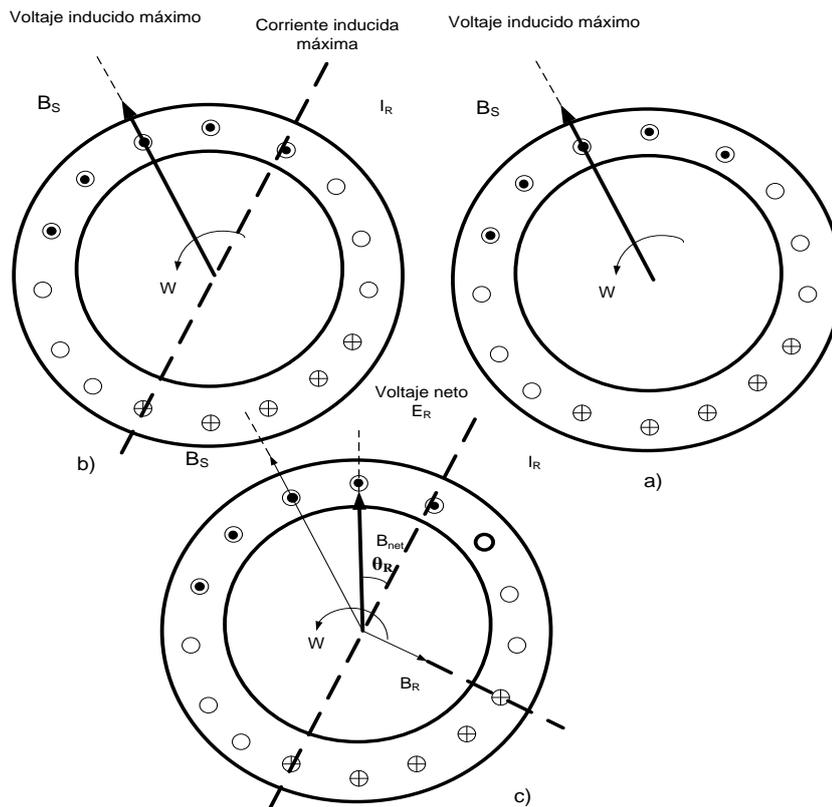


Fig.1.21. Desarrollo del par inducido en un motor de inducción. a) El campo rotacional del estator B_S induce voltaje en las barras del rotor; b) el voltaje del rotor produce flujo de corriente en el rotor que atrasa el voltaje debido a la inductancia del mismo; c) la corriente del rotor produce un campo magnético en el rotor B_R que está a 90° detrás de ella, y B_R interactúa con B_{net} para producir en la máquina un par en sentido contrario a las manecillas del reloj. (STEPHEN J Chapman, Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, pag.392)

1.5.3. CONCEPTO DE DESLIZAMIENTO DEL ROTOR.

El par inducido en una barra del rotor de un motor de inducción depende de la velocidad del rotor con respecto a los campos magnéticos. Puesto que el comportamiento de un motor de inducción depende del voltaje y la corriente del rotor, con frecuencia es más lógico hablar de su velocidad relativa. En general se utilizan dos términos para definir el movimiento relativo entre el rotor y los campos magnéticos. Uno de ellos es la velocidad de deslizamiento, definida como la diferencia entre la velocidad sincrónica y la velocidad del rotor:

$$n_{des} = n_{sinc} - n_m$$

n_{des} = velocidad de deslizamiento de la máquina

n_{sinc} = velocidad de los campos magnéticos

n_m = velocidad mecánica del eje del motor

El otro término utilizado para describir el movimiento relativo es el deslizamiento, el cual es la velocidad relativa expresada sobre una base en por unidad o en porcentaje. El deslizamiento está definido como

$$s = n_{des}/n_{sinc} (x 100 \%)$$

$$s = (n_{des} - n_m)/n_{sinc} (x 100\%)$$

Esta ecuación también puede expresarse en términos de la velocidad angular ω (radianes por segundo) como

$$s = (\omega_{des} - \omega_m)/\omega_{sinc} (x 100 \%)$$

Nótese que si el rotor gira a la velocidad sincrónica, $s=0$, mientras que si el rotor está estacionario, $s=1$. Todas las velocidades normales de los motores caen dentro de estos límites. Es posible expresar la velocidad mecánica del eje del rotor en términos de la velocidad sincrónica y el deslizamiento. Para la velocidad mecánica se obtiene

$$n_m = (1-s)n_{sinc}$$

$$\omega_m = (1-s)\omega_{sinc}$$

Estas ecuaciones son útiles en la deducción del par del motor de inducción y en las relaciones de potencia.

1.5.4. FRECUENCIA ELÉCTRICA EN EL MOTOR.

Un motor de inducción trabaja induciendo tensiones y corrientes en el rotor de la máquina; por esa razón, a veces se le llama transformador rotante. Como transformador, el primario (estator) induce un voltaje en el secundario (rotor) pero, a diferencia del transformador, la frecuencia secundaria no es necesariamente la misma que la frecuencia primaria.

Si el rotor de un motor está bloqueado tal que no puede moverse, el rotor tendrá la misma frecuencia que el estator. Por el contrario, si el rotor gira a velocidad sincrónica, la frecuencia del rotor será cero. ¿Cuál será la frecuencia del rotor a una velocidad arbitraria de rotación?

A $n_m = 0$ r/min, la frecuencia del rotor es $f_r = f_e$, y el deslizamiento $s = 1$. A $n_m = n_{sinc}$ la frecuencia del rotor es $f_r = 0$ Hz y el deslizamiento es $s = 0$. Para cualquier velocidad intermedia, la frecuencia del rotor es directamente proporcional a la diferencia entre la velocidad del campo magnético n_{sinc} y la velocidad del rotor n_m . puesto que el deslizamiento del rotor está definido como $s = \frac{n_{sinc} - n_m}{n_{sinc}}$

La frecuencia del rotor puede ser expresado como $f_r = s f_e$

Existen varias formas alternativas útiles de esta expresión. Una de las expresiones más comunes se obtiene sustituyendo de ecuación del deslizamiento en la ecuación y sustituyéndola luego por n_{sinc} en el denominador de la expresión.

$$f_r = n_{sinc} - n_m / n_{sinc} f_e$$

Pero, $n_{sinc} = 120 f_e / P$ tal que

$$f_r = (n_{sinc} - n_m) P / n_{sinc} f_e \times f_e$$

Entonces

$$f_r = P / 120 (n_{sinc} - n_m / n_{sinc})$$

1.6. MOTOR ELÉCTRICO⁷.

Los motores están constituidos por dos partes principales:

- El estator (parte estacionaria)
- El rotor (parte rotatoria)

El diseño y fabricación de estos componentes dependen de la clasificación y está relacionado con las características del motor. Los motores eléctricos operan bajo el principio de que un conductor colocado dentro de un campo magnético experimenta una fuerza cuando una corriente circula por el mismo.

⁷ STEPHEN J Chapman, Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, pag.351,352,370,371,372,373,374,387,389,391,393,394

La magnitud de la fuerza varía directamente con la intensidad del campo magnético y la magnitud de la corriente que circula en el conductor, de acuerdo con la expresión:

$$F = ILB$$

Donde:

F = fuerza en Newton.

I = corriente en amperes

L = longitud del conductor

B = flujo magnético (weber/m²)

En general, el rotor de un motor eléctrico queda dentro del campo magnético creado por el estator. Se induce una corriente dentro del rotor y la fuerza resultante (y por lo tanto el par) produce la rotación.

1.6.1. POTENCIA Y PAR DE UN MOTOR ELÉCTRICO.

La potencia mecánica de los motores se expresan, ya sea en caballo de fuerza (HP) o kilowatts. La relación entre estas cantidades se da por medio de la expresión:

$$HP = \text{kilowatts} / 0.746 = 746 \text{ watts}$$

Estas medidas cuantifican la cantidad de trabajo que un motor es capaz de desarrollar en un periodo específico de tiempo.

Dos factores importantes que determinan la potencia mecánica de salida en los motores son: el par y la velocidad.

El par es una medida de la fuerza que tiende a producir la rotación. Se mide en libra-pie o newton-metro. La velocidad del motor se establece comúnmente en revoluciones por minutos (RPM), la relación entre la potencia, el par y la velocidad se da con la expresión:

$$HP = \text{velocidad (RPM)} \times \text{par (lb-pie)} / 5.252.$$

Se observa que a menor velocidad de operación del motor, es mayor el par que debe desarrollar para entregar la potencia de salida para soportar un par grande. Los motores de baja velocidad necesitan componentes más robustas que aquellos que operan a alta velocidad para la misma potencia nominal. Los motores lento son generalmente más grandes, pesados y más caros que los motores de alta revoluciones, para una potencia equivalente.

1.6.2. CARACTERÍSTICA PAR VELOCIDAD DE LOS MOTORES.

La cantidad del par producido por un motor varía generalmente con la velocidad. Las características par velocidad dependen del tipo y diseño del motor. Se muestran frecuentemente con una gráfica como la mostrada en la figura:

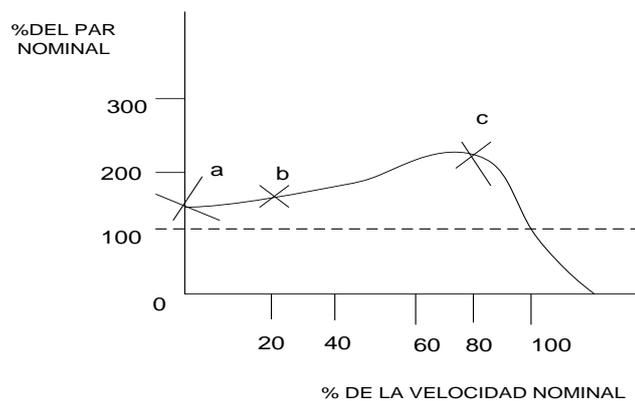


Fig. 1.22. Curva típica par- velocidad (STEPHEN J Chapman, Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, pag.393)

Algunos factores importantes indicados por la gráfica son las siguientes:

- a) Par de arranque, es el par producido a velocidad cero.
- b) Par de levantamiento, el mínimo par producido durante la aceleración del reposo a la velocidad de operación.
- c) Par de ruptura, el máximo par en el motor puede producir antes de la caída.

1.6.3. MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA (C.A.).

Una característica común de todos los motores de C.A. es un campo magnético rotatorio producido por el devanado del estator. Este concepto puede ser ilustrado para los motores trifásicos, considerando tres bobinas localizadas a 120° , cada bobina está conectada a una fase de una alimentación trifásica.

1.6.4. MOTOR MONOFÁSICO DE CORRIENTE ALTERNA.

Este tipo de motor de inducción, cuando están en operación, desarrollan un campo magnético rotatorio, pero antes de que el rotor inicie la rotación, el estator produce sólo un campo estacionario pulsante.

Para producir un campo rotatorio y, por lo tanto, un par de arranque, se debe tener un devanado auxiliar desfasado 90° con respecto al devanado principal. Una vez que el motor ha arrancado, el devanado auxiliar se remueve del circuito. Estos motores han sido perfeccionados a través de los años, a partir del tipo original de repulsión, en varias tipos mejorados entre los cuales se tiene el que va hacer utilizado en la construcción de la lijadora eléctrica.

1.6.5. MOTOR DE ARRANQUE CON CAPACITOR.

El motor de arranque con capacitor está equipado con devanado de arranque y devanado de trabajo, pero el motor tiene un condensador (capacitor) que permite tener un mayor par de

arranque, el capacitor se conecta en serie con el devanado de arranque y el switch centrifugo.

La corriente en el devanado de arranque que es liberada por el capacitor se adelanta al voltaje en el devanado de trabajo, obteniendo de esta manera un desplazamiento angular mayor entre los devanados. Lo que proporciona un incremento en el par de arranque del motor. Para tener una idea de la magnitud de dicho par; un motor de fase partida con capacitor, tiene un par dos veces mayor que el motor de fase partida sin capacitor.

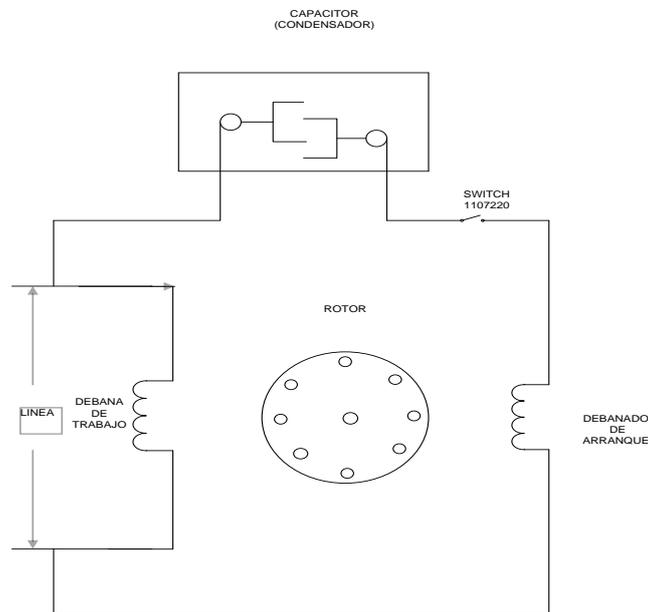


Fig. 1.23. Diagrama esquemático de los devanados de un motor de C.A. monofásico de arranque con capacitor (STEPHEN J Chapman, Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, pag.394)

El par de arranque en un motor de arranque con capacitor está producido por un campo magnético rotatorio que se establece dentro del motor. Este campo magnético relocaliza al devanado de arranque a 90^0 eléctricos, desfasados con respecto al devanado de trabajo, lo que hace que la corriente en el devanado de arranque se adelanta a la del devanado de trabajo. Esta condición produce un campo magnético giratorio en el estator, el cual a su vez induce una corriente en el devanado del rotor efectuado así la rotación del mismo.



Fig.1.24. Aspecto de motor de arranque con capacitor (foto de Eddy Vera)

1.7. ARRANQUE DEL MOTOR A VOLTAJE PLENO.

Uno de los métodos más sencillos de arranque a voltaje pleno, es el de llamado interruptor de acción rápida, que básicamente tiene dos posiciones: “cerrado” y “abierto”; en este tipo de arrancador, el motor se conecta directamente a través de la línea durante el arranque, lo cual es válido para motores monofásicos pequeños, hasta de 1HP.

El arranque del motor a voltaje pleno generalmente se hace por medio de arrancadores manuales, que están definidos por: su capacidad en HP, el número de polos, el voltaje y el número de fases. Las ventajas de usar arrancadores manuales son su bajo costo, que son mecánicamente sencillos y de operación silenciosa. De acuerdo con las normas, los arrancadores manuales para motores se deben montar en una caja como protector. El switch de arranque debe estar físicamente localizado cerca del motor y del circuito de control.

Los arrancadores manuales se pueden clasificar como sigue:

- Arrancadores manuales de HP fraccionarios. Estos se usan para controlar motores monofásicos de 1 HP o menores en 115 o 220 volts. Tienen un sensor técnico que abre los contactos del arrancador. Cuando detecta alta corriente, se provee de una

protección contra sobre carga. El relevador de sobrecarga se debe establecer manualmente antes que los contactos se puedan a volver a cerrar.

- El arrancador manual con switch o estación de botones de arranque-par, ya sea para motores monofásicos o trifásicos, no requiere protección de sobrecarga. En forma típica, los switches manuales se usan para controlar cargas distintas a motores.
- Los arrancadores manuales integrales de HP controlan motores de dos o tres fases, con potencias de 10 o menores, o bien motores monofásicos hasta de 5 HP. En la versión trifásica, se requiere de un relevador de sobrecarga con tres sensores de sobrecarga, un sensor para cada una de las fases.



Fig. 1.25. Switch arrancador utilizado en el motor eléctrico (foto de Eddy Vera)

1.8. ESTRUCTURAS METÁLICAS⁸.

Es un cuerpo capaz de resistir fuerzas aplicadas sin exceder un límite aceptable de deformación de una parte con respecto a otra. Los diseñadores de elemento estructurales se dedican al estudio y comportamiento de estructuras tales como edificios, puentes, presas, aviones y barcos. Los principios estructurales fundamentales que rigen el diseño de estas estructuras permanecen iguales. La principal diferencia está en la naturaleza de las fuerzas

⁸ P.Bhatt y H.M.Nelson, Estructuras, págs. 1,3,4,5,6,7,8,10,11,12,17,21,24

que la estructura tiene que resistir. Por ejemplo, la estructura de un edificio tiene que resistir la gravedad y la carga del viento, mientras que la estructura de un puente tiene que resistir básicamente cargas vehiculares; una presa tiene que resistir las cargas que resulta de la presión del agua y la gravedad; la estructura de un barco tiene que resistir fuerzas hidrodinámicas cargas vehiculares; y la estructura de un avión, por otra parte, tiene que resistir fuerzas aerodinámicas y así sucesivamente. Con el paso de los siglos han evolucionado diferentes formas estructurales para diferentes tipos de estructuras. Por ejemplo, la estructura de un edificio tiene esencialmente vigas y columnas para resistir las cargas aplicadas, la estructura de un puente, por otra parte, puede construirse con vigas, arcos, cables, etc. Todas las estructuras son un conjunto de elementos básicos, algunos de los cuales se muestran en las figuras. 1.26, 1.27.Δ

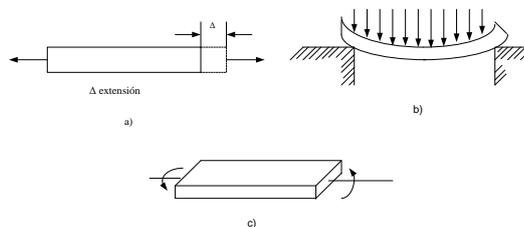


Fig.1.26. Elementos de línea: a) barra b) viga c) eje, (P.Bhatt y H.M.Nelson, Estructuras, pag. 1)

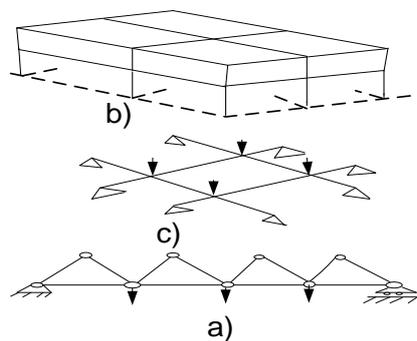


Fig.1.27. Distintos tipos de estructuras esqueléticas: a) puente con articulaciones unidas con pernos b) marco de edificio con uniones rígidas c) de retícula plana para estructura de techo(P.Bhatt y H.M.Nelson, Estructuras, pag. 1).

1.8.1. TIPOS DE UNIONES EN UNA ESTRUCTURA.

Las estructuras se ensamblan uniendo los elementos en las intersecciones de los mismos. En el caso de estructuras de acero, los elementos se unen con soldadura o pernos. Comúnmente se emplean dos tipos de uniones: la unión rígida y la unión con pernos. La primera de ellas mantiene el ángulo relativo entre miembros mientras que la segunda permite cambio en el ángulo entre los elementos, respectivamente. Las uniones ideales con pernos casi no se usan, pero para simplificar el cálculo de fuerzas, es frecuente que se suponga que la unión es con pernos.

Las uniones se usan no solo para conectar otros elementos sino también para unir la estructura a su cimentación; para este propósito se emplean diversos tipos de uniones. Los tipos ideales de uniones de apoyo se clasifican como apoyo con pernos o articulado, apoyo con rodillo y apoyo fijo. Como el tipo de conexión de apoyo que se emplea determina el tipo de carga que la unión puede resistir, es útil catalogar las uniones y los tipos de fuerza que puede resistir.

Apoyo de rodillo.- Un apoyo de rodillo resiste sólo el movimiento vertical, pero permite movimiento horizontal y de restricciones. Por lo tanto, en un apoyo de rodillo la única fuerza que actúa es vertical. En la figura siguiente (fig.1.27) se ilustra un ejemplo sencillo de una viga sobre un apoyo de rodillo, en donde un extremo de la viga simplemente se apoya sobre una barra redonda.

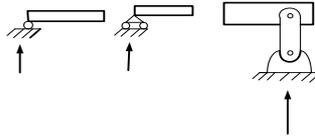


Fig. 1.28. Representación esquemática de un apoyo con rodillo (P.Bhatt y H.M.Nelson, Estructuras, pag. 4).

Apoyo articulado o con pernos.- Un apoyo con pernos resiste apoyos horizontales y verticales, pero también permite movimiento de rotación sin restricciones. Por lo tanto un apoyo articulado, las fuerzas que actúan son una fuerza vertical y una horizontal. En la figura (fig.1.28) siguiente se ilustra un ejemplo sencillo de una viga que descansa en un apoyo con perno.

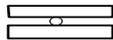


Fig. 1. 29. Apoyo real de rodillos (P.Bhatt y H.M.Nelson, Estructuras, pago. 4).

Apoyo fijo.- En la práctica esto se logra al conectar el elemento a una cimentación fuerte. Resiste movimiento horizontales, verticales y de rotación. Por lo tanto, en un apoyo fijo, las fuerzas que actúan son una fuerza vertical, una fuerza horizontal y un par.



Fig. 1. 30. Representación esquemática y real de un soporte fijo o empotrado (P.Bhatt y

H.M.Nelson, Estructuras, pag. 4).

1.8.2. ESTÁTICA.

Una estructura viable, ensamblada a partir de elementos (de una, dos o tres dimensiones, según sea el caso) y conectada por uniones (con pernos, rígidas, etc.) y debidamente apoyada, debe satisfacer dos importantes criterios: tener capacidad para resistir las fuerzas aplicadas sin que la estructura

- Falle
- Sufra deformación excesiva.

Para diseñar estructuras que hagan esto, el primer paso es comprender las leyes que gobiernan las fuerzas. Este campo recibe el nombre de estática. La estática se define como el estudio de cuerpos sujetos a fuerzas estando en reposo o en movimiento en línea recta a una velocidad constante. Se dice que tales cuerpos están en equilibrio. En la práctica, la estática se ocupa principalmente de cuerpos en reposo. Los “cuerpos” que se estudian en ingeniería estructural son edificios, puentes, presas, aviones, barcos, vehículos espaciales, etc. La ciencia de la estática está basada en las famosas leyes del movimiento debidas a Isaac Newton.

1.8.2.1. LEYES DE NEWTON.

Hay tres importantes leyes respecto al movimiento de cuerpos sujetos a fuerzas. Estas son:

Primera ley (ley del equilibrio).- Todo cuerpo en estado de reposo o de movimiento en línea recta a velocidad uniforme, continua en este estado a menos que se le aplique fuerzas externas.

Segunda ley (definición de fuerzas).- El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza aplicada y tiene lugar en la dirección de la fuerza aplicada matemáticamente se expresa como:

$$F = Ma$$

Donde F= Fuerza, M=masa de la partícula y a=aceleración de la partícula causada por la fuerza.

Tercera ley (acción y reacción).- Una reacción es siempre igual y opuesta a toda acción. Es decir, las acciones mutuas de dos cuerpos son siempre iguales y directamente opuestas.

1.8.2.2. CONCEPTO DE FUERZA.

La acción de un cuerpo que tiende a moverse por ejemplo al empujarlo o tirar de él, se denomina fuerza. En el campo de ingeniería estructural una de las principales fuerzas es el peso que surge de un material por la gravedad. Las principales características que describen una fuerza son:

- Magnitud
- Dirección
- Punto de aplicación

La longitud de la recta representa, en alguna escala, la magnitud de la fuerza y, la dirección de la flecha, denota la dirección de la fuerza. Las cantidades que se necesitan para describir tanto magnitud como dirección se denominan vectores. Una fuerza es un vector. La unidad básica de fuerza se denomina newton. Un newton es la fuerza necesaria para producir una aceleración de un metro por segundo a una masa de 1 kilogramo. El peso de un cuerpo se origina por la atracción gravitatoria terrestre en el cuerpo. El valor de la aceleración debida a la atracción gravitatorio suele denotarse por g . Entonces, un cuerpo de masa M tiene un peso W y los dos están relacionados por g , la aceleración debida a la gravedad. Esto se expresa matemáticamente como:

$$W = Mg$$

En unidades del sistema internacional (SI), $g = 9.807$ metros por segundo por segundo ($m\ s^{-2}$) en la tierra.

En ingeniería estructural la magnitud de una fuerza normalmente se expresa en términos de kilonewton, o kN, para abreviar.

1.8.2.3. DESCOMPOSICIÓN DE UNA FUERZA EN SUS COMPONENTES.

Considere una fuerza F cuya dirección es a lo largo de una línea inclinada a un ángulo θ respecto al eje x , como se muestra en la figura (fig. 1.30). La dirección positiva de θ es mínimo ángulo medido en la dirección contraria al giro de las manecillas del reloj, desde el eje positivo de las x a la recta de acción de la fuerza. Debida al hecho que la fuerza es un vector, el efecto de la fuerza F sobre el cuerpo es igual que la aplicación de dos fuerzas F_x y F_y que actúan a lo largo de los ejes x e y , respectivamente, como en la figura (fig. 1.30) las magnitudes de F_x y F_y están dadas por:

$$F_x = F \cos \theta \text{ y } F_y = F \sin \theta$$

Las fuerzas F_x y F_y se denominan componentes de F a lo largo de los ejes x e y respectivamente. Nótese que:

$$F_x^2 + F_y^2 = F^2 \cos^2 \theta + F^2 \sin^2 \theta = F^2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta)$$

$$\text{Pero } \cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1$$

$$\text{Por lo tanto } F_x^2 + F_y^2 = F^2$$

$$\tan \theta = F_x / F_y$$

$$F = ((F_x^2 + F_y^2))^{1/2} \text{ y } \theta = \tan^{-1}(F_x / F_y)$$

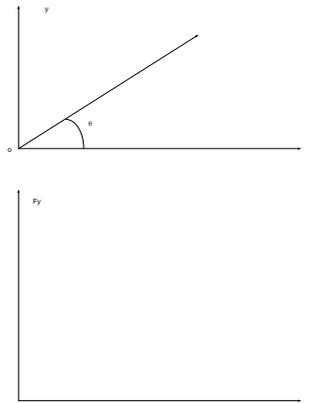


Fig.1.31. Representación de una fuerza y sus componentes (P.Bhatt y H.M.Nelson, Estructuras, pág. 6).

1.8.2.4. SISTEMAS DE FUERZAS CONCURRENTES.

Un conjunto de fuerzas tratado como un solo grupo se denomina sistema de fuerzas. Se dice que un sistema es concurrente si las rectas de acción de todas las fuerzas se encuentran en un punto. La figura (fig. 1.31a) es un de un sistema actúan sobre el mismo punto. Es importante apreciar que no todas las fuerzas actúan necesariamente en el mismo punto, la

figura (fig. 1.31b) es un ejemplo de un sistema de fuerzas concurrentes en donde, aunque las fuerzas actúan en puntos diferentes del cuerpo, sus rectas de acción, cuando se prolongan, se encuentran en un solo punto, las fuerzas concurrentes se pueden considerar si las fuerzas actúan o no sobre el mismo punto, las fuerzas concurrentes se pueden considerar como equivalentes a una sola fuerza que actúa en el punto en el punto común de intersección. Esta fuerza recibe el nombre de R y de la fuerza resultante son la suma algebraica de los correspondientes componentes debidos a las fuerzas individuales.

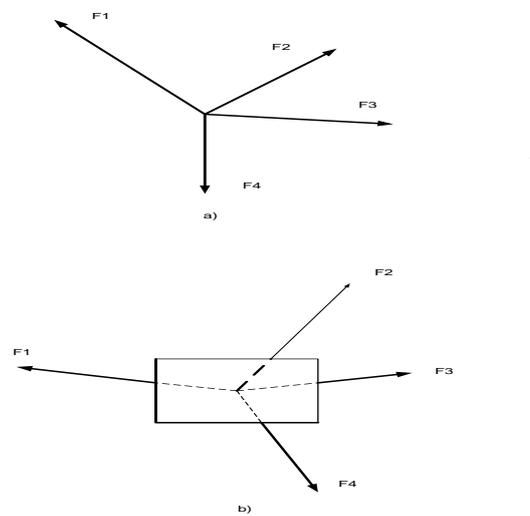


Fig.1.32. Sistema de fuerzas concurrentes (P.Bhatt y H.M.Nelson, Estructuras, pág. 8).

1.8.2.5. EQUILIBRIO DE SISTEMA DE FUERZAS CONCURRENTES.

La primera ley de Newton del movimiento expresa que una partícula está en equilibrio, si no esta sometida a la acción una fuerza resultante es cero, entonces el cuerpo no puede acelerar y está en equilibrio. Este importante hecho se puede utilizar para resolver muchos interesantes problemas en el campo de los sistemas de fuerzas concurrentes. Merece la pena repetir que para que una fuerza resultante sea cero, entonces ambos componentes, x e y , deben ser cero.

1.8.2.6. CONCEPTO DE UN CUERPO LIBRE.

La idea importante es que si un cuerpo está en equilibrio, entonces cualquier parte aislada del resto del cuerpo también está en equilibrio mientras todas las fuerzas que actúen sobre esa porción, incluyendo cualesquiera fuerzas de interacción entre esa porción y el resto del cuerpo, están incluidas.

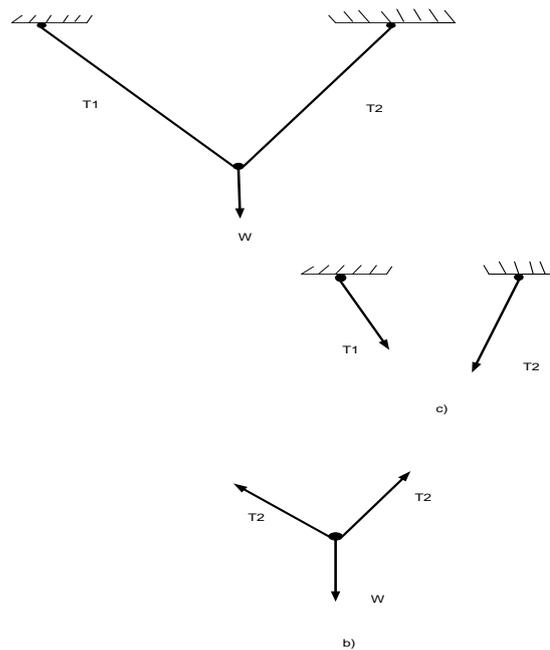


Fig.1.33. Diagrama de cuerpo libre (P.Bhatt y H.M.Nelson, Estructuras, pág. 11)

Sea T_1 y T_2 la tensión en las cuerdas. Imagine las partículas aislada de los apoyos pero con todas las fuerzas actuando sobre ella, como se muestra en la figura (fign1.32b). Claramente, las fuerzas que actúan sobre las partículas son su peso W y las tensiones T_1 y T_2 . Estas tres fuerzas deben mantener la partícula en equilibrio. Nótese que las tensiones de las cuerdas “tiran hacia arriba”, pero, si se considera el cuerpo libre para las regiones de apoyo (fig. 1.32c), entonces las tensiones de las cuerdas “tiran hacia abajo”. Como

claramente se puede ver, debido a la tercera ley de Newton del movimiento, “acción y reacción son iguales opuestos”.

1.8.2.7. CONCEPTO DE MOMENTO.

Considere una fuerza F que actúa sobre una partícula y sobre una rueda cuyo eje está en A (fig. 1.33a) y b). La acción de la fuerza sobre la partícula es hacerla desplazarse en la dirección de la fuerza, pero la acción de la fuerza sobre la rueda es hacerla girar alrededor del eje. Claramente, si la fuerza actúa sobre el eje mismo, entonces la fuerza no puede ocasionar ninguna rotación. Este sencillo ejemplo muestra que la capacidad de una fuerza para producir rotación depende no solo de la magnitud de la fuerza, si no también de la distancia que la fuerza actúa desde el eje alrededor del cual está siendo considerada la rotación. Como de muestra en la figura (fig. 1.33c), hay evidentemente un número infinito de distancia desde el eje de rotación a la fuerza la pregunta importante es cual distancia debe utilizarse para evaluar el potencial de la fuerza para producir rotación. La pregunta se puede contestar si se considera el caso de una llave que aprieta un tornillo, como se muestra en la figura (fig.1. 33d). Es evidente que si la fuerza se aplica a lo largo de toda la llave entonces no se produce rotación. Para máximo efecto de apriete, la fuerza debe ser aplicada en una dirección tal que el componente de la fuerza que actúa a lo largo de la llave que sea ineficaz, sea cero. En otra palabra la fuerza debe trabajar en perpendicular a la longitud de la llave. Este sencillo ejemplo demuestra el hecho de que la distancia a utilizarse sea la distancia perpendicular desde el eje de rotación la recta de acción de la fuerza.

El momento M de una fuerza F , que es una medida de su potencial para producir rotación, se define como $M = Fd$, el producto de la fuerza F y la distancia perpendicular d desde el eje de rotación a la recta de acción de la fuerza.

La distancia (d) se conoce normalmente como brazo de palanca no brazo de momento la magnitud del momento del momento esta dada por Fd . Como el momento es el producto de una fuerza (normalmente dada en kN) y una distancia (normalmente dada en metro), un momento se expresa en unidades de kilonewton metros o kN, para abreviar.

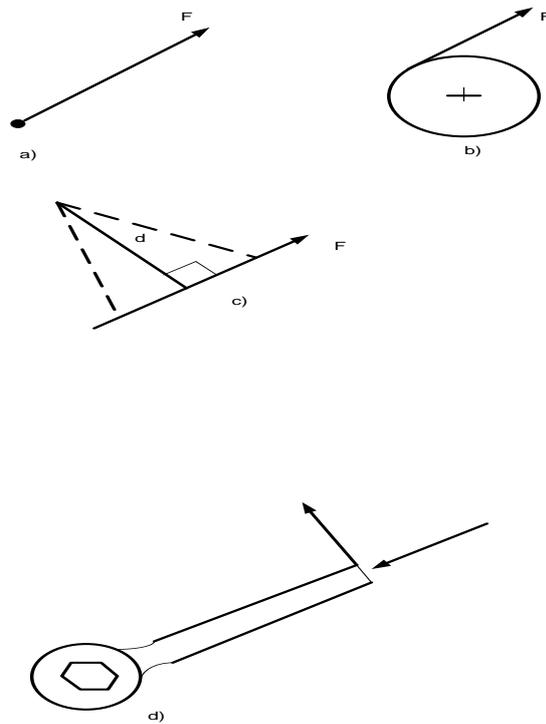


Fig.1.34. fuerza que actúa en diferentes posiciones en una rueda y brazo de palanca de una fuerza (P.Bhatt y H.M.Nelson, Estructuras, pág. 11)

1.8.2.8. PARES.

Un par se define como un par de fuerzas paralelas iguales opuestas separadas una distancia d . la figura (fig. 1. 34) muestra dicho sistema. Una propiedad importante de un par, es que a demás del hecho de que la fuerza resultante es cero, la magnitud del momento del par alrededor de cualquier eje es una constante y es igual Fd , lo cual se puede demostrar fácilmente. Considerando el par que se ilustra en la figura (fig. 1 .34) tomando momentos de las fuerzas alrededor del punto A,

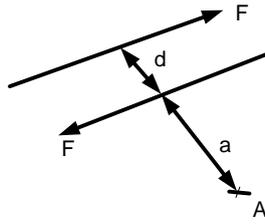


Fig.1.35. Ejemplo de par (P.Bhatt y H.M.Nelson, Estructuras, pág. 20)

$$M = Fa - F(a+d) = -Fd$$

En otras palabras, la magnitud del par es Fd cualquiera que sea el valor de a , definiendo la posición del eje alrededor del cual se requiere el momento del par.

1.8.2.9. CARGAS DISTRIBUIDAS.

El peso propio de viga no está concentrado en un punto sino que está distribuido en toda su longitud. Si el peso total de la viga es 100 kN y su longitud es 20 m, entonces decimos que el peso propio de la viga es una carga uniformemente distribuida igual a $100/20 = 5$ kN por m (o kN m^{-1}), para abreviar de su longitud.

1.9. ESFUERZOS QUE SOPORTAN LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LAS ESTRUCTURAS⁹.

Al construir una estructura se necesita tanto un diseño adecuado como unos elementos que sean capaces de soportar las fuerzas, cargas y acciones a las que va a estar sometida. Los tipos de esfuerzos que deben soportar los diferentes elementos de las estructuras son:

⁹ www.ConstruAprende.com

Tracción. Hace que se separen entre sí las distintas partículas que componen una pieza, tendiendo a alargarla. Por ejemplo, cuando se cuelga de una cadena una lámpara, la cadena queda sometida a un esfuerzo de tracción, tendiendo a aumentar su longitud.

Compresión. Hace que se aproximen las diferentes partículas de un material, tendiendo a producir acortamientos o aplastamientos. Cuando nos sentamos en una silla, sometemos a las patas a un esfuerzo de compresión, con lo que tiende a disminuir su altura.

Cizallamiento o cortadura. Se produce cuando se aplican fuerzas perpendiculares a la pieza, haciendo que las partículas del material tiendan a resbalar o desplazarse las unas sobre las otras. Al cortar con unas tijeras un papel estamos provocando que unas partículas tiendan a deslizarse sobre otras. Los puntos sobre los que apoyan las vigas están sometidos a cizallamiento.

Flexión. Es una combinación de compresión y de tracción. Mientras que las fibras superiores de la pieza sometida a un esfuerzo de flexión se alargan, las inferiores se acortan, o viceversa. Al saltar en la tabla del trampolín de una piscina, la tabla se flexiona. También se flexiona un panel de una estantería cuando se carga de libros o la barra donde se cuelgan las perchas en los armarios.

Torsión. Las fuerzas de torsión son las que hacen que una pieza tienda a retorcerse sobre su eje central. Están sometidos a esfuerzos de torsión los ejes, las manivelas y los cigüeñales.

¿PARA QUÉ SIRVEN LAS ESTRUCTURAS?

La estructura que construye el hombre tiene una finalidad determinada, para la que ha sido pensada, diseñada y finalmente construida.

Podemos hacer un análisis en función de la necesidad que satisface:

Soportar peso: se engloban en este apartado aquellas estructuras cuyo fin principal es el de sostener cualquier otro elemento, son los pilares, las vigas, estanterías, torres, patas de una mesa, etc.

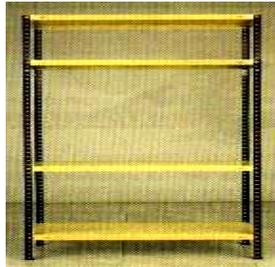


Fig.1.36. Estantería (www.ConstruAprende.com)

Salvar distancias: su principal función es la de esquivar un objeto, permitir el paso por una zona peligrosa o difícil, son los puentes, las grúas, teleféricos, etc.



Fig.1.37. Puente (www.ConstruAprende.com)

Proteger objetos: cuando son almacenados o transportados, como las cajas de embalajes, los cartones de huevos, cascós, etc.

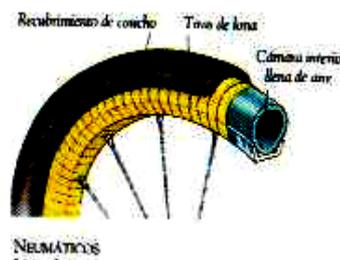


Fig. 1.38. Neumático (www.ConstruAprende.com)

Para dar rigidez a un elemento: son aquellos en que lo que se pretende proteger es el propio objeto, y no otro al que envuelve, por ejemplo en las puertas no macizas el enrejado interior, los cartones, etc.

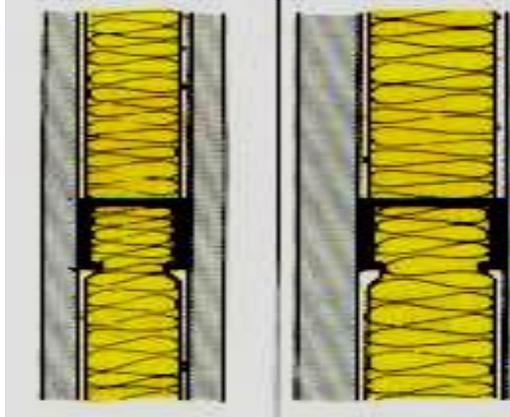


Fig. 1.39. Cartón (www.ConstruAprende.com)

1.9.1. PRINCIPALES TIPOS DE ESTRUCTURAS.

Se pueden realizar muchas clasificaciones de las estructuras, atendiendo a diferentes parámetros:

1.9.1.1. FUNCIÓN DE SU ORIGEN.

Naturales: como el esqueleto, el tronco de un árbol, los corales marinos, las estalagmitas y estalactitas, etc.



Fig. 1. 40. Caracol (www.ConstruAprende.com)

1.9.1.2. EN FUNCIÓN DE SU MOVILIDAD.

Móviles: serían todas aquellas que se pueden desplazar, que son articuladas. Como puede ser el esqueleto, un puente levadizo, una bisagra, una biela, una rueda, etc. Como ejemplo la estructura que sustenta un coche de caballos y un motor de combustión.



Fig. 1.41. Coche (www.ConstruAprende.com)

Fijas: aquellas que por el contrario no pueden sufrir desplazamientos, o estos son mínimos. Son por ejemplo los pilares, torretas, vigas, puentes. En función de su utilidad o situación se tiene:

Pilares.- Es una barra apoyada verticalmente, cuya función es la de soportar cargas o el peso de otras partes de la estructura. Los principales esfuerzos que soporta son de compresión y pandeo. También se le denomina poste, columna, etc. Los materiales de los que está construido son muy diversos, desde la madera al hormigón armado, pasando por el acero, ladrillos, mármol, etc. Suelen ser de forma geométrica regular (cuadrada o rectangular) y las columnas suelen ser de sección circular.

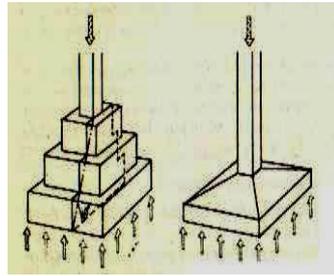


Fig. 1.42. Columna (www.ConstruAprende.com)

Vigas: es una pieza o barra horizontal, con una determinada forma en función del esfuerzo que soporta. Forma parte de los forjados de las construcciones. Están sometidas a esfuerzos de flexión.

Algunas vigas y viguetas formando parte de un forjado.

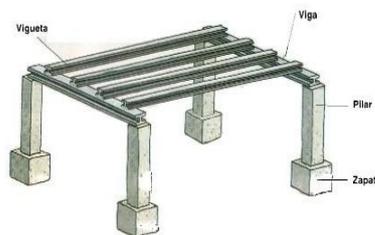


Fig. 1.43. Vigas (www.ConstruAprende.com)

Tirantes: es un elemento constructivo que está sometido principalmente a esfuerzos de tracción. Otras denominaciones que recibe según las aplicaciones son: riostra, cable, tornapunta y tensor. Algunos materiales que se usan para fabricarlos son cuerdas, cables de acero, cadenas, listones de madera.

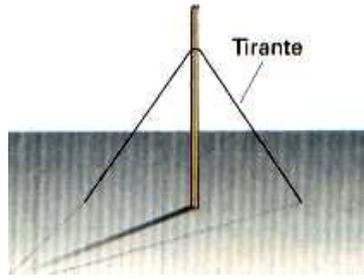


Fig. 1.44. Tirantes (www.ConstruAprende.com)

1.9.2. EQUILIBRIO.

Un objeto está en equilibrio, cuando la suma de todas las fuerzas que actúan sobre él es cero. La suma de los momentos de todas las fuerzas que actúan sobre el objeto debe ser igual a cero. Supongamos un volante, en el que hay aplicada dos fuerzas iguales y de sentido contrario, tal y como el de la fotografía.



Fig. 1.45. Polea (www.ConstruAprende.com)

Centro de gravedad: Cuando representamos la fuerza peso de un objeto, lo suponemos situado en un punto (el centro de gravedad), esto no es real, ya que el peso está distribuido por todo el espacio físico ocupado por el cuerpo. Definimos el centro de gravedad como ese punto característico en el que suponemos el total de la masa del objeto.

Para calcular experimentalmente el centro de gravedad de una superficie plana, se construye una plomada (con un hilo y un peso). A continuación se coloca la plomada en un punto del objeto, de manera que este cuelgue libre, se traza una línea. Se realiza el proceso desde otro punto. Las dos líneas trazadas, se cortan en un punto que es el centro de gravedad. Saber dónde se encuentra el centro de gravedad en una estructura es muy importante, ya que hará que esta sea estable o inestable.

Esta figura es estable, ya que la proyección centro de gravedad está dentro de su base, aunque al más mínimo movimiento se saldrá de él.



Fig. 1.46. Centro de gravedad (www.ConstruAprende.com)

Rigidez y elasticidad: podemos definir elasticidad como la propiedad que tienen los cuerpos para retornar a su forma inicial una vez ha sido suprimidas las fuerzas que ha provocado la deformación. La elasticidad depende del material, todos los materiales son más o menos elásticos. Un cuerpo con un elasticidad baja será rígido. Si sometemos a un material elástico a un determinado esfuerzo, de manera que este sobrepase un determinado valor (límite elástico), en primer lugar veremos que la deformación se ha convertido en permanente, pero si seguimos aplicando el esfuerzo, llegará un momento en que se produzca la rotura.

1.9.3. PERFILES.

Las barras que componen las estructuras se fabrican en diferentes formas, a la sección transversal perpendicular al eje longitudinal se le denomina perfil.

Dependiendo del material del que está construida la barra, la obtención de un determinado perfil se realizará por un procedimiento u otro.

En las barras metálicas los procesos más usados para la obtención de perfiles son:

- **Mediante un molde:** consiste en la fabricación de un molde (de acero, escayola, de cera etc.), sobre el que se vierte el material al que se le va a dar forma. Se utiliza por ejemplo para la fabricación de prefabricados de hormigón, fundiciones, etc.
- **Laminación:** consistente en hacer pasar al material base (acero, aluminio) por una serie de rodillos que irán poco a poco dándole la forma apropiada. Para facilitar el proceso, se calientan los metales, de forma que sean más maleables. Mediante la laminación se consiguen piezas como planchas, vigas, redondos, traviesas, etc.
- **Extrusión:** el metal extrusionado tiene que ser fácilmente maleable, de forma que se le empuja a través de un orificio que tiene la forma del perfil que queremos obtener.

1.9.3.1. FORMAS MÁS COMUNES DE PERFILES.

Pero no son las únicas, pues tenemos en el mercado una amplia variedad de perfiles, ángulos, platinas, chapas, etc.

A continuación se detalla algunos perfiles.

Perfil normal en forma de T: es muy usual en la construcción, se coloca con las alas hacia abajo, de manera que puedan apoyarse sobre él ladrillos, rasillones, y otros elementos constructivos.

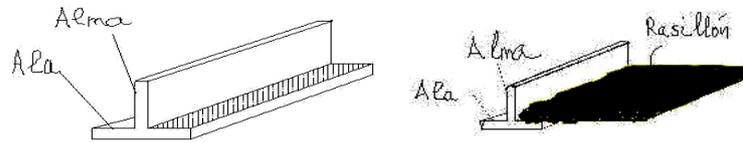


Fig. 1.47. Perfil en T (www.ConstruAprende.com)

Perfil en L o angular: es un perfil de forma que la sección es un ángulo recto. Se utiliza mucho en la construcción de estructuras metálicas, en la parte de cubiertas.

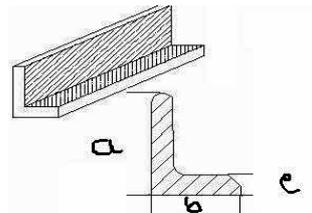


Fig. 1.48. Perfil en L (www.ConstruAprende.com)

Perfil en doble T: es el que se coloca en pilares. Trabaja también muy bien con esfuerzos de flexión. Es un perfil I (PN).

Perfil de ala ancha: es una viga en doble T, en la que la altura total es igual a la anchura de las alas.

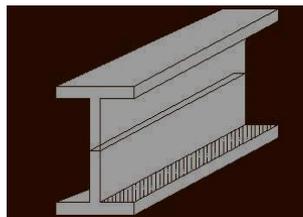


Fig. 1.49. Perfil en doble T (www.ConstruAprende.com)

Redondo: hierro, acero, cobre, de unas determinadas propiedades. Se utiliza en múltiples áreas de la construcción. En estructuras, ejes, etc.



Fig. 1.50. Perfil redondo (www.ConstruAprende.com)

Triangular.

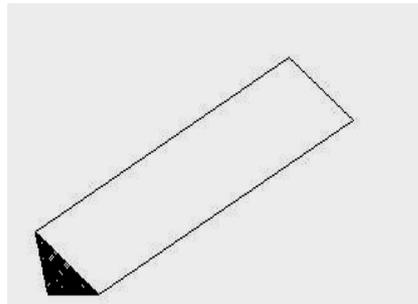


Fig. 1.51. Perfil triangular (www.ConstruAprende.com)

Cuadrado o rectangular.

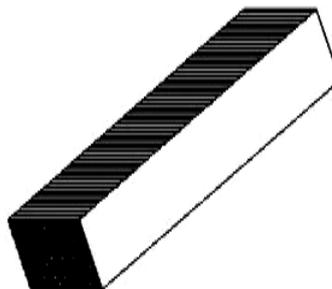


Fig. 1.52. Perfil cuadrado (www.ConstruAprende.com)

1.9.4. TRIANGULACIÓN DE ESTRUCTURAS.

Existen muchas estructuras que están formadas a base de triángulos unidos entre sí. Este tipo de estructuras, que adquieren una gran rigidez, tienen infinitas aplicaciones.



Fig. 1.53. Triangulación de un puente (www.ConstruAprende.com)

El triángulo es el único polígono que no se deforma cuando actúa sobre él una fuerza. Al aplicar una fuerza de compresión sobre uno cualquiera de los vértices de un triángulo formado por tres vigas, automáticamente las dos vigas que parten de dicho vértice quedan sometidas a dicha fuerza de compresión, mientras que la tercera quedará sometida a un esfuerzo de tracción. Cualquier otra forma geométrica que adopten los elementos de una estructura no será rígida o estable hasta que no se triángule.

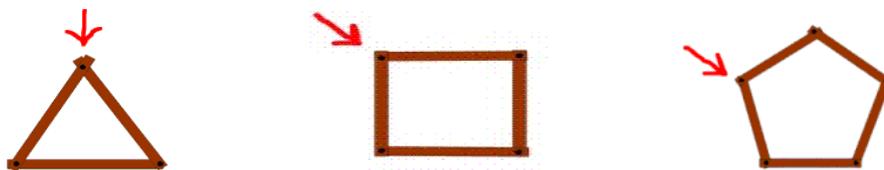


Fig. 1.54. Figura geométrica (www.ConstruAprende.com)

En este sentido, podemos observar cómo las estanterías metálicas desmontables llevan para su ensamblado unas escuadras o triángulos, que servirán como elemento estabilizador al atornillarse en los vértices correspondientes. Análogamente, en los andamios de la construcción se utilizan tirantes en forma de aspa, que triangulan la estructura global y le

confieren rigidez. A continuación puedes observar cómo se pueden convertir en estructuras rígidas un cuadrado y un pentágono.

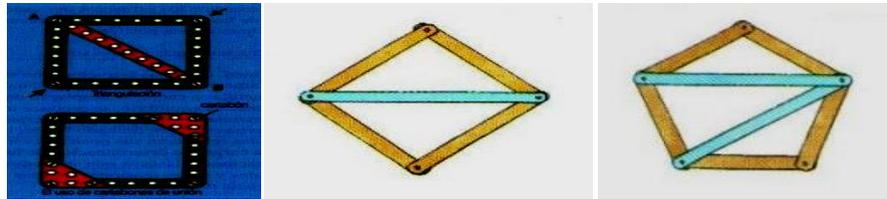


Fig. 1.55. Cuadrado y pentágono (www.ConstruAprende.com)

A base de triangulación se han conseguido vigas de una gran longitud y resistencia, que se llaman vigas reticuladas o arriostradas y que se emplean profusamente en la construcción de grandes edificaciones que necesitan amplias zonas voladas y sin pilares, así como en la de puentes de una gran luz.

1.9.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL.

1.9.5.1.VENTAJAS.

Alta resistencia: la alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas, lo cual es de gran importancia en la construcción de puentes, edificios altos y estructuras cimentadas en suelos blandos.

Homogeneidad: las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.

Elasticidad: el acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico (Ley de Hooke) hasta alcanzar esfuerzos considerables.

Precisión dimensional: los perfiles laminados están fabricados bajo estándares que permiten establecer de manera muy precisa las propiedades geométricas de la sección.

Ductilidad: el acero permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.

Tenacidad: el acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).

Facilidad de unión con otros miembros: el acero en perfiles se puede conectar fácilmente a través de remaches, tornillos o soldadura con otros perfiles.

Rapidez de montaje: la velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.

Disponibilidad de secciones y tamaños: el acero se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.

Costo de recuperación: las estructuras de acero de desecho, tienen un costo de recuperación en el peor de los casos como chatarra de acero.

Reciclable: el acero es un material 100 % reciclable además de ser degradable por lo que no contamina.

Permite ampliaciones fácilmente: el acero permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla.

Se pueden prefabricar estructuras: el acero permite realizar la mayor parte posible de una estructura en taller y la mínima en obra consiguiendo mayor exactitud.

1.9.6.2. DESVENTAJAS.

Corrosión: el acero expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre con esmaltes alquidáticos (primarios anticorrosivos) exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.

Calor, fuego: en el caso de incendios, el calor se propaga rápidamente por las estructuras haciendo disminuir su resistencia hasta alcanzar temperaturas donde el acero se comporta plásticamente, debiendo protegerse con recubrimientos aislantes del calor y del fuego (retardantes) como mortero, concreto, asbesto, etc.

Pandeo elástico: debido a su alta resistencia/peso el empleo de perfiles esbeltos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico, por lo que en ocasiones no son económicas las columnas de acero.

Fatiga: la resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas).

Resistencia de plastificación solamente para columnas cortas.

$$R_c = A_t F_y F_R$$

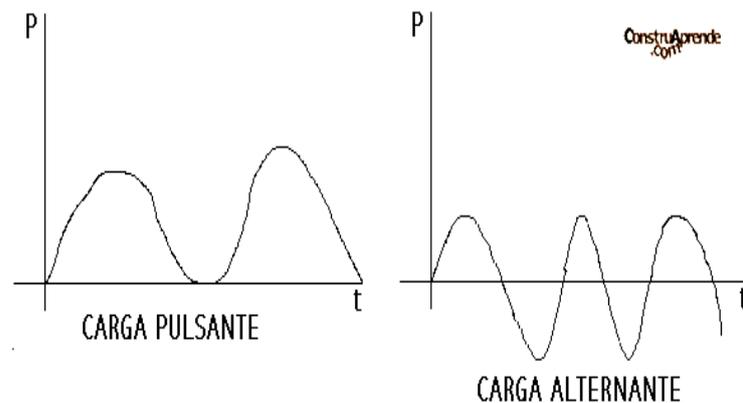


Fig. 1.56. Cargas pulsante y alternante (www.ConstruAprende.com)

1.9.6. RELACIÓN DE ESFUERZO Y DEFORMACIÓN DEL ACERO.

Sea una barra de acero al bajo carbono (A-36) sujeta a tensión con sección circular.

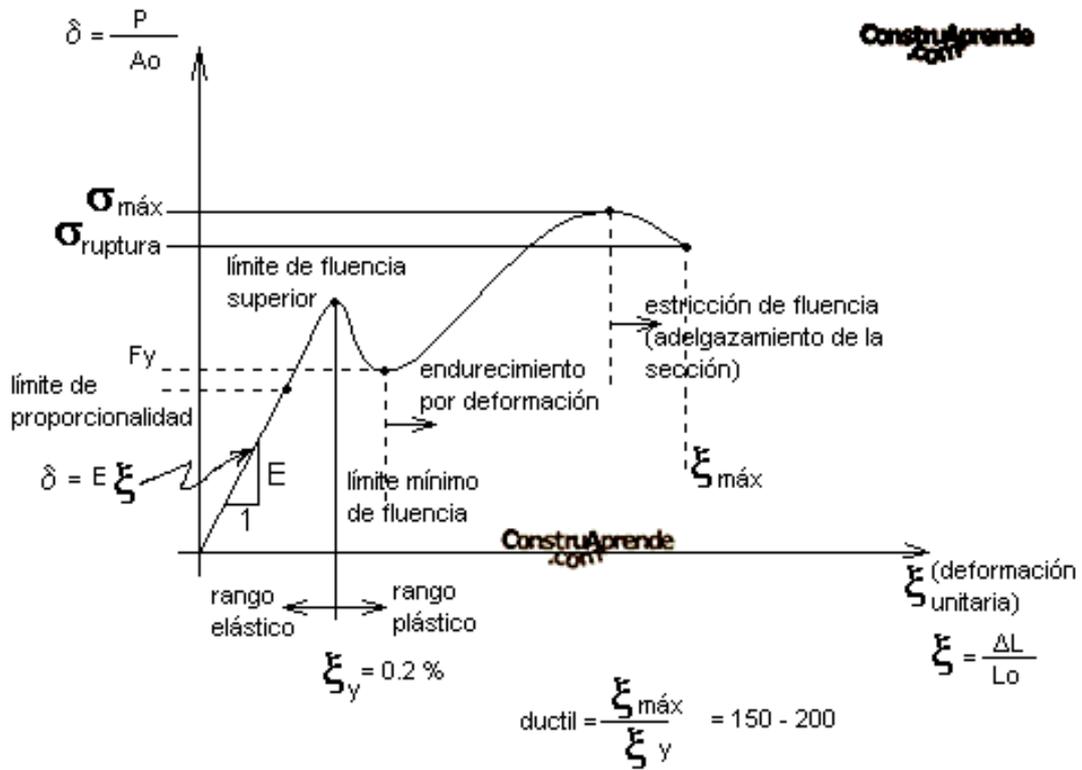


Fig. 1.57. Relación de esfuerzo y deformación del acero (www.ConstruAprende.com)

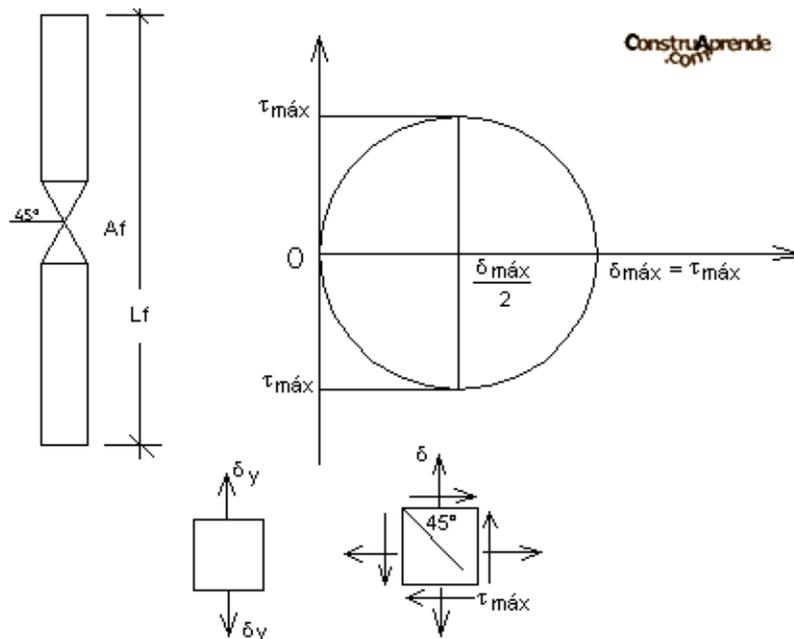


Fig. 1.58. Todos los elementos de distintos materiales a nivel molecular fallan a cortante.

(www.ConstruAprende.com)

Sí graficamos para cada valor de esfuerzo alcanzando su deformación unitaria real

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_i}{L_i}$$

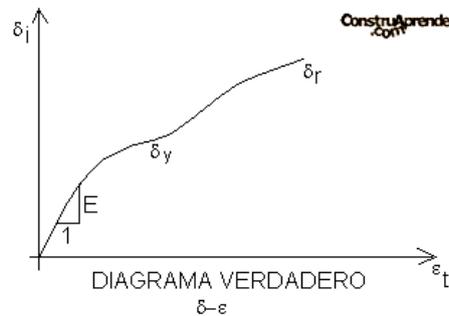


Fig. 1.59. Diagrama Verdadero (www.ConstruAprende.com)

Obtenemos:

$$\varepsilon_t = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta L_i}{L_i} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum \frac{\Delta L_i}{L_i} = \int_{L_0}^{L_i} \frac{dL}{L} = \ln L \Big|_{L_0}^{L_i} = \ln(L_i) - \ln(L_0) = \ln\left(\frac{L_i}{L_0}\right)$$

$$B_n = B - \sum_{i=1}^n d_i$$

1.9.7. ACEROS ESTRUCTURALES.

De acuerdo a la American Society of Testing Materials (ASMT)

- Aceros generales (A-36)
- Aceros estructurales de carbono (A-529)
- -b.1 Bajo contenido de carbono (<0.15 %)
- -b.2 Dulce al carbono (0.15 – 0.29 %)
- -b.3 Medio al carbono (0.30 – 0.59 %)
- -b.4 Alto contenido de carbono (0.6 – 1.7 %)

- Aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación (Mo, V y Cr), (A-441 y A-572) aleación al 5 %.
- Aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación, resistentes a la corrosión atmosférica (A-242, A-588).
- Acero templado y revenido (A-514).

Tabla 1.5. Aceros estructurales.

Designación ASTM	Acero	Formas	Usos	Fy min Ksi	Fy min tensión Ksi
A-36 NOM B-254	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Puentes, edificios estructurales en general. Atornillados, remachados y soldados	36 e < 8" 32 e > 8"	58 – 80
A-529 NOM B-99	Al carbono	Perfiles y placas e < 1/2"	Igual al A-36	42	60-85
A-441 NOM B-284	Al magnesio, vanadio de alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras e < 8"	Igual al A-36 Tanques	40-50	60-70
A-572 NOM B	Alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras e < 6"	Construcciones atornilladas, remaches. No en puentes soldados cuando Fy > 55 Ksi	42-65	60-80
A-242 NOM B-282	Alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Perfiles, placas y barras e < 4"	Construcciones soldadas, atornillada, técnica especial de soldadura	42-50	63-70
A-514	Templados y revenidos	Placas e < 4"	Construcciones soldada especialmente. No se usa si se requiere gran ductilidad	90-100	100-150

A-53 NOM B-177	Tubo de acero con o sin costura negra y galvanizada por inmersión en caliente.
A-500 NOM B-199	Tubo de acero para usos estructurales formados en frío con o sin costura de sección circular y otras formas.
A-501 NOM B-200	Tubo de acero al carbono con o sin costura formado en caliente para uso estructural.
A-606 NOM B-277	Lámina de acero de baja aleación y alta resistencia. Laminada en caliente o en frío, resistente a la corrosión.
A-570 NOM B-347	Lámina de acero al carbono laminada en caliente para uso estructural.
A-27 NOM B-353	Piezas coladas de acero de alta resistencia.
A-668	Forjados de acero al carbono y de aleación para uso industrial general.

Elaborado: Por Cbop. Vera Eddy

Fuente: www.ConstruAprende.com

A más resistencia de acero menor soldabilidad y más frágil, debido a su alto contenido de carbono.

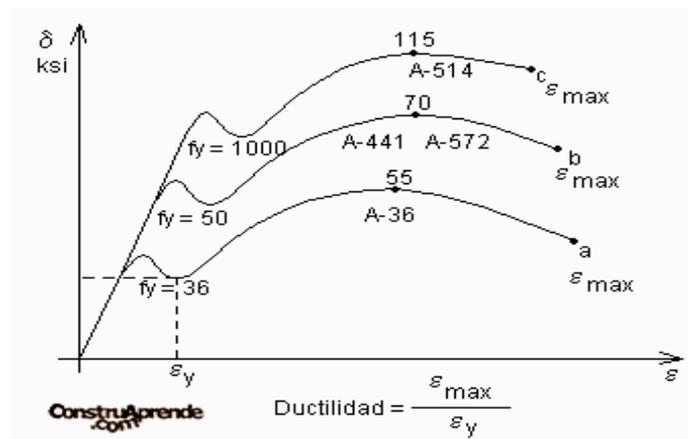


Fig. 1.60. Diagrama de grado de carbono (www.ConstruAprende.com)

1.9.8. PROYECTO ESTRUCTURAL.

Se debe aprender a distribuir y a proporcionar las partes de las estructuras de manera que tengan suficiente resistencia, su montaje sea práctico y sean económicas.

Seguridad.- Las estructuras no solo deben soportar las cargas impuestas (límite de falla), sino que además las deflexiones y vibraciones resultantes, no sean excesivas alarmando a los ocupantes, o provoquen agrietamientos (límite de servicio).

Costo.- Se debe siempre procurar abatir los costos de construcción sin reducir la resistencia, algunas ideas que permiten hacerlo son usando secciones estándar haciendo detallado simple de conexiones y previendo un mantenimiento sencillo.

Factibilidad.- Las estructuras diseñadas deben fabricarse y montarse sin problemas, por lo que se debe adecuarse al equipo e instalaciones disponibles debiendo aprender como se realiza la fabricación y el montaje de las estructuras para poder detallarlas adecuadamente, debiendo aprender tolerancias de montaje, dimensiones máximas de transporte, especificaciones sobre instalaciones; de tal manera que el proyectista se sienta capaz de fabricar y montar la estructura que esta diseñando.

Especificaciones Y Códigos De Construcción.- Las especificaciones de diseño de estructuras no se han desarrollado para restringir al ingeniero sino para proteger al usuario de estas. No todo se encuentra en los reglamentos así que sin impactar los códigos o especificaciones empleados, la responsabilidad final de la estructura (seguridad) recae en el ingeniero estructural.

Cargas .- Una de las tareas más importantes del proyectista es determinar de la manera más precisa posible el valor de las cargas que soportará la estructura durante su vida útil, así como su posición y también determinar las combinaciones más desfavorables que de acuerdo a los reglamentos pueda presentarse.

Uniones.- Con los perfiles que hemos visto, se realizan las estructuras metálicas, para ello es necesario realizar una serie de uniones entre los diferentes elementos. Las uniones se

realizan normalmente por soldadura, aunque también se realizan algunas mediante tornillos y tuercas y mediante remaches.

Soldadura: se trata de un sistema que une las partes de forma permanente (fija), por tanto es apropiado para estructuras que no van a ser desmontadas o trasladadas. Métodos de soldadura hay muchos, pero básicamente consiste en calentar las piezas a unir de manera que mediante la aportación de un material fundente o no, queden perfectamente unidas.

Unión mediante tornillos: es el apropiado para estructuras que son desmontables, de forma que las diferentes partes de la estructura quedan unidas mediante un tornillo y su correspondiente tuerca.



Fig. 161. Tuercas y tornillos (www.ConstruAprende.com)

Remaches: consiste en unir de forma permanente dos o más piezas, haciendo pasar por un orificio un metal en forma de chaveta cilíndrica, que es posteriormente deformado.

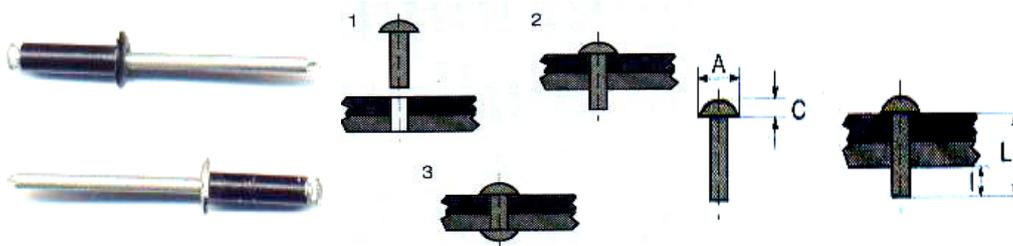


Fig. 1.62. Remaches (www.ConstruAprende.com)

1.9.9. TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA.

Los tornillos deben satisfacer alguna de las siguientes normas ASTM-325 o ASTM-490. Todos los tornillos A-325 o A-490 deben apretarse hasta que haya en ellos una tensión mayor o igual a la siguiente tabla.

Tabla 1.6. Número de tornillo de alta resistencia.

Toneladas (métricas)	A-325	A-440
TORNILLO		
½	5.4	6.8
5/8	8.6	10.9
¾	12.7	15.9
7/8	17.7	22.2
1	23.1	29.0
1 1/8	25.4	36.3
1 ¼	32.2	46.3
1 3/8	38.6	54.9

Elaborado: Por Cbop. Vera Eddy

Fuente: www.ConstruAprende.com

El fuste es el que da la medida.

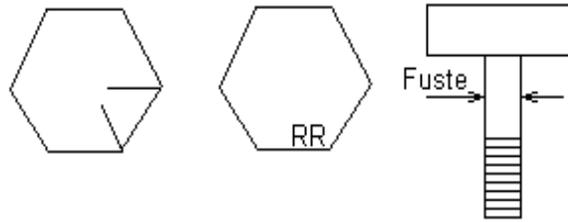


Fig. 1.63. Medida del tornillo (www.ConstruAprende.com)

Tanto la tuerca como el tornillo deben ser de alta resistencia, para que sirva la conexión. El apriete puede realizarse utilizando medidores de tensión o usando llaves calibradas.

Área efectiva al aplastamiento de tornillos es igual a: (A_{eap})

$$A_{eap} = dL_{ap}$$

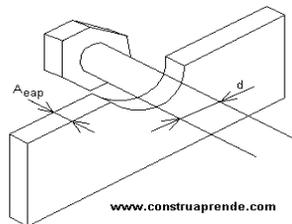


Fig. 1.64. Medida del tonillo en el material (www.ConstruAprende.com)

Donde:

d = diámetro del fuste.

L_{ap} = longitud de aplastamiento (grueso de la placa donde se aloja).

- **Resistencia de diseño de tornillos (R_T).**

$$R_T = F_R A_f R_n$$

Donde:

F_R = factor de resistencia.

A_f = área transversal nominal del fuerte.

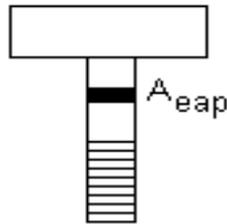


Fig. 1.65. Área efectiva al aplastamiento de tornillos (www.ConstruAprende.com)

Los tornillos que trabajan en tensión directa, se dimensionaran de manera que su resistencia requerida promedio, calculada con el diámetro nominal y sin considerar tensiones producidas en el apriete, no excedan la resistencia de diseño. La fuerza aplicada en el tornillo será igual a la suma de las provocadas por las fuerzas externas factor izadas más las tensiones producidas por la sección de palanca debido a la deformación de las partes conectadas. Los factores de resistencia y las resistencias nominales se dan en la siguiente tabla.

Tabla 1.7. Número de resistencia de los tornillos.

Elementos de unión	Resistencia a la tensión		Resistencia a cortante	
	F_R	Rn (kg/cm ²)	F_R	Rn (kg/cm ²)
T. A-307	0.75	3160 ⁽¹⁾	0.6	1900 ^(2,3)
T. A-325 rosca dentro del plano de corte	0.75	6330	0.65	3800 ⁽³⁾
T. A-325 rosca fuera del plano de corte	0.75	6330	0.65	8060 ⁽³⁾

T. A-490 rosca dentro del plano de corte	0.75	7900	0.65	4750 ⁽³⁾
T. A-490 rosca fuera del plano de corte	0.75	7900	0.65	6330 ⁽³⁾

Elaborado: Por Cbop. Vera Eddy

Fuente: www.ConstruAprende.com

Carga elástica únicamente.

- Se permite que la rosca esté en el plano de corte.
- Cuando para unir miembros en tensión se emplean conexiones por aplastamiento con tornillos colocados en una longitud medida paralelamente en dirección de la fuerza > de 125 cm los valores se reducen en un 20 %.

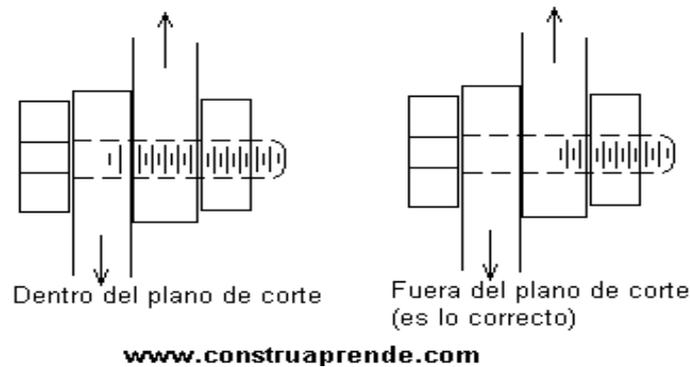


Fig. 1.66. Conexiones por aplastamiento (www.ConstruAprende.com)

Determine la resistencia de la conexión siguiente:

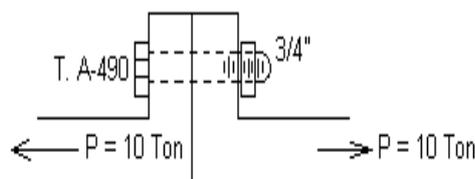


Fig. 1.67. Ejercicio de Conexiones (1) (www.ConstruAprende.com)

A tensión

$$F_R = 0.75$$

$$R_n = 7900 \text{ kg/cm}^2 \quad R_T = 16,886.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_f = 2.85 \text{ cm}^2 \quad P_u = 1.4 * 1000 \quad P_u = 14000 \text{ kg}$$

$R_T > P_u$ o se acepta

Apriete de 15.9 ton.

Determine la resistencia de la conexión siguiente:

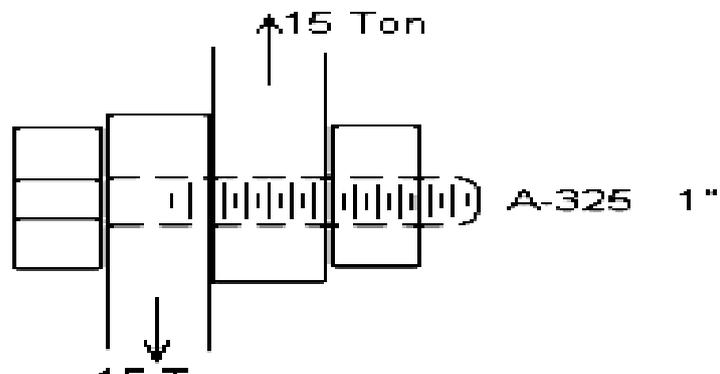


Fig. 1.68. Ejercicio de conexión (2) (www.ConstruAprende.com)

$$A_f = 5.07 \text{ cm}^2 \quad F_R = 0.65 \quad R_n = 3800 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_T = F_R A_f R_n \Rightarrow R_T = (0.65)(5.07)(3860)$$

$$R_T = 12555.9 \cdot \text{Kg} \Rightarrow R_T = 12.52 \cdot \text{Ton}$$

$$P_u = 1.4 * 15 \Rightarrow P_u = 21 \cdot \text{Ton}$$

$$R_T < P_u$$

Se Considera un tornillo que quede la cuerda fuera del plano de corte.

$$R_T = (0.65)(5.07)(5060) \Rightarrow R_T = 16.68 \cdot Ton$$

$$R_T < Pu$$

Mejor despejar el área necesaria

$$21000 < (0.65)(Af)(5060) \Rightarrow Af > 6.38 \text{ cm}^2$$

Esta área casi equivale a un tornillo de 1 1/8"

$$Af = 6.42 \text{ cm}^2 \quad R_n = 5060 \text{ kg/cm}^2 \quad F_R = 0.65$$

$$R_T = (0.65)(6.42)(5060) \Rightarrow R_T = 21.11 \cdot Ton$$

$$R_T > Pu \therefore$$

Se acepta este tornillo.

1.10. EQUIPOS DE DESBASTE¹⁰.

1.10.1. TIPOS DE LIJADORAS.

Siempre que sea posible lijaremos con ayuda de una lijadora o de un taladro eléctrico con un acople lijador, ya que el ahorro de tiempo será muy considerable y el acabado mejor. Cuando lijemos con máquina, deberemos tener ésta siempre en movimiento para que el lijado sea uniforme.

Lijadora de banda.- Esta lijadora consta de una banda cerrada de lija sujeta con tensión entre dos rodillos. Un rodillo genera el movimiento de la banda de lija, mientras que el otro sirve para controlar la tensión y el desplazamiento lateral de la misma. Una placa situada entre ambos rodillos mantiene la banda de lija contra la pieza a lijar. Está indicada para lijar grandes superficies planas. Se trabaja en el sentido de la veta dando pasadas paralelas y superpuestas. Hay que tener bastante tacto sobre todo al iniciar el lijado, ya que no se

¹⁰ <http://bricotodo.com/lijar.php>

puede dejar parada la máquina en ningún momento debido a su gran poder de lijado. No es necesario ejercer gran presión sobre ella.



Fig. 1.69. Lijadora de banda. (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

Lijadora de mini banda.- Es una evolución moderna y en miniatura de la anterior; tiene una pequeña banda de lijado movida por un rodillo. Se utiliza en esquinas, cantos, superficies pequeñas y lugares de difícil acceso. Los dos lados de lijado permiten una gran flexibilidad al trabajar cerca de bordes.



Fig. 1.70. Lijadora mini banda (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

Accesorios para lijar.- El taladro puede servirnos para lijar, limpiar y pulir acoplándole los accesorios necesarios. El principal accesorio es el plato lijador de caucho, donde podremos fijar las lijas y accesorios para lijar y pulir. De esta forma el taladro se convierte en una lijadora de disco.

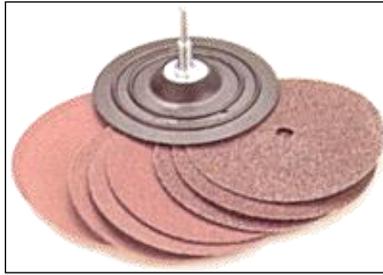


Fig. 1.71. Plato lijador y diferentes lijas (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)



Fig. 1.72.- Rectificadora de plato (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

Los accesorios para el taladro son por ejemplo los cepillos de alambre y de nylon de múltiples formas, sirven para limpiar, decapar y desoxidar. Los cepillos mil hojas son para lijado de todo tipo o los tambores de lijado para lijar formas curvas.



Fig. 1.73. Tambores para lijar en curvas (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

1.10.2. LIJADORAS NEUMÁTICAS DE DESBASTE DE METAL.

Herramientas ligeras, reducido en consumo de aire, mínimo nivel de ruido, manejo ergonómico, aislado térmicamente, con doble salida de aire, arranque de seguridad o válvula rotativa, todo tipo de accesorios.



Fig. 1.74.- Lijadoras neumáticas (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)



Fig. 1.75. Fresas metálicas (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)



Fig. 1. 76. Muelas cerámicas (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

1.10.3. LIMAS Y ESCOFINAS.

Las limas son herramientas para desbastar y alisar acero templado, con la superficie finamente estriada en uno o en dos sentidos, para desgastar y alisar los metales y otras

materias duras. Con la madera también tienen utilidad. Hay cantidad de formas y tamaños de limas. Las principales limas según la forma son: plana, triangular, de media caña y redonda.



Fig. 1.77.- Limas (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

Las escofinas son como las limas pero con dientes gruesos y triangulares y se utilizan para desbastar y dar forma a la madera. Existen principalmente tres tipos de escofinas según su forma: la redonda, la plana y la de media caña.

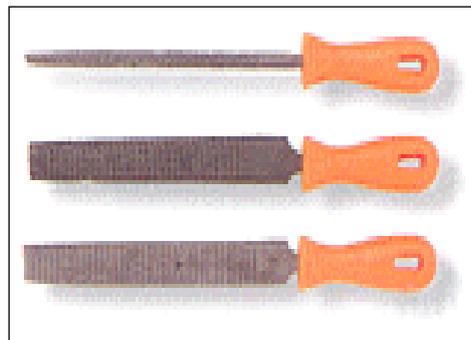


Fig. 1.78. Escofinas (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

1.10.4. LIJAS DE PAPEL.

Oxido de aluminio "open coat" para acabados finos en madera y carburo de silicio.



Fig. 1.79. Lijas de papel (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

Papel abrasivo.- El papel de lijar se hace enlazando granos de abrasivo como aluminio oxido, granate o carburo de silicón a un material de respaldo. El papel de abrasivo se usa para remover cantidades pequeñas de material de una superficie, ya sea para hacerla mas suave, para remover sustancias como pintura o para hacer la superficie mas áspera. El tipo y tamaño del grano así como el adhesivo y el material de respaldo tienen efecto en la compatibilidad del papel para una tarea en particular.

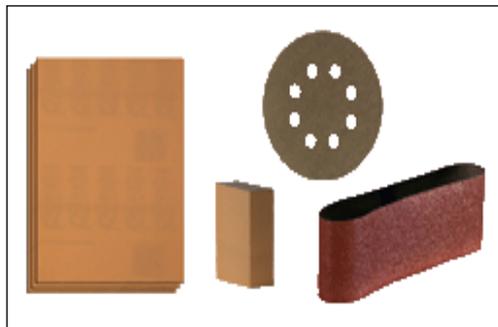


Fig. 1.80.- Papel abrasivo (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

Trabajo del papel abrasivo.- El papel de lija funciona en forma similar a una herramienta de cortar, a menor escala. Las partículas usadas para la elaboración del papel abrasivo tienen orillas afiladas que cortan o raspan de la misma manera que las hojas de un serrucho lo hacen.

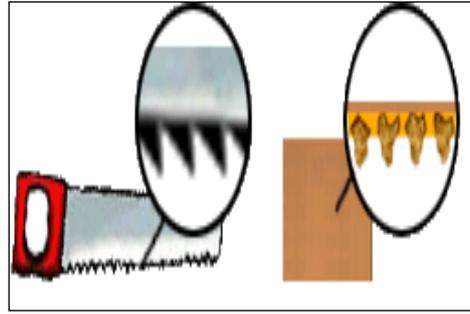


Fig. 1.81.- Trabajo de papel abrasivo (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

Diferencia entre los diferentes tipos de grano.- Aluminio Oxido, carburo de silicón y granate son los tres principales tipos de papel abrasivo. El Aluminio Oxido es uno de los abrasivos más comunes para los trabajos con madera, es un grano bueno para uso en todas las superficies, y todo tipo de lijado en general. Corta más rápido y es más duradero que el granate.

El Granate es un mineral natural, es un excelente abrasivo para el lijado de madera en general, produce un patrón de raspado más fino y más suave y es a menudo utilizado en lijados de acabado. El Granate no deja residuos, lo que permite que los tintes de pigmento penetren uniformemente ciertos tipos de madera. El Carburo de Silicón es conveniente tanto para lijado con agua como en seco, es conocido también como papel de lija impermeable.



Fig. 1.82. Tipos de granos (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

Grano.- La palabra Grano se refiere a la cantidad de partículas de abrasivo por pulgada cuadrada. Un grano bajo, indica que la cantidad de partículas de abrasivo es menos y su tamaño mas grande y la textura del papel mas gruesa. Un número de grano alto indica que el tamaño de los granos es más pequeño y la cantidad de granos por pulgada cuadrada es mayor, lo que permite darle al papel una textura más suave.

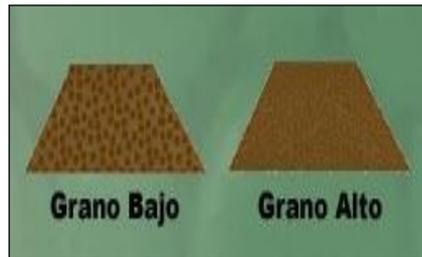


Fig. 1.83. Grano (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

Manera de medir el grano.- Existen varias formas de medir el grano de las lijas, por ejemplo, según su tamaño promedio en micrones, también se usa una graduación simplificada: "Fina", "Mediana", "Gruesa" y "Extra gruesa" y otra que considera el tipo de operación que permite cada una: "Pulido", "Acabado", "Desbaste intermedio", "Desbaste pesado". Esta norma relaciona la cantidad de granos que tiene la lija con una medida de longitud lineal. Su escala va desde el 600 que corresponde al grano más fino, hasta el 12 que corresponde al grano más grueso. Los números indican la cantidad de granos que hay en una línea de una pulgada de largo. Por ejemplo: una lija "grano 120" indica que hay aproximadamente 120 granos por cada pulgada lineal, la escala de la Norma FEPA "P" va desde el P1200 que corresponde al grano más fino, hasta el P12 que corresponde al grano más grueso (ver anexo D).

Manera de usar el papel abrasivo.- Asegúrese de tomar todas las precauciones de seguridad, especialmente cuando lije con máquinas. Siempre debe consultar el manual de

operación de su máquina. La mejor manera de trabajar con papel abrasivo es usar progresivamente granos más finos hasta obtener el acabado deseado. De esta manera cada grano remueven las marcas dejadas por el grano anterior. Omitir granos para ahorrarse tiempo a menudo hace que termine lijando por periodos más largos. Asegúrese de no usar presión excesiva al lijar, permita que el abrasivo haga su trabajo. Usar presión excesiva solo hará que el papel se obstruya o se desgaste demasiado rápido. Cuando lije Madera hágalo a lo largo de las marcas no de lado a lado. En superficies suaves sin marcas mueva el papel en forma de círculos pequeños.



Fig. 1. 84. Manera de usar papel abrasivo (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

Diferencia entre Revestimiento Abierto y Revestimiento Cerrado.- Revestimiento Abierto significa que hay un espacio entre las partículas que conforman el papel de lija, esto ayuda a prevenir obstrucciones dándole al material lijado un lugar a donde ir. Revestimiento cerrado significa que hay poco o nada de espacio entre las partículas de abrasivo. El Revestimiento cerrado se usa mas cuando se lijan metales y para algunos acabados en madera, tiene tendencia a obstruirse fácilmente.



Fig. 1.85. Tipos de revestimientos (<http://bricotodo.com/lijar.php/>)

1.11. TIPOS DE BISAGRAS¹¹.

Una bisagra es un herraje compuesto de dos piezas unidas entre sí por un eje o un mecanismo de forma que fijadas a dos elementos, permiten el giro de uno respecto al otro; se utilizan principalmente para puertas y tapas, pero pueden tener más aplicaciones. Son muchísimos los tipos de bisagras que existen. Los más comunes son los siguientes:

1.11.1. BISAGRAS DE LIBRO.

Son de las más usadas por su sencillez y funcionalidad. Existen multitud de tipos de bisagras de libro (rústicas, de latón, cinchadas, etc.) y en infinidad de tamaños, pero todas se basan en lo mismo, dos hojas que se abren (como un libro) y que pueden atornillarse a los cantos o a los laterales de los tableros a unir, según el tipo de bisagra y según queramos como sea la apertura.

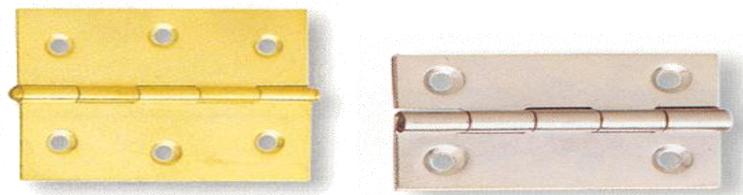


Fig. 1.86. Tipos de bisagras (<http://bricolaje.com/bisagras.php/>)

¹¹ <http://bricolaje.com/bisagras.php/>

1.11.2. BISAGRA DE PIANO.

Son como las de libro pero de muy larga longitud. De esta forma se convierten en unas bisagras muy fuertes ya que están sujetas por multitud de tornillos. Pueden cortarse a la medida con unas tijeras de cortar chapa o con una sierra de metal.

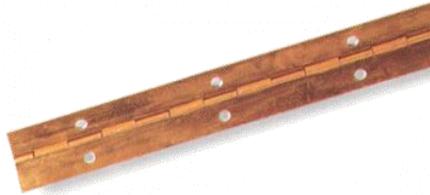


Fig. 1.87. Bisagra de piano (<http://bricolaje.com/bisagras.php/>)

1.12. ELECTRODO E 6011¹².

Apto para operar en toda posición, incluso en vertical descendente, usando CA. Indicado para la soldadura de tubos de acero, negros o galvanizados, con y sin costura, en calderas, condensadores, intercambiadores de calor y otros recipientes a presión.



Fig. 1.88. Tipo de electrodo (www.laguiadelsoldador.com)

Según la clasificación AWS (AMERICAN WELDING SOCIETY) ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) cada electrodo está representado además del logotipo del fabricante por un símbolo como en el siguiente ejemplo:

¹² www.laguiadelsoldador.com

E	60	1	1
---	----	---	---

El significado de cada término es el siguiente:

E = electrodo

60 = resistencia mínima a tracción (Esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a alargarlo), expresada en libras por pulgada cuadrada

1 = posiciones de soldadura, que puede ser:

1 = todas

2 = plano y ángulo sobre vértice

1 = corriente de soldadura, que puede ser:

0 = continua con polaridad positiva, para electrodos celulósicos

1 = alterna y continua (polo positivo)

2 = alterna y continua (polo negativo)

3 = alterna y continua para electrodos al rutilo

4 = alterna y continua para electrodos de alto rendimiento, al rutilo

5 = continua con polaridad positiva para electrodos básicos

6 = alterna y continua para electrodos básicos

7 = alterna y continua (cualquier polaridad) para electrodos de alto rendimiento con óxido de hierro.

8 = alterna y continua (polo positivo) para electrodos básicos de alto rendimiento.

1.13. ALUMINIO.

1.13.1. CARACTERÍSTICAS DEL ALUMINIO.

- [Elemento metálico más abundante en la corteza terrestre.
- Es un metal plateado muy ligero.
- Aluminio puro H 1100.

- Ocupa segundo lugar en escala de maleabilidad y sexto en ductibilidad.
- Muy resistente a corrosión debido a que en contacto con aire genera una capa dura y transparente de óxido de aluminio que resiste posterior acción corrosiva.
- Con el frío se vuelve más resistente.
- Muy importante para industria de aviación, debido a gran relación de resistencia a peso.
- Temperatura de fusión 1250 °F.
- Aluminio puro alcanza resistencia a tensión de aprox. 13000 psi.
- Aleado con otros metales y sometido a tratamiento térmico puede alcanzar una resistencia a tensión de hasta 65000 psi, comparable con resistencia del acero estructural.
- Un volumen dado de aluminio pesa menos que 1/3 del mismo volumen de acero].

1.14. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL¹³.

En toda empresa existen situaciones inquebrantables de peligro, ante esta ineludible situación se ha diseñado técnicas a objeto de evitar el constante perecimientos del obrero, sin embargo a pesar de que se recomienda buscar el epicentro del problema para atacar y solucionar el mismo de raíz, esto no siempre es posible, es por tal motivo que los dispositivos de protección personal (D.P.P) juegan un rol fundamental en el higiene y seguridad del operario, ya que los mismos se encargan de evitar el contacto directo con superficies, ambiente, y cualquier otro ente que pueda afectar negativamente su existencia, aparte de crear comodidad en el sitio de trabajo, en este informe se afianzaran conocimientos acerca del uso y selección de estos dispositivos, que cabe destacar pueden ser individuales y colectivos.

¹³ [http/ www.sibsa.com.max/inicio.html](http://www.sibsa.com.max/inicio.html)
Criterio propio

1.14.1. PERSUASIÓN AL TÉCNICO.

Todos los esfuerzos que se hagan por seleccionar y proveer de equipo de protección apropiado serán inútiles si este no se usa adecuadamente, y el resultado final es la desilusión y la desgana, pérdida de tiempo , de esfuerzos y de dinero.

La elección de los dispositivos de protección personal, debe hacerse con ayuda del técnico, ya que va a ser este quien los use, ya que si se requiere equipo de protección en un área específica, esto significa que debe ser protección cómoda. Es claro que dentro de la planificación de un programa de protección personal es necesario tomarlos en consideración, pero a veces se les toma sin ver la necesidad , esto se traduce mejor a un desarrollo de métodos de higiene y seguridad industrial que corrijan estas condiciones peligrosas de un ambiente de trabajo.

Es posible que se encuentre un cierto descontento ante los trabajadores por la implementación de equipos de protección personal, por lo que dichos equipos pueden sufrir una cierta modificación para que estos sean más cómodos pero a su vez disminuye su efectividad.

1.14.2. CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL DE PROTECCIÓN PERSONAL.

1.14.2.1. LA ROPA DE TRABAJO.

Muchas exposiciones a riesgos en los talleres, exigen la ropa apropiada, en lugar de la ordinaria, o encima de estas.

El uso de vestimenta adecuada previene riesgos contra quemaduras, raspaduras, dermatosis, o cualquier lesión acarreada por dicha labor. Y que además estas sean de fácil acceso, es decir sean fáciles de ponerse y quitarse, en caso de presentarse algún tipo de emergencia.

Los vestidos de trabajo proporcionan una protección indudable contra manchas, polvos, productos corrosivos, descargar eléctricas, etc. Debe cuidarse que la ropa de trabajo esté limpia y en buenas condiciones de conservación, sin roturas que puedan ser motivo de enganches con la máquina provocando el accidente. Existen ropas especiales para trabajos especiales tales como:

- Los vestidos ignífugos que protegen contra los riesgos de inflamación.
- Los vestidos de caucho para proteger contra las radiaciones.
- Vestidos de amianto para trabajos próximos a fuentes de calor.

Cualquier gafa de seguridad debe reunir una serie de requisitos:

Se han de limpiar con facilidad por lo que no deben tener pliegues ni ranuras de difícil acceso.

- Deben tener un campo de visión amplio.
- No han de estar construidas con material inflamable.
- No debe producir irritaciones ni ningún otro tipo de molestia al usuario.



Fig. 1.89. Over-All de trabajo ([http/ www.sibsa.com.max/inicio.html](http://www.sibsa.com.max/inicio.html))

1.14.2.2. PROTECCIÓN DEL APARATO AUDITIVO.

Los sonidos se escuchan en condiciones normales como una variación de diferencias de presión y llegan al oído para luego ser transmitidas por los mecanismos auditivos al cerebro, en donde se producen diferentes sensaciones, de acuerdo al tipo de ruido, los perjudiciales que excedan los niveles de exposición al ruido permitidos (85-90 dB) se deben realizar disminuciones en la fuente de emisión, pero a veces no es suficiente y se debe acudir a la protección del oído, sea en su parte interna, o directamente en los canales auditivos.

La O.G.S.H.T (Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo) en su artículo n° 147 establece:

- Cuando el nivel de ruido en un puesto o área de trabajo sobrepase los 80 (db) decibelios será obligación el uso de elementos o aparatos individuales de protección auditiva.
- Para los ruidos de muy alta intensidad se dotará a los trabajadores que hayan de soportarlos de auriculares con filtro, orejeras de almohadillas, discos anti ruidos o dispositivos similares.
- La protección de los pabellones del oído se combinará con la del cráneo y la cara por los medios vistos anteriormente.
- Los elementos de protección auditiva serán siempre de uso individual.



Fig. 1.90. Protector de oídos ([http/ www.sibsa.com.max/inicio.html](http://www.sibsa.com.max/inicio.html))

1.14.2.3. PROTECCIÓN DE EXTREMIDADES SUPERIORES.

La protección generalmente aceptada por su eficacia es el guante independientemente de la existencia de manguitos, dediles, cremas, etc. que pueden emplearse en casos especiales. Suelen fabricarse en goma, caucho, cuero, etc. Según el trabajo a desarrollar utilizaremos los siguientes tipos de guantes:

De tejido.- Son adecuados para trabajos que requieran una protección ligera (Sector de la construcción).

De cuero.- Son resistentes a las chispas, al calor y a los objetos rugosos proporcionando además amortiguación a los choques (soldaduras).

De amianto.- Aíslan del calor y son incombustibles protegiendo contra quemaduras. Presentan el inconveniente de deteriorarse con facilidad (Bomberos).

De caucho.- Son utilizados cuando sea necesario el aislamiento eléctrico. Presentan el inconveniente de no permitir la transpiración ni proteger contra la acción mecánica.

De materia plástica.- Son utilizados en la industria química por resistir a los productos químicos corrosivos, así como a los disolventes industriales.

De cota de malla.- Son indicados para trabajos con elementos cortantes (Carniceros).



GUANTE CON PUNTOS DE DE PVC

Fig. 1.91. Guante con puntos de PVC (<http://www.sibsa.com.max/inicio.html>)

1.14.2.4. PROTECCIÓN DEL APARATO RESPIRATORIO.

Para proteger el aparato respiratorio se debe seguir un procedimiento que debe incluir los siguientes puntos:

- Identificar la sustancia contra la que se necesita protección.
- Valorar el riesgo que conlleva cada una de las sustancias identificadas estableciendo su grado de peligrosidad.
- Determinar las condiciones de exposición a esos riesgos tales como proximidad con los puntos de alta concentración, existencia o falta de oxígeno, etc.
- Estudiar las posibilidades personales de utilización del equipo.



Fig. 1.92. Protector de respiración ([http/ www.sibsa.com.max/inicio.html](http://www.sibsa.com.max/inicio.html))

1.14.2.5. GAFAS.

Entre los principales tipos de gafas se tiene:

- a. Gafas con cubiertas laterales: resisten al impacto y a la erosión, adecuados para el trabajo en madera, pulido y operaciones ligeras
- b. Anti resplandor (energía radiante): son aquellos fabricados para proteger en contra del resplandor, escamas y chispas volantes, usados en soldadura, y trabajo de metales a altas temperaturas. Varían de acuerdo al tono 3-4 hasta 12 para trabajos pesados y la intensidad de la radiación a la cual se encuentra sometido el obrero.
- c. Químicos: fabricados en materiales anticorrosivos y resistentes al impacto, en donde se manipulen materiales químicos, etc.
- d. Combinación: se encuentran fabricados con anti resplandor y químicos, se usan en procesos de soldadura especial y fundición.
- e. Polvo: se elaboran en materiales livianos que le permitan tener ventilación adecuada. Se usa en labores de carpintería, molido y preparación de piedras, etc.
- f. Vapores Químicos: son fabricados de manera que mantengan a los ojos sellados herméticamente por medio de gomas y no permitan que estos vapores estén en contacto directo. Se usan en el manejo de ácidos.

- g. Rejillas de Alambre: están formados por una malla de metal muy fina que le permite al operario ver lo que hace y a su vez no pasen partículas metálicas dentro de ellos. Se usan en minas, canteras, tenerías, ambientes de gran humedad.
- h. Lentes: es una forma de sostener por medio de patas a un juego de cristales o plástico para evitar el contacto de objetos pesados con los ojos.



Fig. 1.93. Gafas ([http/ www.sibsa.com.max/inicio.html](http://www.sibsa.com.max/inicio.html))

1.14.3. TRABAJOS CON MÁQUINAS HERRAMIENTAS.

Las máquinas herramientas son máquinas no portátiles accionadas con motor y destinadas al mecanizado de metales o a la conformación de piezas de madera. De acuerdo con este planteamiento y a fin de facilitar su estudio desde el punto de vista preventivo, cabe distinguir dos grupos de máquinas herramientas:

- Las destinadas al mecanizado de metales
- Las máquinas convencionales de carpintería

Unas y otras deben cumplir unos requisitos legales que aseguren la integridad física de los usuarios, así como los bienes patrimoniales de la entidad. Tales requisitos están recogidos en dos textos legales, a saber:

- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, de aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, modificado por el Real Decreto 56/1995, de 20 de Enero.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Como consejos de prudencia en el manejo de tales máquinas cabe señalar los siguientes:

- El usuario deberá utilizar sólo aquellas máquinas para las que haya sido debidamente entrenado.
- Antes de utilizar cualquier máquina, ésta debe ser revisada, prestando especial atención a que estén colocados todos los dispositivos de protección.
- Antes de poner en funcionamiento la máquina, asegurarse de que la herramienta, la pieza y la mesa están adecuadamente fijadas.
- Volver a colocar la protección siempre que se cambie la hoja o disco de una sierra circular. Los discos sin filo son peligrosos, ya que disminuyen la velocidad de corte y rechazan la pieza en vez de cortarla. Además existe peligro de rotura.
- Emplear siempre los útiles de alimentación o empujadores para dirigir la pieza al punto de corte. Nunca debe hacerse con la mano ni aproximar la mano a la herramienta. Tampoco debe apretarse la pieza contra el disco, especialmente cuando se trata de piezas pequeñas.
- Mantener el entorno de la máquina libre de cualquier objeto y evitar la presencia de otros trabajadores junto a la máquina, mientras ésta se encuentra en funcionamiento.

- Cuando se realicen operaciones de mantenimiento (limpieza, engrase, ajuste o modificación de piezas) debe pararse la máquina previamente y desconectar el mando principal, asegurándolo durante el mantenimiento contra una posible puesta en marcha. Nunca se debe parar la máquina con la mano.
- En caso de ausencia, aunque sea por un corto periodo de tiempo, debe desconectarse la máquina para evitar posibles accidentes a otras personas.
- En máquinas provistas de varios husillos de trabajo se deben retirar las herramientas y tapar los husillos que no vayan a utilizarse, antes de la puesta en marcha de la máquina.
- En caso de avería, se debe avisar al especialista de mantenimiento de la máquina y no intentar repararla con los medios propios.
- En trabajos con formación de viruta o polvo de madera, usar gafas o pantalla protectora. No retirar la viruta con la mano. Utilizar para ello los útiles adecuados.
- Utilizar guantes resistentes al corte para montar y desmontar las cintas en las sierras y en las máquinas afiladoras.
- No llevar ropa suelta o desabrochada, ni anillos, relojes, cadenas o colgantes.

1.14.4. PUESTA A TIERRA.

La instalación de las tomas de la puesta a tierra se debe hacer según las instrucciones del fabricante. Es preciso asegurarse de que la máquina eléctrica esté puesta a tierra controlando en especial las tomas de tierra y no utilizar para las tomas de la puesta a tierra conductos de gas, líquidos inflamables o eléctricos.

1.14.5. CONEXIONES Y CABLES.

Se debe instalar el interruptor principal cerca del puesto de la máquina eléctrica para en caso necesario poder cortar la corriente. Instalar los principales cables de alimentación en alto y conectarlos posteriormente.

Desenrollar el cable de la máquina eléctrica antes de utilizarlo, verificando los cables del motor para comprobar que su aislamiento no ha sido dañado y los cables conductores para descubrir algún hilo desnudo. Hay que tener en cuenta que a medida que la longitud total del cable aumenta, disminuye su capacidad de transporte de corriente. Por tanto para según qué casos se deberá aumentar el grosor del cable.

Las tomas de corriente deben situarse en lugares que permitan su desconexión rápida en caso de emergencia y comprobar que el puesto de trabajo está puesto a tierra.

1.14.6. COLORES.

El uso de colores de alta luminosidad y bajo cromatismo en techos y paredes se usa para dar fondos moderados y con buena reflexión de luz, contra el cual los colores focales y los considerados de seguridad sean claramente visibles. Es necesario que los pisos sean de colores claros para ayudar a una reflexión general de la luz.

Los colores según el código de seguridad deben cumplir con ser los mas visible posible y alto cromatismo, teniendo el amarillo como resaltador de altos riesgos, obstrucciones y objeto en movimiento, como grúas, montacargas, etc.). El uso de colores con mayor impacto visual como el rojo fluorescente, se usa para dar avisos de riesgos de incendios y de explosión, además de señalar la ubicación de las puertas de escape y equipos contra incendio. Esto también trae como consecuencia que los colores de seguridad deben venir

asociados con una forma para su fácil entendimiento ante la hora de una necesidad, hasta en casos de personas con deficiencias visuales, sean focales o cromáticas.

Los diferentes colores usados en las maquinarias deben tener mediana luminosidad y bajo cromatismo para evitar la atención hacia otros colores que deben verse con claridad y que son indicadores de señales de emergencia, de aviso, etc. Donde se desee que exista un color adicional para distinguir lugares de menor importancia, se recomienda el uso de efectos de dos tonos, debiendo ser el segundo color más brillante o más oscuros que los de las máquinas.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.

En base a la recopilación de datos que se ha realizado para la construcción de este proyecto; para desbaste de láminas para piezas de aleación de aluminio, se ha tomado en consideración algunas alternativas, de las cuales se realizará el análisis correspondiente para seleccionar la alternativa que más presente garantías tanto en la construcción como en su funcionamiento:

Primera alternativa.

Lijadora eléctrica con un motor trifásico.

Segunda alternativa.

Lijadora eléctrica con un motor monofásico.

2.1.1. PRIMERA ALTERNATIVA.

Lijadora eléctrica con un motor trifásico.- Esta alternativa se basa en el movimiento rotatorio con un motor eléctrico trifásico, que va acoplado al eje un disco de aluminio puro (H 1100) adherido una lija para el desbaste de piezas de aleaciones de aluminio, para su funcionamiento se necesita de una conexión de corriente eléctrica de circuito trifásico.

2.1.2. SEGUNDA ALTERNATIVA.

Lijadora eléctrica con un motor monofásico.- Se puede hablar en esta alternativa del movimiento rotatorio con un motor eléctrico monofásico, que va acoplado a su eje un disco de aluminio puro (H 1100), adherido una lija (ver anexo D) para el desbaste de piezas de aleaciones de aluminio, para su funcionamiento se necesita de una conexión de corriente eléctrica de circuito monofásico.

Motor eléctrico monofásico:

- Frecuencia : 60 Hz
- Voltaje : 110/220 V
- Velocidad angular : 1730 rpm
- Amperio : 13.50/6.75



Figura 2.1.- Lijadora eléctrica con un motor eléctrico monofásico (foto Eddy Vera)

2.2. ANÁLISIS TÉCNICO.

Para el empleo del motor eléctrico trifásico y motor eléctrico monofásico, se realizó un análisis técnico del motor para el acoplamiento del eje de transmisión al disco de aluminio, el tipo de corriente eléctrica que existe en el taller de estructura del CEMAE-15 como también se realizó el análisis de fijación del motor eléctrico considerando la facilidad de acoplamiento a la mesa de soporte dando como resultado el desbaste.

2.3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

Para el empleo del motor eléctrico trifásico y motor eléctrico monofásico, teniendo la información de las alternativas propuestas y en base a los conocimientos adquiridos en la formación técnica científica en el “Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico”. Se analizará las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas propuestas, para poder determinar la más conveniente, analizando los requerimientos técnicos científicos de los mismos, con el fin de instalar el motor eléctrico seleccionado.

2.3.1. Ventajas y desventajas de la primera alternativa.

Lijadora eléctrica con un motor trifásico	
Ventajas	Desventajas
<p>La potencia en KVA (Kilovoltio amperio) de un motor trifásico es aproximadamente 150% mayor que la de un motor monofásico.</p> <p>En un sistema trifásico balanceado los conductores necesitan ser el 75% del tamaño que necesitarían para un sistema monofásico con la misma potencia en VA por lo que esto ayuda a disminuir los costos y por lo tanto a justificar el tercer cable requerido.</p> <p>La potencia proporcionada por un sistema monofásico cae tres veces por ciclo. La potencia proporcionada por un sistema trifásico nunca cae a cero por lo que la potencia enviada a la carga es siempre la misma.</p>	<p>La sección de estructuras del CEMAE-15 no cuenta con una conexión de corriente eléctrica de circuito trifásico.</p> <p>Su costo es demasiado alto.</p>

2.3.2. Ventajas y desventajas de la segunda alternativa.

Lijadora eléctrica con un motor monofásico	
Ventajas	Desventajas
La sección de estructuras del CEMAE-15 cuenta con una conexión de corriente eléctrica de circuito monofásico. Su costo de adquisición es bajo. De fácil instalación eléctrica.	Tener cuidado con el sobre calentamiento. Utiliza corriente eléctrica alterna de 110 V a 220 V.

2.4. ESTUDIO DE PARÁMETROS.

Para poder evaluar a cada una de las alternativas, se asigna un valor X_1 a los parámetros de selección, que se ha considerado los más importantes que permitirán la selección de la mejor alternativa a la adaptación; la asignación de los valores X_1 dependerá de la importancia del parámetro y su valor de ponderación estará entre $0 < X_1 \leq 1$. En función de las ventajas y desventajas que presentan las alternativas, se procede a evaluar cada parámetro y la alternativa que obtenga el valor más alto en la calificación dentro de los parámetros de evaluación será la alternativa a ser adaptada; las alternativas también se las puede calificar entre los valores cero y uno, los parámetros de selección que se toma como referencia en la evacuación, son los siguientes, los mismos que están divididos en tres aspectos (técnico, económico y complementario):

Tabla 2.1. Cuadro de factores

<p>1. Factor mecánico.</p> <ul style="list-style-type: none">- Rendimiento.- Funcionalidad.- Mantenimiento.- Proceso de adaptación.- Facilidad de operación y control.- Fiabilidad.
<p>2. Factor financiero.</p> <ul style="list-style-type: none">- Costo de adaptación.- Costo de operación.
<p>3. Factor complementario.</p> <ul style="list-style-type: none">- Forma.- Tamaño.

2.4.1. FACTOR TÉCNICO

Se define a continuación cada uno de los parámetros.

Rendimiento: Este parámetro se refiere a que se debe tener un alto grado de seguridad en el motor eléctrico trifásico y el motor eléctrico monofásico para poder demostrar el movimiento del disco adherido una lija y cumpla la función para lo cual fue adaptado. Se le asignara un valor de 0.7.

Funcionalidad: Habla sobre las características del motor eléctrico trifásico y el motor eléctrico monofásico debe demostrar el movimiento del disco adherido una lija, y que cumpla con los fines para la que fue adaptado. Por la importancia de este parámetro se le da un valor de 0.7.

Mantenimiento: Es importante este parámetro ya que proporciona un perfecto funcionamiento del motor eléctrico monofásico y el motor eléctrico trifásico, dependiendo de la complejidad del tipo de motor se necesita ver la disponibilidad de los diferentes repuestos que se utiliza durante su mantenimiento. Tomando en cuenta lo anterior se le da un valor de 0.5.

Procesos de adaptación: Todas las alternativas propuestas, requieren de piezas, ilustraciones, elementos con tolerancias y necesitan de maquinarias adecuadas que permitan obtenerlas. En base a lo expuesto anteriormente a este parámetro se le da un valor de 0.6.

Facilidad de operación y control: El motor eléctrico trifásico y el motor eléctrico monofásico presentado deben perseguir una finalidad primordial, la misma que debe tener una facilidad en su operabilidad y control. A este parámetro se le da un valor de 0.6.

Fiabilidad: Este factor es muy importante ya que trata de evaluar el funcionamiento satisfactorio de cada una de las alternativas propuestas. Su valor es de 0.7.

2.4.2. FACTOR ECONÓMICO

Costo de adaptación: Es un parámetro de suma importancia para tomar una adecuada decisión, para la selección del motor eléctrico trifásico y el motor eléctrico monofásico ha emplearse, buscando la alternativa más económica y su parámetro tiene un valor de 0.5.

Costos de operación: Una vez adaptado el motor eléctrico trifásico y el motor eléctrico monofásico, se busca economizar la energía en el proceso de operación. Su valor es de 0.5.

2.4.3. FACTOR COMPLEMENTARIO

Forma: Trata de la estética del motor eléctrico trifásico y el motor eléctrico monofásico. Y se ha fijado un valor de 0.1.

Tamaño: Se refiere a las dimensiones que poseen y el espacio que ocupan los motores eléctricos en la estructura, el valor de este parámetro es de 0.1.

Para poder evaluar los factores se toma en consideración el análisis de los parámetros tácticos, para realizar la selección de la mejor alternativa de construcción del proyecto de grado, se plantea dar valores a los mismos, el valor está dado en un rango de 0 a 1. Tomando en consideración que los factores que han sido dados un valor más alto son los que tienen mayor importancia para su adaptación, y aquellos que se les da un valor más bajo son de menos importancia, pero que son necesarios analizarlos, para poder tomar una buena decisión en la adaptación de la mejor alternativa propuesta.

2.4.4. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS.

Tabla 2.2. Matriz de Evaluación

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	Factor de Ponderación. X1	ALTERNATIVAS	
		1	2
1. Factor mecánico.			
Rendimiento.	0.7	0.6	0.6
Funcionalidad.	0.7	0.5	0.4
Mantenimiento.	0.5	0.4	0.5
Proceso de adaptación.	0.6	0.2	0.5
Facilidad de operación y control.	0.6	0.5	0.6
Fiabilidad	0.7	0.5	0.5
2. Factor financiero.			
Costos de adaptación.	0.5	0.3	0.4
Costos de operación.	0.5	0.5	0.5
3. Factor complementario			
Forma.	0.1	0.1	0.05
Tamaño.	0.1	0.1	0.1

Tabla 2.3. Matriz de Decisión

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS	
	1*X1	2*X1
1.- Factor mecánico.		
Rendimiento.	0.42	0.42
Funcionalidad.	0.32	0.28
Mantenimiento.	0.20	0.25
Proceso de adaptación.	0.12	0.30
Facilidad de operación y control.	0.30	0.36
Fiabilidad.	0.35	0.35
TOTAL. 1	1.71	1.96
2.- Factor financiero.		
Costos de adaptación.	0.15	0.20
Costos de operación.	0.25	0.25
TOTAL. 2	0.40	0.45
3.- Factor complementario		
Forma.	0.01	0.005
Tamaño.	0.01	0.01
TOTAL. 3	0.02	0.015

Tabla 2.4. Matriz de Decisión Puntajes Totales.

FACTORES	ALTERNATIVAS	
	1	2
Factor mecánico.	1.71	1.96
Factor financiero.	0.40	0.45
Factor complementario.	0.02	0.015
TOTALES.	2.13	2.425

Los valores que se indican en la tabla de evaluación de parámetros 2.2 están dados de acuerdo a la evaluación y definición de cada uno de los aspectos para las alternativas presentados anteriormente.

2.4. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Luego de realizar el estudio técnico, el análisis de los parámetros de cada una de las alternativas propuestas, se llega a la conclusión que la mejor alternativa que se puede adaptar es la segunda, por cuanto es un motor eléctrico monofásico que presenta mejores condiciones de diseño, funcionalidad, rendimiento factibilidad de operación y control, el mismo que servirá para mover el disco de desbaste adherida una lija.

La construcción de la lijadora eléctrica esta basado en la necesidad que posee el taller de estructuras aeronáuticas del CEMAE-15 para poder realizar trabajos de desbaste con mayor eficacia y eficiencia en el menor tiempo posible.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se establece los diferentes procesos de construcción de la lijadora eléctrica, también se realiza los diferentes diagramas para lograr establecer si sus componentes funcionan exactamente con lo propuesto.

3.1. ORDEN DE CONSTRUCCIÓN DE LA LIJADORA ELECTRICA

Adquisición de materiales.

- ✓ Motor eléctrico 1 hp 60 hz 1730 RPM.
- ✓ Tubo de acero cuadrado de 2".
- ✓ Tabla triple de 15 líneas.
- ✓ Plancha tol de 2 mm.
- ✓ Plancha galvanizado de 1 mm.
- ✓ Pernos de 5/16".
- ✓ Barra de aluminio.
- ✓ Arco de sierra.
- ✓ Lijas.
- ✓ Cable 7 hilos electrocab # 87 hilos TW AWG.
- ✓ Taípe Nitto 10 yardas.
- ✓ Enchufe T/EAGLE blindado 2862 2P
- ✓ Electrodo E6011.
- ✓ Aldaba para la puerta.

- ✓ Bisagras para la puerta.
- ✓ Pintura anticorrosiva.
- ✓ Pintura cóndor amarilla.
- ✓ Lamina acrílica.
- ✓ Barniz.
- ✓ Cemento de contacto.
- ✓ Brochas.
- ✓ Ángulo $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ "

3.1.1. ESTRUCTURA DE LA LIJADORA ELÉCTRICA.

La estructura de la lijadora eléctrica esta construida de tol de 2 mm de espesor, la cual esta doblada y solada con suelda de E6011 para darle más rigidez (ver capítulo I 1.11.), están montadas a dos piezas hechas del mismos material unidas por pernos y tuercas (ver capítulo I 1.9.9 tabla 1.6) y una bisagra de piano. Para la construcción de lo elementos que conforman la lijadora eléctrica se elaboraron planos el mismo que se encuentra referenciadas en el anexo A.



Fig. 3.1.- Estructura de la lijadora eléctrica (foto Eddy Vera)

3.2. ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA LIJADORA ELÉCTRICA

- ✓ Mesa metálica mixta para soporte.
- ✓ Base para el motor.
- ✓ Disco de aluminio.
- ✓ Motor eléctrico.
- ✓ Protector de limallas.
- ✓ Plano graduada hasta 45 grados.
- ✓ Recolector de desperdicios.

3.2.1. MESA METÁLICA MIXTA PARA SOPORTE

La mesa metálica mixta nos sirve para apoyar la lijadora eléctrica con sus accesorios, consta de una tabla triple de 15 mm de espesor y 60 x 65 de área, lleva un orificio que sirve para empernar el mecanismo de la lijadora y un drene para las limallas (ver fig.3.2), están soldados unos tubos cuadrados de 2" (ver capítulo I tabla 1.5) con electrodos E6011 (ver capítulo I 1.12.) y un ángulo $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ en la parte inferior como apoyo para el recolector de desperdicios, un cajón forrado con tol de 1 mm que esta remachado al tubo y ángulo con remaches de $\frac{5}{32}$ " x $\frac{7}{16}$ " (ver capítulo I 1.11) , la puerta del cajón consta de dos bisagras y una aldaba para asegurarla la cual nos sirve para guardar el equipo de seguridad e implemento de trabajo (ver capítulo I fig. 1.51.), por ultimo consta de un platino soldado en la parte inferior de las patas de 10 cm. x 5 cm. Con un orificio de $\frac{5}{16}$ " que nos sirve para asegurar al piso (ver fig. 3.3).



Fig. 3.2.- Tabla triple de 15 mm de espesor y 60 x 65 (foto Eddy Vera)



Fig. 3.3.- Mesa metálica. (Foto Eddy Vera)

3.2.2. BASE PARA EL MOTOR.

Esta en la parte superior de la mesa metálica mixta sirve para alojar el motor, esta hecha de tol 2 mm doblado y soldado para darle resistencia a la estructura (ver anexo B) tiene dos orificio una donde va el disco giratorio y el otro orificio para regular la mesa graduada hasta 45 grados, esta ajustado a la tabla triple por pernos y tuercas de 5/16 x 1”.



Fig. 3.4.- Base para el motor (foto Eddy Vera)

3.2.3. MOTOR ELÉCTRICO

El motor eléctrico está instalado en la parte superior de la mesa mixta para que pueda dar movimiento rotatorio al disco de aluminio, es un motor eléctrico monofásico (ver capítulo II segunda alternativa), 1 hp (la potencia del motor fue seleccionada para desbastar otros tipos de materiales duros tales como: madera, hierro, cobre y acero estructural), 1730 RPM (la velocidad del motor fue escogida por cuanto se necesita para desbastar materiales suaves a bajas revoluciones y las velocidades alta sirven para pulidos o acabados) y 60 HZ que va acoplado al sistema eléctrico del taller de estructuras del CEMAE-15 para corriente alterna de 110 o 220 CA. Para su conexión eléctrica consta de un enchufe T/EAGLE blindado, switch industrial de 15 A y un cable de hilos Electrocad ver capítulo I 1.2.2.

Tabla 1.1. (Ver fig. 3.6).



Fig. 3.5.- Motor eléctrico monofásico (foto Eddy Vera)

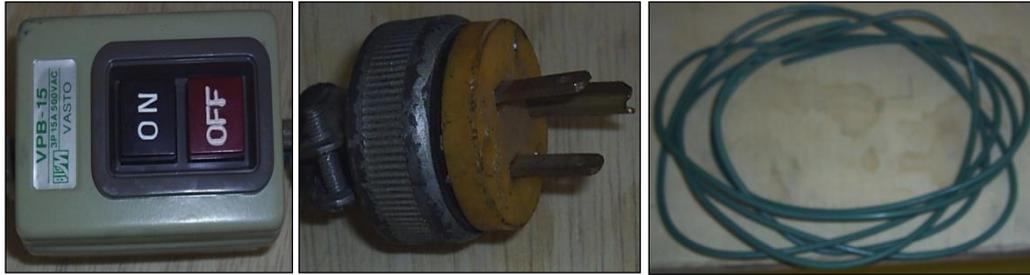


Fig. 3.6.- Accesorios eléctricos (foto Eddy Vera)

3.2.4. DISCO DE ALUMINIO.

El disco de aluminio (ver capítulo I 1.13) de 30 cm. de diámetro y 1.5 cm. de espesor sirve para realizar el trabajo de desbaste en los materiales en la cual se le adhiere la lija con el número correspondiente (ver anexo D), está unida al motor eléctrico y asegurado con tres tornillos prisioneros que no le permitirá que esta se afloje y cause algún accidente.



Fig. 3.7.- Disco de aluminio (foto Eddy Vera)

3.2.5. PROTECTOR DE LIMALLAS.

El protector de limallas va instalada en la parte superior y detrás del disco giratorio, este protector da más seguridad para realizar el desbaste en las láminas de aleación de aluminio por cuanto las partículas saltan en el rostro y al motor, esta hecha de tol de 2 mm, doblada a 90 grados y soldada un pedazo de tol en triangulo para darle mas rigidez a la estructura.



Fig.- 3.8.- Protector de limallas (foto Eddy Vera)

3.2.6. PLANO GRADUADO HASTA 45 GRADOS.

Un plano que se lo puede graduar hasta 45 grados de inclinación sirve para realizar diferentes trabajos de biselados en láminas sumamente grandes de espesores, unido por una bisagra de piano (ver fig. 1.87) a un ángulo a la base del motor (ver fig. 3.9), está ubicado al frente del disco giratorio de aluminio. Esta hecha de tol de 2 mm la misma que esta soldado en las partes dobladas por suelda de E6011, la cual consta de una ranuras a 45 grados para darle mayor facilidad de movimiento (ver fig. 3.10).



Fig.3.9.- Plano graduado hasta 45 grados I (foto Eddy Vera)



Fig.3.10.- Plano graduado hasta 45 grados II (foto Eddy Vera)

3.2.7. RECOLECTOR DE LIMALLAS.

Sirve para recoger las limallas en el momento que se está desbastando las piezas de aleación de aluminio, esta en la parte inferior de la mesa mixta. Esta hecha de tol de 1 mm doblado en los cuatros lados y soldados en las esquinas con suelda E6011 para darle mas resistencia a la estructura metálica.



Fig.3.11. Recolector de desperdicios (foto Eddy Vera)

3.3. DIAGRAMAS DE PROCESOS.

Para poder realizar de una manera cronológica se ha realizado el respectivo diagrama de procesos, para la construcción de la lijadora eléctrica para desbaste de láminas de aleación de aluminio.

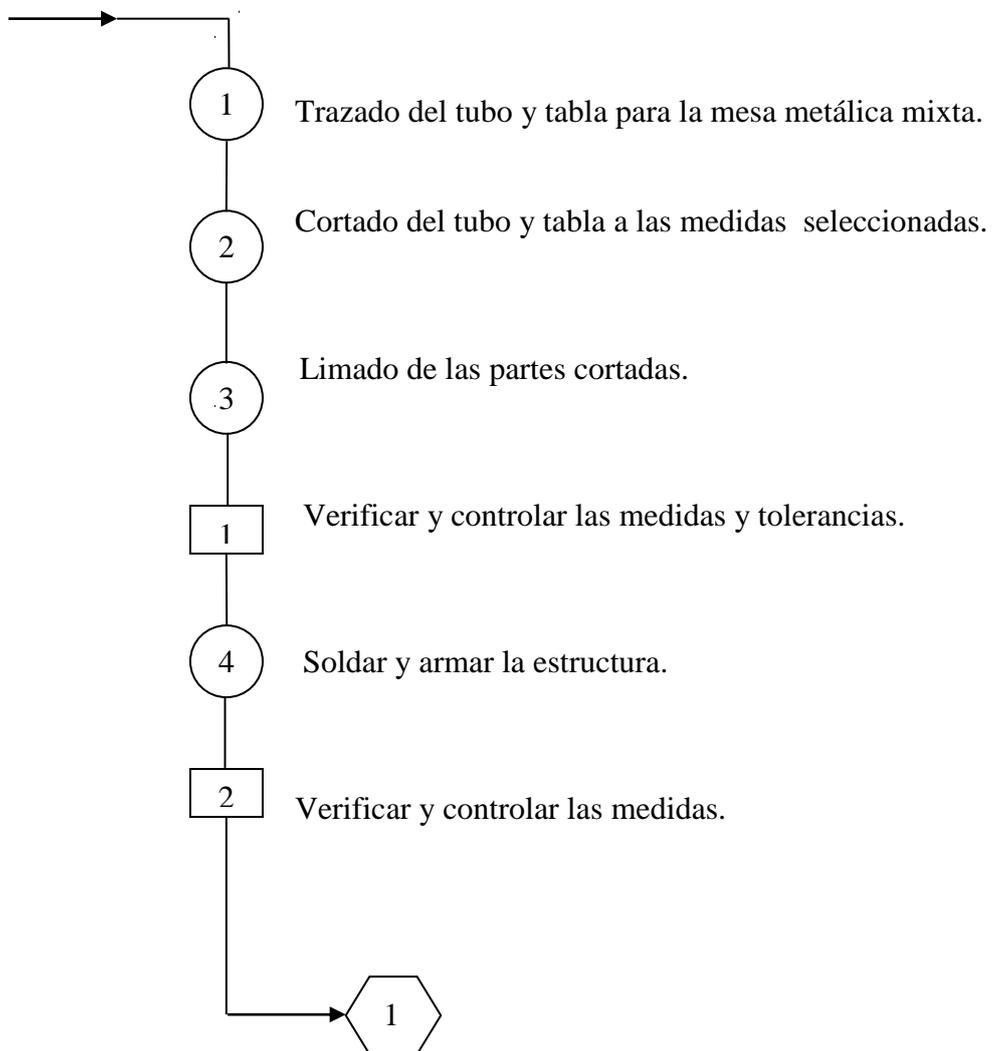
A continuación en la tabla 3.1 se explica el significado o actividad de los símbolos utilizados en los diagramas.

Tabla. 3.1. Simbología.

SIMBOLOGÍA	ACTIVIDAD
	Inicio o fin
	Operación
	Inspección
	Semi elaborado

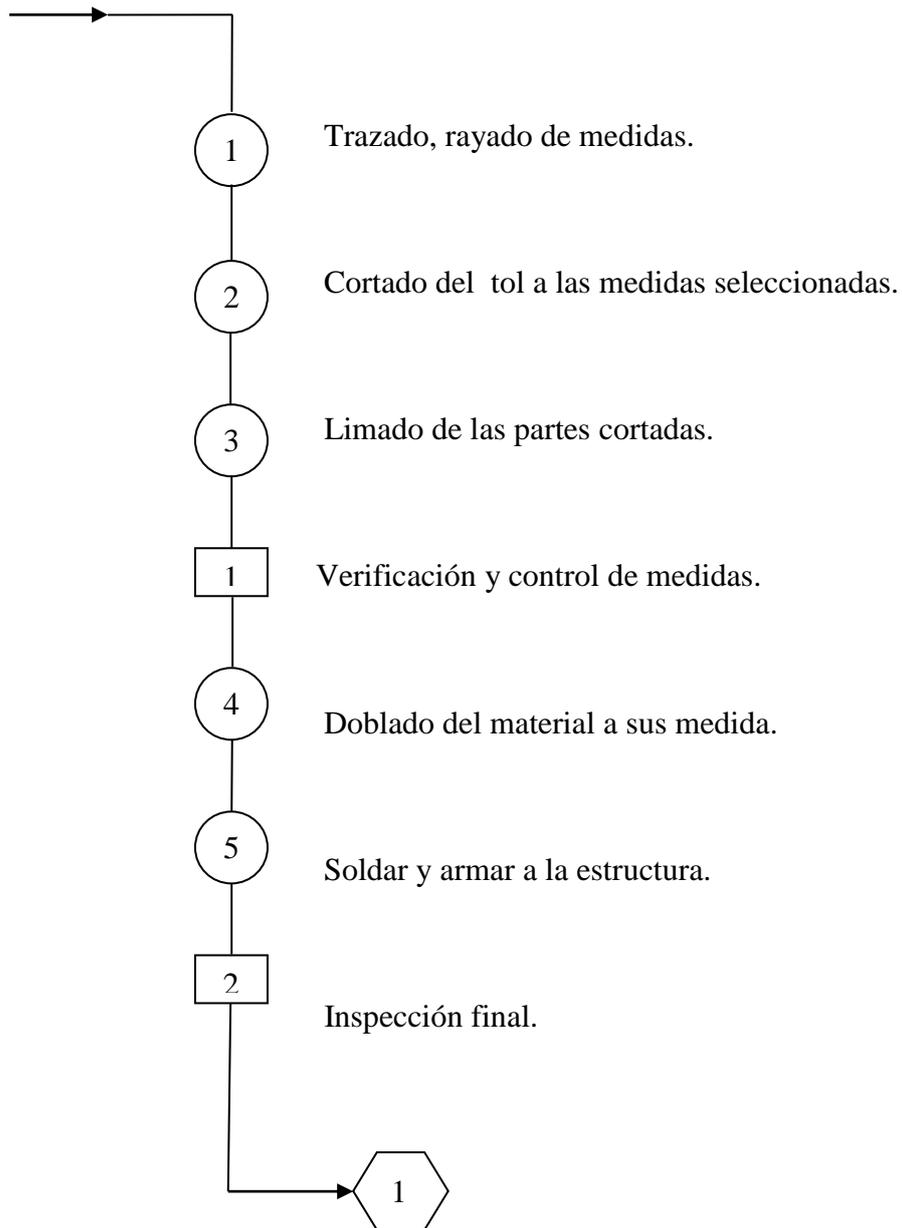
3.3.1. DIAGRAMA DE PROCESOS DE LA MESA METALICA MIXTA.

Material. Tubo cuadrado de 2" y tabla triple de 15mm.



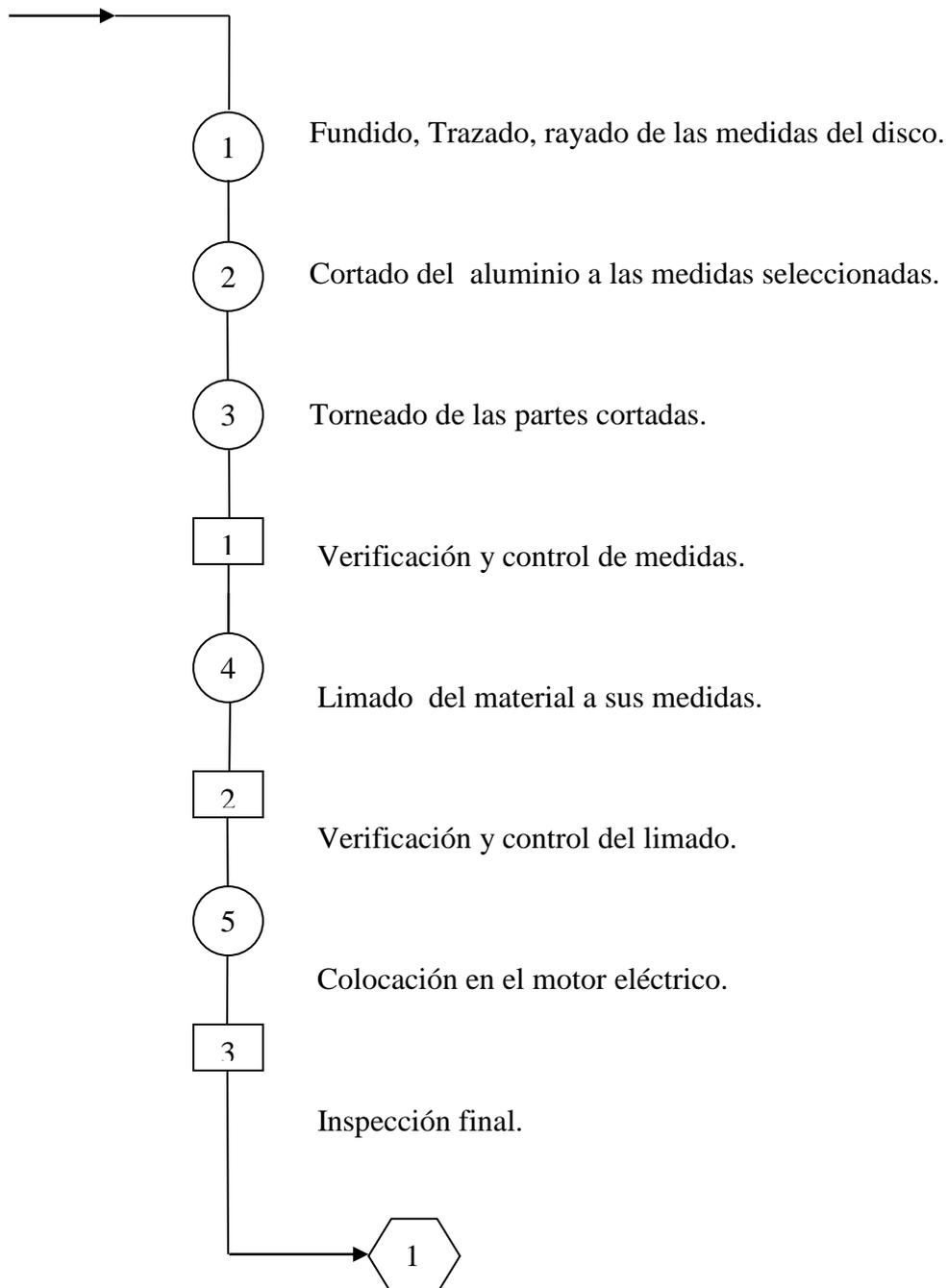
3.3.2. DIAGRAMA DE PROCESOS DE LA BASE PARA EL MOTOR ELÉCTRICO Y EL PLANO INCLINADO.

Material. Tol de 2 mm.



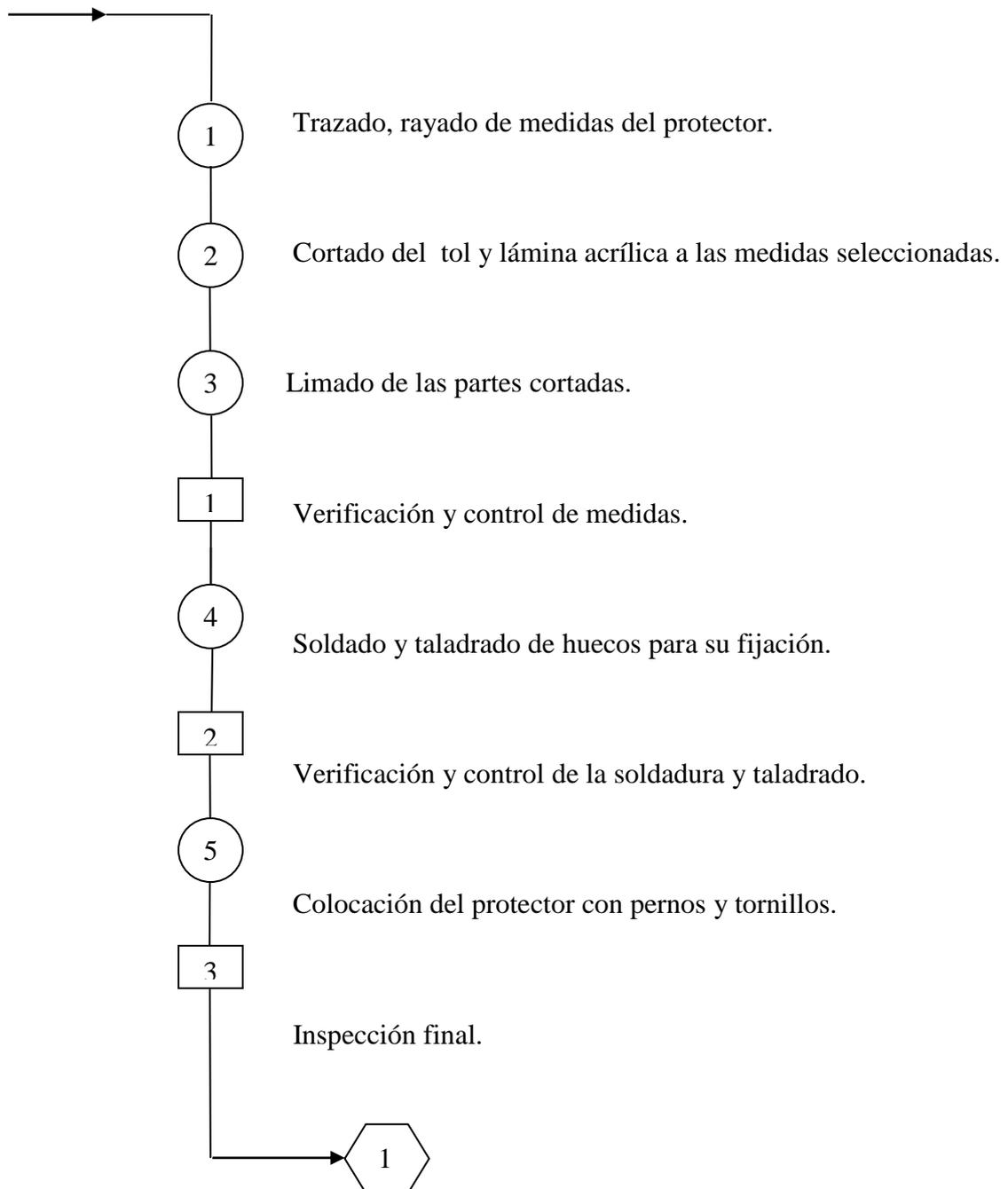
3.3.3. DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL DISCO GIRATORIO.

Material. Aluminio H 1100.



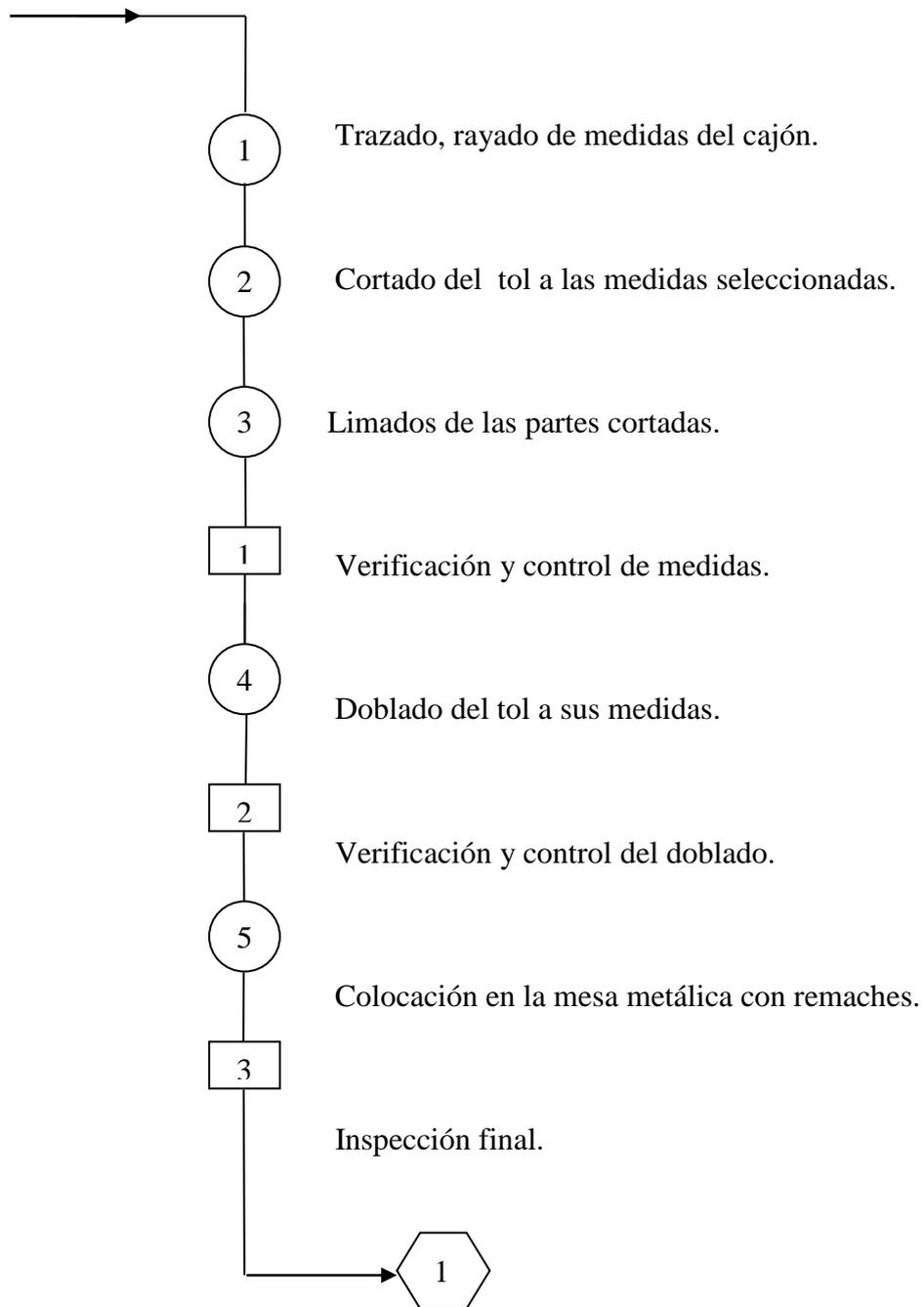
3.3.4. DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTECTOR PARA DE LIMALLAS.

Material. Tol de 2 mm y lámina acrílica.



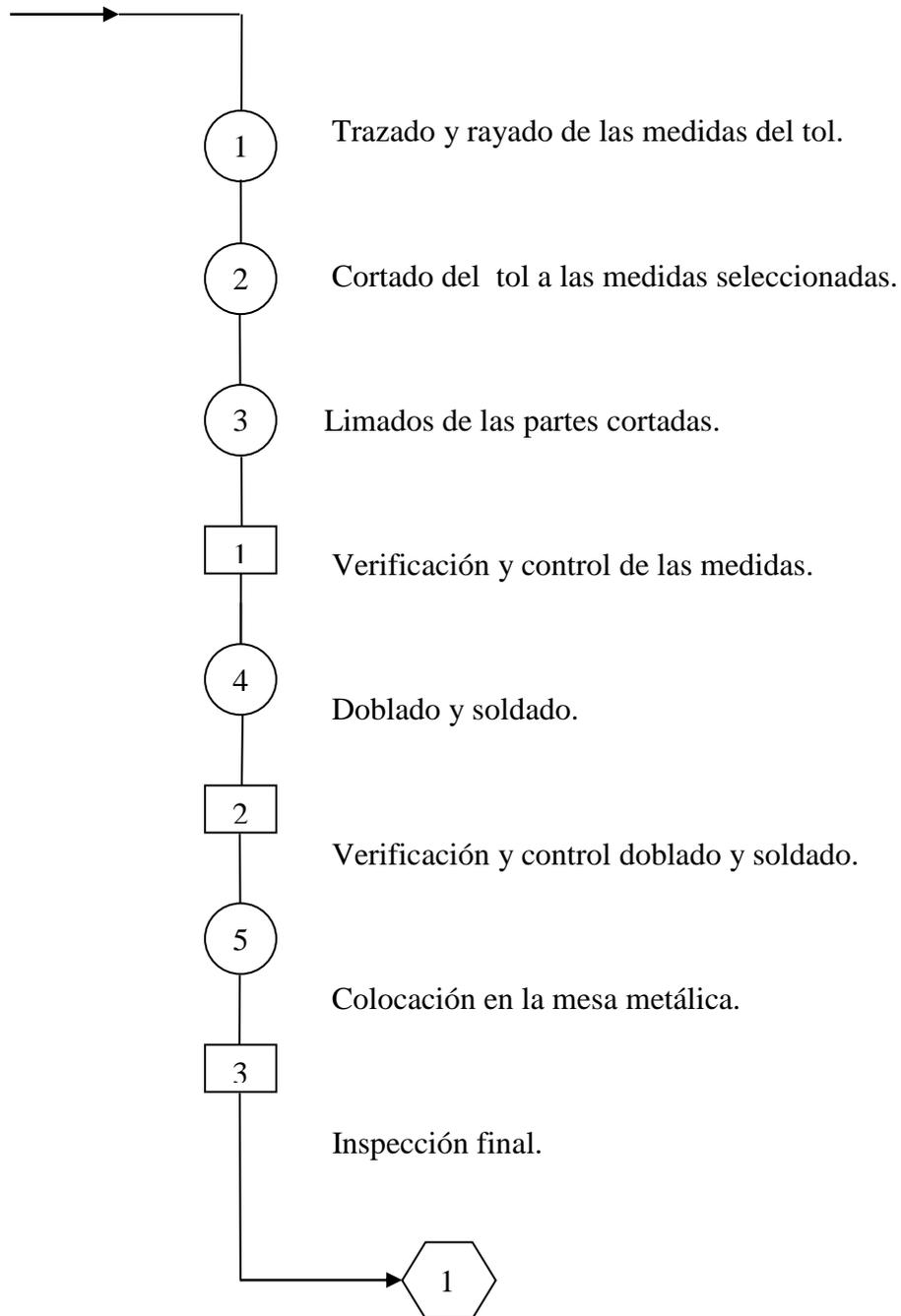
3.3.5. DIAGRAMA DE PROCESOS PARA EL CAJÓN.

Material. Tol galvanizado de 1 mm.



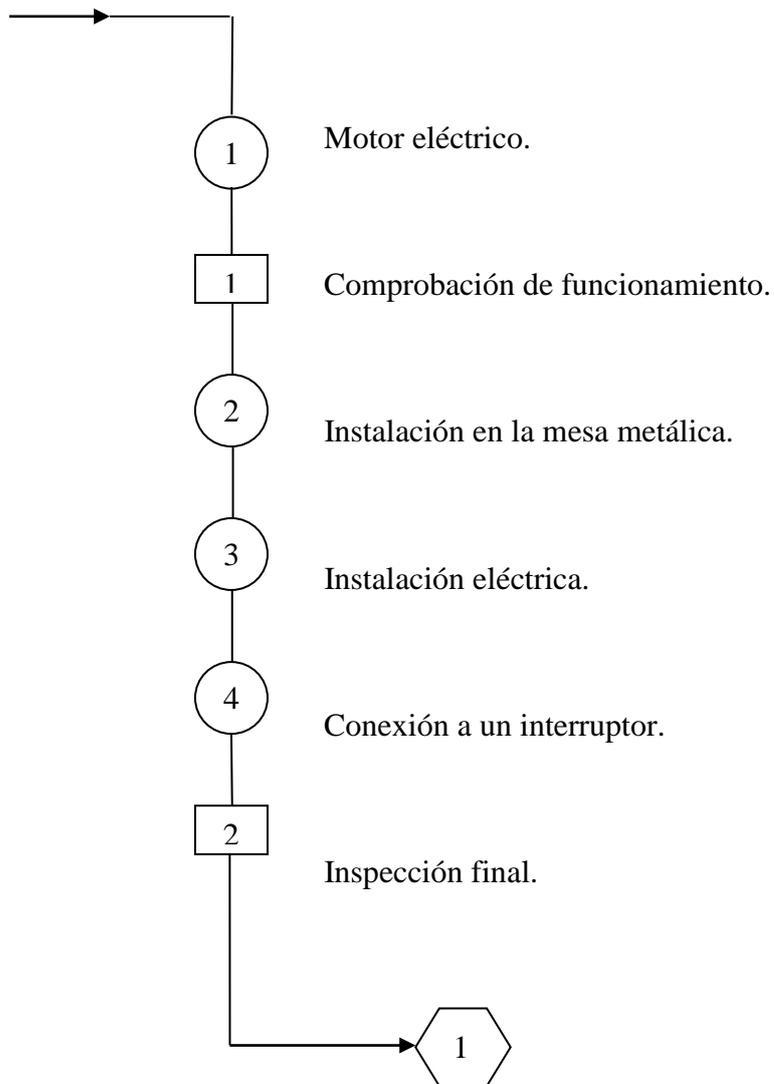
3.3.6. DIAGRAMA DE PROCESOS PARA EL RECOLECTOR DE LIMALLAS.

Material. Tol galvanizado de 1 mm.



3.3.7. DIAGRAMA DE PROCESOS DE INSTALACIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO EN LA ESTRUCTURA

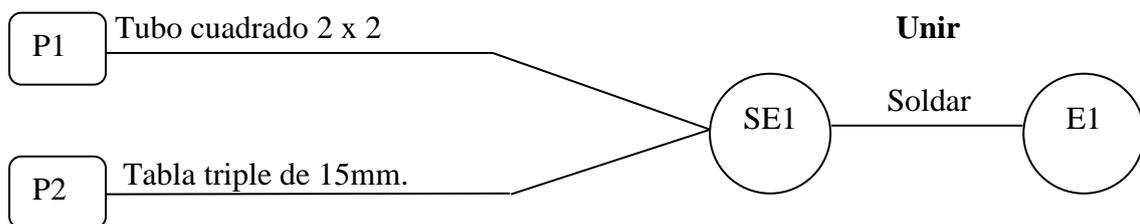
Material.- Motor eléctrico.



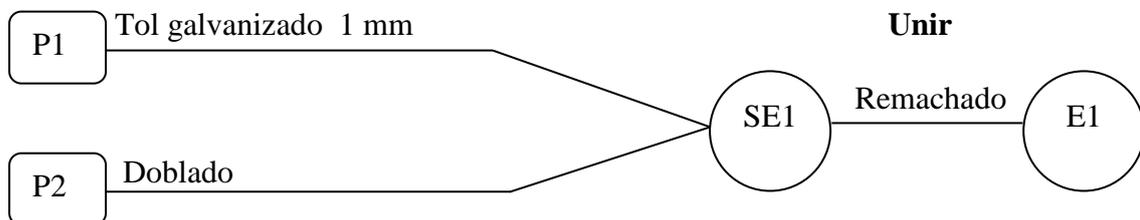
3.4. DIAGRAMAS DE ENSAMBLE.

Para proceder al ensamble de los elementos que conforman la lijadora eléctrica aplicable para desbaste para diferentes tipos de aleaciones de aluminio, se procederá a ensamblarlos.

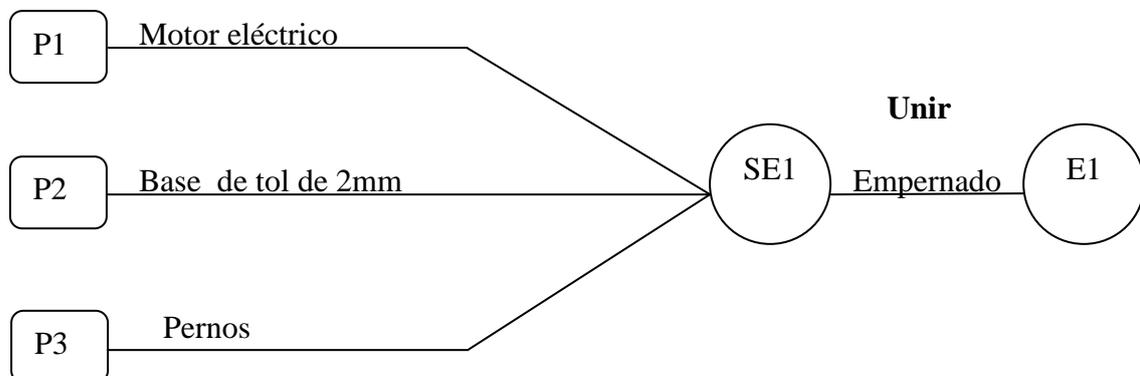
3.4.1. DIAGRAMA DE ENSAMBLE DE LA MESA METALICA MIXTA.



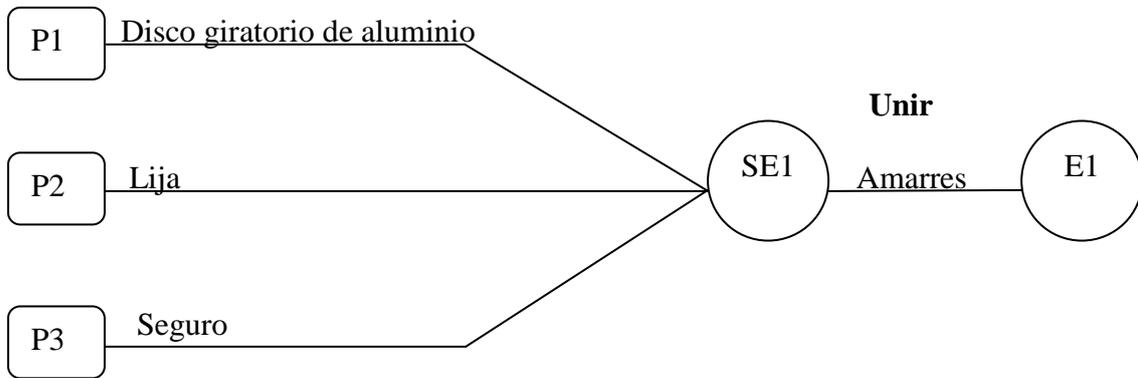
3.4.2. DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE DEL CAJÓN.



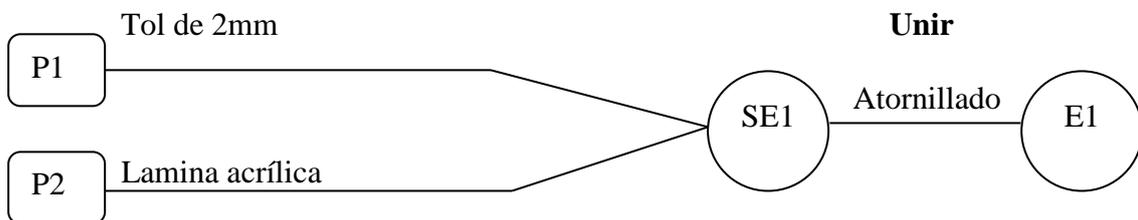
3.4.3. DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE DEL MOTOR ELÉCTRICO.



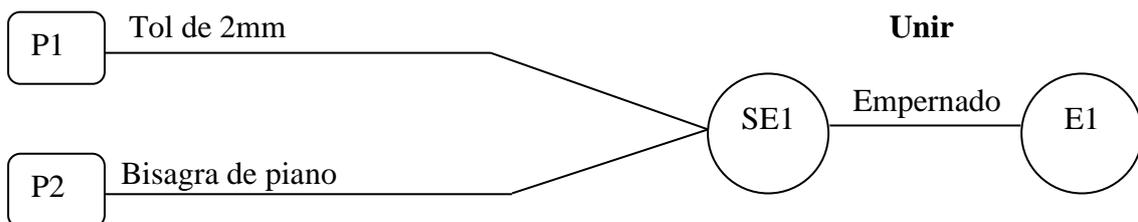
3.4.4. DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE DEL DISCO GIRATORIO DE DESBASTE AL EJE DEL MOTOR.



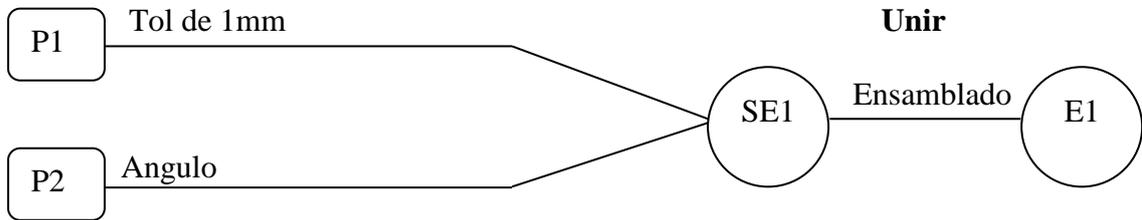
3.4.5. DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE DEL PROTECTOR DE LIMALLAS.



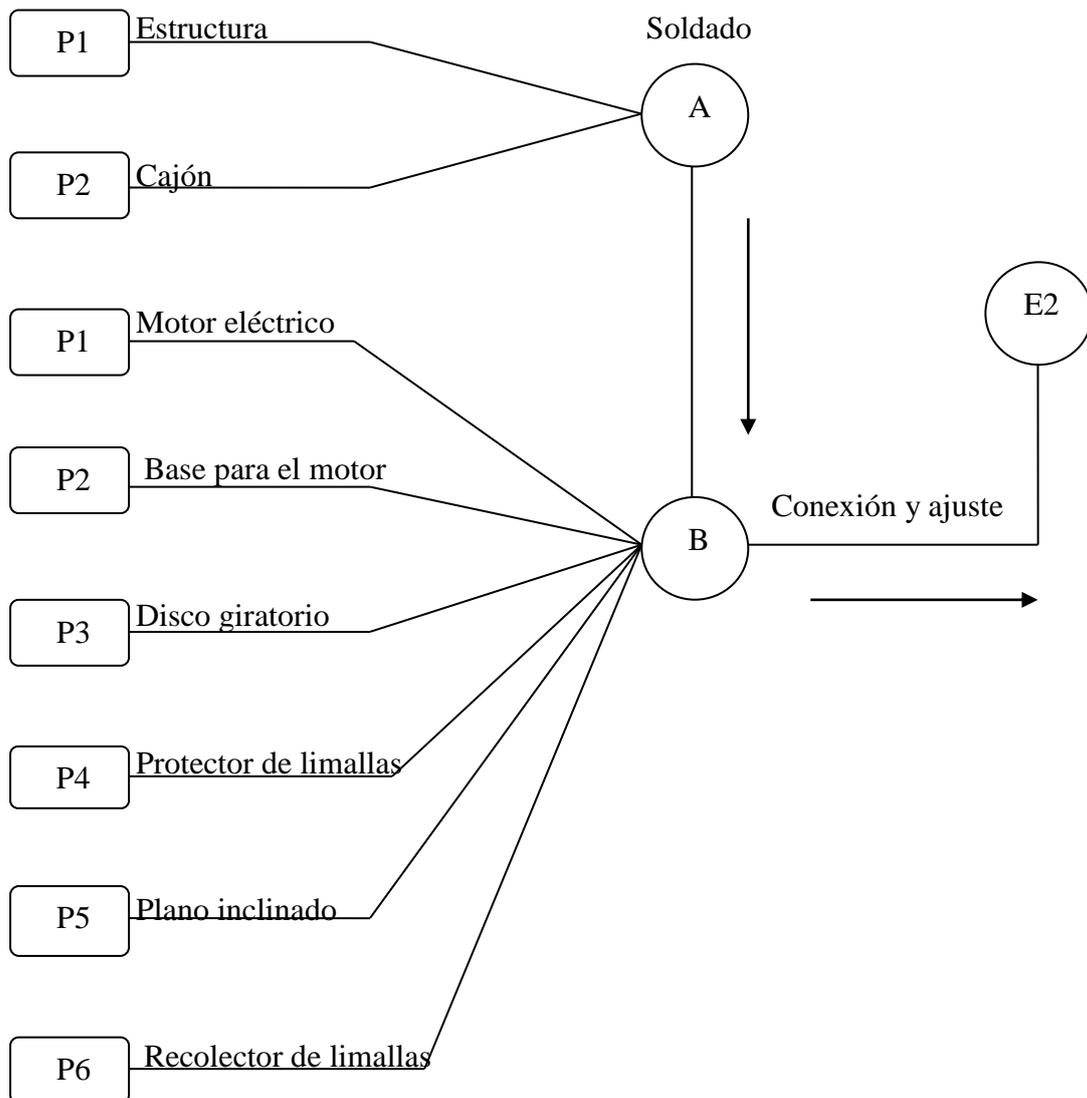
3.4.6. DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE DEL PLANO INCLINADO.



3.4.7. DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE DEL RECOLECTOR DE ESPERDICIOS.



3.4.8. DIAGRAMA DE ENSAMBLE FINAL.



3.5. OPERATIVIDAD DE LA LIJADORA ELÉCTRICA APLICABLE PARA EL DESBASTE DE ALEACIONES DE ALUMINIO

Al terminar la construcción de la lijadora eléctrica aplicable para desbaste de piezas de aleaciones de aluminio, se procedió a inspeccionar cada una de las partes de la estructura con el fin de evitar que existan accidentes en el momento que esté desbastando; pudiendo observar que la lijadora y los elementos que lo conforman están funcionando en óptimas condiciones.

A continuación se presenta la lijadora eléctrica para desbaste de las piezas de aleaciones de aluminio.



Fig. 3.12 Lijadora eléctrica (foto Eddy Vera)

La lijadora eléctrica aplicable para materiales de aleación de aluminio terminado ha sido elaborado con materiales de adquisición nacional.

3.6. PRUEBAS DE DE FUNCIONAMIENTO.

Una vez construido la lijadora eléctrica aplicable para aleaciones de aluminio, y sus respectivos elementos y realizado el ensamblaje de los mismos, se procederá a verificar el estado de funcionamiento de cada uno de los mismos.

3.7. ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA MECÁNICA APLICABLE PARA EL DESBASTE DE ALEACIONES DE ALUMINIO.

En la siguiente tabla se enumera los elementos que conforman la lijadora eléctrica aplicable para el desbaste de aleaciones de aluminio, su estado y funcionamiento de los mismos.

Tabla 3.2. Estado de los elementos de la lijadora eléctrica.

ELEMENTO	CONDICION DE FUNCIONAMIENTO	CONDICION DE ENSAMBLE
Mesa metálica mixta	✓	✓
Base del motor	✓	✓
Motor eléctrico	✓	✓
Disco giratorio	✓	✓
Plano inclinado a 45 grados	✓	✓
Protector de limallas	✓	✓
Recolector de desperdicios	✓	✓



Fig. 3.13.- Lijadora eléctrica terminada (foto Eddy Vera)

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS NORMALES (PON)

4.1. CONCEPTO.

Establece los procedimientos de mantenimiento, seguridad y operación de la lijadora eléctrica. Normas que debe seguir el operador para realizar cualquier tipo de trabajo en el desbaste de las piezas de aleaciones de aluminio en el área de reparación estructural aeronáutica para prevenir accidentes, precautelar los recursos tanto materiales como humanos entre las cuales se citarán las siguientes.

4.2. TIPOS DE PROCEDIMIENTOS.

- ✓ Procedimiento de mantenimiento.
- ✓ procedimiento de operación.
- ✓ procedimiento de seguridad.

4.2.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO.

4.2.1.1. OBJETIVO DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO.

Documentar el procedimiento de mantenimiento para el correcto funcionamiento de la lijadora eléctrica.

4.2.1.2. ALCANCE DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO.

Mantener el buen funcionamiento de la lijadora eléctrica, para su perfecto funcionamiento.

4.2.1.3. DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO.

Conservación y preservación normales del equipo como consecuencia del trato, uso, desgaste y deterioro. Para mantener las prestaciones, el potencial y la disponibilidad del equipo por encima del nivel mínimo admisible.

En el siguiente formato se citarán los procedimientos de mantenimiento.

4.2.1.4. HOJA DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO.

ITSA	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Pág.: 1 de 1
	MANTENIMIENTO DE LA LIJADORA ELÉCTRICA PARA DESBASTE DE PIEZAS DE ALEACIONES DE ALUMINIO	Código : <i>AE-LE-1</i>
	Elaborado por: Cbop. Vera Eddy.	Revisión No. : 1
A.E.	Aprobado por: Sbos. Iván Coral	Fecha : 2007-07-03

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMANAL.

- ✓ Realizar una inspección visual de la lijadora eléctrica para detectar si algún componente no se encuentre flojo.
- ✓ Realizar una limpieza general de la lijadora eléctrica, esto consiste en limpiar con una brocha las limallas y engrasar los cojinetes del motor.
- ✓ Verificar que la pintura de los conjuntos de la lijadora eléctrica no se encuentre deteriorada para evitar daños a la estructura y pueda causar corrosión.
- ✓ Verificar que no exista fricción entre el plato giratorio y la mesa graduada a 45 grados, para evitar desgaste que pueden causar un desbastado no uniforme.
- ✓ Verificar que no exista juego entre el disco giratorio y el eje del motor eléctrico (ajustar los prisioneros).
- ✓ Revisar el switch de encendido y el enchufe del motor eléctrico.
- ✓ Limpiar la superficie del disco giratorio con disolvente o alcohol en el momento de cambiar la lija.
- ✓ Verificar el estado del protector de seguridad y el recolector de limallas aplicada a la maquina.

Nota:

- ✓ Revisar las conexiones internas, los rulimanes y los carbones cada 5 años esto lo debe realizar un técnico experto en motores eléctricos.

4.2.2. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.

4.2.2.1. OBJETIVO PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.

Documentar el procedimiento de operación y manipulación para el correcto funcionamiento de la lijadora eléctrica.

4.2.2. 2. ALCANCE PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.

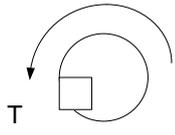
En este procedimiento están involucrados todo el personal de técnicos o mecánicos de mantenimiento, que realicen trabajos de reparación estructural en piezas de aleación de aluminio.

4.2.2.3. DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.

Conjunto de procedimientos para realizar un trabajo ya sea eléctrico y/o mecánico, que realiza un operador para ejecutar cualquier acción.

En el siguiente formato se citarán los procedimientos de operación.

4.2.2.4. HOJA DE PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.

ITSA	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	Pág.: 1 de 1
	OPERACIÓN DE LA LIJADORA ELÉCTRICA PARA EL DESBASTE DE PIEZAS DE ALEACIONES DE ALUMINIO	Código : AE-LE-1
		Revisión No. : 1
A.E.	Elaborado por: Cbop. Vera Eddy	Fecha : 26-10-2007
<p style="text-align: center;">PROCEDIMIENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizar personas autorizadas. ✓ Mantener presente el voltaje con que funciona la lijadora eléctrica 110/220. ✓ Verificar que el switch este en posición de encendido “ON”. ✓ Para realizar el desbastado del material el técnico que utiliza la máquina eléctrica debe colocarse al costado izquierdo del disco giratorio, ya que el motor gira en el sentido anti horario de las manecillas del reloj, esto evitará que el material salte y cause daño al operador. <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mantener las manos lejos de la lijadora durante el proceso de desbastado. ✓ Una vez terminado el proceso de desbastado poner el switch en posición de apagado “OFF” y desconectar el enchufe de la máquina eléctrica. <p style="text-align: center;">FIRMA DE RESPONSABILIDAD.....</p>		

4.2.3. PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD.

4.2.3.1. OBJETIVO DE PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD.

Documentar el proceso de seguridad para evitar cualquier tipo de lesiones en la manipulación de La lijadora eléctrica.

4.2.3.2. ALCANCE DE PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD.

Mantener el buen funcionamiento de la lijadora eléctrica, evitando cualquier tipo de accidentes para conservar la integridad de los factores humanos y mecánicos, ya que aquí se encuentra inmiscuido todo el personal de mantenimiento de la sección de estructura aeronáutica.

4.2.3.3. DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD.

Sector de la seguridad y la salud pública que se ocupa de proteger la salud de los trabajadores, controlando el entorno del trabajo para reducir o eliminar riesgos que puedan producir algún tipo de accidente según las normas de Seguridad e Higiene Industrial.

En el siguiente formato se citarán los procedimientos de seguridad.

4.2.3.4. HOJA DE PROCEDIMIENTO DESEGURIDAD.

ITSA	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD.	Pág. : 1 de 1
	SEGURIDAD DE LA LIJADORA ELÉCTRICA PARA EL DESBASTE DE PIEZAS DE ALEACIONES DE ALUMINIO	Código : AE-LE-1
	Elaborado por: Cbop. Vera Eddy.	Revisión No. : 1
A.E.	Aprobado por: Sbos. Iván Coral	Fecha : 26-10-2007

PROCEDIMIENTOS

- ✓ Antes de realizar cualquier tipo de trabajo tome todas las medidas de seguridad para evitar algún tipo de lesión y utilizar equipos de protección personal tales como: Gafas visuales, mascarilla, guantes y protector de oídos.
- ✓ Realizar una inspección visual del motor eléctrico para detectar algún tipo de objetos extraños, antes de realizar cualquier trabajo de desbaste.
- ✓ Mantener una distancia prudente entre la lijadora eléctrica y el operador.
- ✓ En caso de escuchar ruidos extraños producidos por el disco giratorio de desbaste, apagar el motor eléctrico y desconectarlo.
- ✓ No usar ropa suelta (corbata, bufanda, ropa demasiado grande) puede enredarse y causar un accidente, use overol de trabajo para mayor seguridad.
- ✓ No usar joyas cuando se este realizando trabajos de desbastes (anillos, relojes, cadenas).

FIRMA DE RESPONSABILIDAD.-----

CAPITULO V

ESTUDIO FINANCIERO

5.1. PRESUPUESTO.

Para el presupuesto se toma en consideración los precios referenciales de cada material en el mercado. El empleo, alquiler de maquinarias y equipos se constituyen también como un factor de gran importancia para la construcción y es así que no se puede dejar a un lado el costo de la mano de obra.

5.2. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO.

En la construcción de la lijadora eléctrica se toma en consideración los siguientes factores o rubros.

- ✓ Materiales.
- ✓ Maquinaria, herramientas y equipo.
- ✓ Mano de obra.

5.2.1. MATERIALES.

Comprende todos los materiales que se adquiere para la construcción de la lijadora eléctrica.

5.2.1.1. Materiales utilizados para la construcción de la lijadora eléctrica.

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	C/U (En dólares)	COSTO TOTAL (En dólares)
1	DISCO DE CORTE	1	Unidad	3.00	3.00
2	MOTOR ELECTRICO	1	Unidad	112.00	112.00
3	PINTURA FONDO ACRILICO	1	Kit	8.00	8.00
4	MICA	1	M ²	25.00	25.00
5	TABLA TRIPLE DE 15 MM	1	M ²	10.00	10.00
6	TOL DE 2 MM	½ PLANCHA	M ²	30.00	30.00
7	TOL DE 1 MM	¼ PLANCHA	M ²	10.00	10.00
8	DISCO DE ALUMINIO 30 CM	1	∅	40.00	40.00
9	LIJAS 140	3	Unidad	0.50	1.50
10	SIERRA DE CORTE	2	Unidad	2.00	4.00
11	BROCA DE 5/32" Y 5/16"	2	Unidad	0.80	1.60
12	ELECTRODOS E6011	4	Libras	1.20	4.80
13	PERNOS DE 5/16" X 1"	12	Unidad	0.10	1.20
14	RODELAS	24	Unidad	0.04	0.96
15	TUBO CUADRADO DE 2"	2	Unidad	22.30	44.60
16	RE MACHES 5/32"	40	Unidad	0.02	0.80
17	ALDABA	1	Unidad	0.30	0.30
18	BISAGRAS	2	Unidad	0.10	0.20
19	PINTURA AMARILLO ACRILICO	2	KIT	10.00	20.00
20	BURNIZ	1	Unidad	0.70	0.70
21	BROCHA	2	Unidad	0.80	1.60
22	CEMENTO DE CONTACTO	1	Unidad	1.00	1.00
23	CABLE DE HILOS	10	Metro	0.87	8.70
24	TAIPE NITTO	1	Unidad	0.24	0.24
25	ENCHUFE T/EAGLE	1	Unidad	0.88	0.88
TOTAL					\$ 331.08

5.2.2. Máquinas y Herramientas.

5.2.2.1. Costo de la maquinaria y herramientas empleado para la construcción de la lijadora eléctrica.

No.	DESCRIPCIÓN	TIEMPO (Horas)	COSTO (Hora)	SUB TOTAL (En dólares)
1	MOLADORA	4	1.00	4.00
2	EQUIPO DE PINTURA	5	1.50	7.50
3	MAQUINADO	2	5.00	10.00
SUMA				\$ 21.50

5.2.3. Mano de Obra

5.2.3.1. Costo de la Mano de Obra

No.	DESCRIPCIÓN	TIEMPO (Horas)	COSTO (Hora)	SUB TOTAL (En dólares)
1	CIZALLA PARA CORTAR EL TOL	6	1.00	6.00
2	OPERADOR DE LA MOLADORA Y SUELDA	40	1.00	40.00
3	PINTOR	16	2.00	32.00
SUMA				\$ 78.00

NOTA: El alquiler de maquinarias, herramientas, equipos y la mano de obra se le pagó al Sr. del taller en donde construyó la lijadora eléctrica con los valores mencionados en los cuadros.

5.3. Costo total de la construcción de la lijadora eléctrica.

No.	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL (En dólares)
1	MATERIALES	331.08
2	MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	21.50
3	MANO DE OBRA	78.00
SUMA		\$ 430.58

La suma total de la construcción de la lijadora eléctrica es de **cuatrocientos treinta con cincuenta y ocho centavos de dólares.**

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ✓ La recopilación de datos se la tomó de varios autores bibliográficos, en la cual se tomaron los conceptos más importantes para la construcción de la lijadora eléctrica.
- ✓ Para el funcionamiento rotatorio de la lijadora, se estableció dos alternativas de motor eléctrico para el acoplamiento al disco de aluminio adherido una lija, para lo cual se tomo la alternativa más conveniente.
- ✓ Los planos para la construcción de la lijadora se la realizó en el programa de Auto CAD 2002, en el cual se estableció las medidas recomendadas por parte del director del proyecto de grado.
- ✓ Los elementos de las partes de la lijadora eléctrica se las construyó de acuerdo a la necesidad y facilidad de su uso para el operador, para realizar el desbaste de las piezas de aleaciones de aluminio.
- ✓ Para su uso y funcionamiento de acuerdo al trabajo que realiza la lijadora eléctrica, se elaboró las respectivas hojas de procedimiento operativos normales (PON de operación, mantenimiento y seguridad).

- ✓ Se realizó un estudio financiero para la construcción de la lijadora eléctrica, en el cual está registrado los valores y costos de los materiales utilizados.

6.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Asegúrese de que el disco de aluminio no tenga porosidad ni partes rugosas por cuanto estas aumentan las vibraciones en la estructura de la lijadora eléctrica.
- ✓ Se debe observar estrictamente las hojas de procedimiento operativos normales para un perfecto uso y funcionamiento de la lijadora eléctrica, evitando contratiempos (pérdida de tiempo y recursos) e inclusive prevenir accidentes.
- ✓ Asegúrese de no usar presión excesiva al desbastar, permita que el abrasivo haga su trabajo. Usar presión excesiva solo hará que la lija se obstruya o se desgaste demasiado rápido.
- ✓ Las prácticas o trabajos de desbaste en piezas de aleaciones de aluminio, se deben realizarlo en un ambiente de trabajo que brinde las seguridades adecuadas para el personal técnico que opere la lijadora eléctrica.
- ✓ Asegurar la lijadora eléctrica al piso con aislamiento y tornillo esto evitará que la máquina cause un accidente por vibraciones excesivas.

BIBLIOGRAFÍA

HARRY, Mileaf (1994). Curso Práctico de Electricidad, Volumen I, Editorial LIMUSA, México, D.F.

HARRY, Mileaf (1994). Curso Práctico de Electricidad, Volumen II, Editorial LIMUSA, México, D.F.

P. Bhatt y H. M. Nelson (1999). Estructuras, Primera Edición en Español, Compañía Editorial Continental, S.A. De C.V. Madrid.

STEPHEN J Chapman (2000), Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, Editorial Nomos S.A. Bogotá Colombia.

<http://www.iesolquibla.com/tecno.H m/tecnowed/electricidad/electro-index.htm>.

http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_el%C3%A9ctrico

<http://bricotodo.com/lijar.php/>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Terraja>

[http:// www.sibsa.com.max/inicio.html](http://www.sibsa.com.max/inicio.html)

ANEXOS