



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA INGENIERÍA EN MECÁNICA**

**AUTOMOTRIZ**

**Aplicaciones de la dinámica, la estática, la mecánica de  
fluidos y el calor a la ingeniería de los vehículos**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

**Autores:**

**OSCAR TOBÍAS PAUTE MERCHÁN**

**WALTER ENRIQUE PAÑI SAGUAY**

**Director:**

**ING. ORLANDO ANDRÉS BAQUERO LARRIVA**

**CUENCA – ECUADOR**

**2017**

**DEDICATORIAS:**

A mis padres, Olmedo e Inés, por su sacrificio, apoyo incondicional e infinito amor.

*Oscar.*

A Dios, porque la fortaleza que necesitaba para mantenerme de pie, la encontré en él y así poder alcanzar el sueño más anhelado de toda una vida, el ser profesional y ayudar con humildad a los demás.

A mis padres (María Edelina Saguay Tacuri y Manuel Enrique Pañi Vargas) por ser los únicos que dieron todo a lo largo de mi carrera, para lograr cumplir mi sueño y por ser el pilar que necesitaba para seguir luchando y nunca parar.

A mis hermanos y mi familia por la paciencia y apoyo que me dieron siempre cada día para lograr culminar una meta más en mi vida. GRACIAS.

*Walter.*

**AGRADECIMIENTOS:**

A mi familia por su infinito apoyo, paciencia y amor. A los Sres. Ing. Torres, Baquero, Rockwood, por su apoyo y confianza. A Walter y su familia por el esfuerzo. Y a todas aquellas personas que estuvieron presentes con sus consejos y apoyo incondicional, a todos ellos, Gracias.

*Oscar.*

Expreso mi más profundo agradecimiento a todos los profesores que intervinieron en mi aprendizaje de todos los conocimientos adquiridos tanto como de profesionalización como el ser mejor persona ante la sociedad, y de igual manera a todos los profesores tanto como director de tesis y la junta académica por la guía necesaria para poder finalizar este trabajo de grado. GRACIAS.

*Walter.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIAS: .....	ii
AGRADECIMIENTOS: .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
INDICE DE IMÁGENES. ....	xiv
INDICE DE TABLAS .....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT .....	xxi
<b>INTRODUCCIÓN:</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 : ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.2. LA FÍSICA: BREVE HISTORIA Y EVOLUCIÓN.....	3
1.3. ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA FÍSICA EN LA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.....	9
1.3.1. ¿Para qué estudiar física?.....	9
1.3.2. Interés por la física.....	10
1.3.3. Aprendizaje de la física.....	11
1.3.4. Las clases de física.....	12
1.4. ANÁLISIS DE LOS LIBROS MÁS UTILIZADOS .....	13
1.5. ANÁLISIS DE LIBROS CON APLICACIONES AUTOMOTRICES .....	17
1.6. ANÁLISIS DE LOS SÍLABOS FÍSICA I Y FÍSICA II, DE LA CARRERA DE I.M.A. DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY .....	18
1.6.1. Silabo Física I .....	18

1.6.2.	Silabo Física II.....	20
1.7.	ANÁLISIS DE LOS SÍLABOS ESTÁTICA, DINÁMICA DE LA CARRERA DE I.M.A. DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY .....	22
1.7.1.	Silabo Estática.....	23
1.7.2.	Silabo Dinámica.....	25
1.8.	ENCUESTA Y RESULTADOS .....	27
1.8.1.	Formato utilizado para la encuesta .....	27
1.8.2.	Resultados de la encuesta .....	27
1.9.	PROBLEMÁTICA.....	36
<b>CAPÍTULO 2 : RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>		<b>37</b>
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	37
2.2.	CINEMÁTICA.....	37
2.2.1.	Conceptos fundamentales:.....	37
2.2.2.	Sistemas de referencia .....	40
2.2.3.	Velocidad .....	43
2.2.3.1.	Velocidad media.....	43
2.2.3.2.	Velocidad instantánea .....	44
2.2.3.3.	Velocidad de marcha de un vehículo .....	45
2.2.4.	Aceleración .....	45
2.2.4.1.	Aceleración media.....	46
2.2.4.2.	Aceleración instantánea .....	47
2.2.5.	Movimientos .....	47
2.2.5.1.	Movimiento Rectilíneo Uniforme .....	47
2.2.5.2.	Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado .....	48
2.2.5.3.	Movimiento Vertical .....	50

2.2.5.3.1.	Gravedad .....	50
2.2.5.3.2.	Caída libre de un cuerpo .....	52
2.2.5.3.3.	Caída de los cuerpos con velocidad inicial .....	53
2.2.5.3.4.	Lanzamiento de un cuerpo hacia arriba .....	53
2.2.5.4.	Movimiento de un proyectil .....	54
2.2.5.5.	Movimiento circular .....	57
2.2.5.5.1.	Desplazamiento angular .....	57
2.2.5.5.2.	Velocidad angular .....	57
2.2.5.5.3.	Relación entre .....	58
2.2.5.5.4.	Aceleración angular .....	59
2.2.5.5.5.	Aceleración lineal .....	60
2.2.5.5.6.	Aceleración tangencial .....	60
2.2.5.5.7.	Aceleración centrípeta .....	61
2.2.5.5.8.	Fuerza centrípeta .....	61
2.2.5.5.9.	Relación entre aceleración tangencial y aceleración angular .....	62
2.2.5.6.	Movimiento circular uniforme .....	62
2.2.5.6.1.	Periodo .....	63
2.2.5.6.2.	Frecuencia .....	63
2.2.5.6.3.	Aceleraciones en M.C.U. ....	64
2.2.5.7.	Movimiento circular uniformemente variado M.C.U.V. ....	64
2.3.	LEYES DE NEWTON .....	65
2.3.1.	Fuerza .....	65
2.3.1.1.	Impulso y cantidad de movimiento .....	66
2.3.1.2.	Fuerza normal .....	66
2.3.1.3.	Fuerza de fricción .....	67
2.3.1.4.	Fuerza de tensión .....	67
2.3.1.5.	Fuerza de largo alcance .....	68

2.3.1.6.	Fuerzas que actúan en un vehículo en movimiento .....	68
2.3.1.6.1.	Fuerza de arrastre .....	69
2.3.1.6.2.	Resistencia debido a la pendiente .....	70
2.3.1.6.3.	Resistencia a la rodadura.....	71
2.3.1.6.4.	Resistencia debido a la inercia .....	72
2.3.1.6.5.	Fuerza en rueda .....	73
2.3.2.	Primera ley de Newton .....	73
2.3.3.	Segunda ley de Newton .....	75
2.3.4.	Tercera ley de Newton.....	78
2.3.5.	Ley de la gravitación universal.....	79
2.4.	EQUILIBRIO.....	81
2.4.1.	Equilibrio de una partícula.....	81
2.4.2.	Equilibrio de un cuerpo.....	81
2.4.3.	Diagrama de cuerpo libre.....	82
2.4.4.	Momento de una fuerza con respecto a un punto .....	83
2.4.5.	Teorema de Varignon .....	85
2.5.	ROZAMIENTO O FRICCIÓN.....	86
2.5.1.	Clasificación del rozamiento .....	87
2.5.1.1.	Rozamiento Estático.....	87
2.5.1.2.	Rozamiento cinético.....	87
2.5.2.	Fuerza de rozamiento.....	88
2.5.2.1.	Fuerza de fricción estática.....	88
2.5.2.2.	Fuerza de fricción dinámica.....	89
2.5.3.	Condiciones de rozamiento.....	89
2.5.4.	Coefficiente de rozamiento .....	90
2.5.5.	Ángulo de rozamiento.....	91
2.5.5.1.	Sin fricción.....	91

2.5.5.2.	Sin movimiento .....	92
2.5.5.3.	Movimiento inminente .....	92
2.5.5.4.	Movimiento .....	93
2.5.6.	Centros de gravedad.....	94
2.5.7.	Centro de masa.....	94
2.6.	TRABAJO, ENERGÍA Y POTENCIA .....	98
2.6.1.	Trabajo .....	98
2.6.1.1.	Trabajo positivo .....	100
2.6.1.2.	Trabajo negativo.....	101
2.6.1.3.	Trabajo total .....	101
2.6.2.	Energía .....	102
2.6.2.1.	Energía cinética y el teorema trabajo - energía cinética .....	102
2.6.2.2.	Energía potencial.....	105
2.6.2.3.	Energía potencial elástica.....	105
2.6.3.	Conservación de la Energía .....	107
2.6.3.1.	Fuerzas conservativas.....	108
2.6.3.2.	Fuerzas no conservativas.....	108
2.6.4.	Ley de la conservación de la energía .....	109
2.6.5.	Potencia.....	111
2.7.	MECÁNICA DE FLUIDOS .....	113
2.7.1.	Fluidos .....	114
2.7.2.	Densidad .....	114
2.7.3.	Peso específico.....	115
2.7.4.	Compresibilidad.....	116
2.7.5.	Viscosidad.....	117
2.7.6.	Presión .....	117
2.7.7.	Ley de Pascal .....	121

2.7.7.1.	Prensa hidráulica .....	121
2.7.7.2.	Vasos comunicantes .....	122
2.7.8.	Manómetros .....	122
2.7.9.	Barómetros.....	124
2.7.10.	Principio de Arquímedes .....	126
2.7.10.1.	Fuerza de empuje .....	126
2.7.11.	Hidrodinámica .....	127
2.7.11.1.	Flujo laminar .....	127
2.7.11.2.	Flujo turbulento.....	128
2.7.11.3.	Razón de flujo del fluido.....	129
2.7.11.4.	Presión y velocidad .....	130
2.7.11.5.	Ecuación de continuidad .....	130
2.7.11.5.1.	Ecuación de continuidad para un fluido incompresible .....	131
2.7.11.5.2.	Ecuación de continuidad para un fluido compresible .....	132
2.7.12.	Ecuación de Bernoulli.....	132
2.7.12.1.	Deducción de la ecuación de Bernoulli.....	132
2.7.13.	Perdida de carga.....	135
2.7.14.	Teorema de Torricelli .....	136
2.7.15.	Medidor de Venturi.....	138
2.8.	TEMPERATURA Y CALOR.....	139
2.8.1.	Temperatura .....	139
2.8.2.	Energía interna.....	139
2.8.3.	Escalas térmicas .....	140
2.8.3.1.	Escala Celsius.....	141
2.8.3.2.	Escala Fahrenheit .....	141
2.8.3.3.	Escala Kelvin o de temperatura absoluta .....	142
2.8.3.4.	Temperatura absoluta.....	142

2.8.4.	Dilatación.....	144
2.8.4.1.	Dilatación lineal .....	144
2.8.4.2.	Dilatación superficial .....	146
2.8.4.3.	Dilatación volumétrica .....	147
2.8.4.4.	Dilatación en los líquidos.....	148
2.9.	CALOR .....	149
2.9.1.	Cantidad de calor .....	150
2.9.2.	Calorimetría .....	151
2.9.3.	Calor específico .....	151
2.9.4.	Poder calorífico de un combustible .....	152
2.9.5.	Cambios de fase .....	162
2.9.5.1.	El calor latente de fusión.....	163
2.9.5.2.	El calor latente de vaporización .....	164
2.9.6.	Estados de la materia .....	167
2.10.	TRANSFERENCIA DE CALOR .....	174
2.10.1.	Conductividad y resistencia térmica .....	174
2.10.2.	Transferencia de calor por conducción .....	175
2.10.3.	Transferencia de calor por convección .....	177
2.10.4.	Trasferencia de calor por radiación .....	179
2.10.5.	Ley de Prevost del intercambio de calor.....	181
2.11.	MOVIMIENTO ONDULATORIO .....	182
2.11.1.	Movimiento armónico simple.....	182
2.11.1.1.	Movimiento periódico.....	182
2.11.1.2.	Movimiento de un objeto unido a un resorte .....	183
2.11.1.3.	Fuerza recuperadora .....	184
2.11.1.4.	Movimiento armónico simple – Proyección movimiento circular.....	185
2.11.1.5.	Amplitud .....	187

2.11.1.6. Periodo .....	187
2.11.1.7. Frecuencia .....	188
2.11.1.8. Frecuencia angular .....	188
2.11.1.9. Ecuaciones adicionales en un “M.A.S.” .....	189
2.11.2. Energía en el movimiento armónico simple .....	191
2.11.3. Péndulo simple.....	192
2.11.4. Movimiento ondulatorio .....	194
2.11.4.1. Onda transversal.....	196
2.11.4.2. Onda longitudinal.....	197
2.11.4.3. Tren de ondas .....	199
2.11.4.4. Velocidad de propagación de onda en diferentes medios .....	200
2.11.4.5. Onda sinusoidal en cuerda .....	202
2.11.4.6. Ondas en cuerdas.....	203
2.11.4.7. Principio de superposición .....	204
2.11.4.8. Ondas estacionarias .....	205
2.11.4.9. Frecuencias características .....	207
2.12. Estructuras mecánicas .....	209
2.13. SONIDO.....	212
2.13.1. Umbral auditivo y umbral de dolor.....	213
2.13.2. Producción de una onda sonora .....	216
2.13.3. Velocidad del sonido .....	218
2.13.4. Vibración de columnas de aire.....	220
2.13.5. Ondas sonoras audibles.....	221
2.13.6. Definición de ondas sonoras .....	222
2.14. TONO Y TIMBRE.....	223
2.14.1. El Efecto Doppler .....	224

<b>CAPÍTULO 3 : APLICACIONES Y PROPUESTAS.</b> .....	227
3.1. INTRODUCCIÓN.....	227
3.2. PASOS A SEGUIR PARA EL DESARROLLO DE EJERCICIOS .....	228
3.3. CINEMÁTICA (APLICACIONES) .....	228
3.4. LEYES DE LA DINÁMICA (APLICACIONES) .....	240
3.5. TRABAJO, POTENCIA Y ENERGÍA (APLICACIONES) .....	247
3.6. MECÁNICA DE FLUIDOS (APLICACIONES).....	254
3.7. TEMPERATURA Y CALOR (APLICACIONES) .....	266
3.8. MOVIMIENTO ONDULATORIO (APLICACIONES).....	275
3.9. PRÁCTICAS DE LABORATORIO .....	280
3.9.1. Prácticas de laboratorio Física I.....	280
3.9.2. Prácticas de laboratorio Física II .....	286
3.9.2.1. Equilibrio (Practica de laboratorio).....	286
3.9.2.2. Potencia, torque, velocidad (Practica de laboratorio) .....	288
3.9.2.3. Presión (Practica de laboratorio).....	291
3.9.2.4. Gasto (Practica de laboratorio).....	294
3.9.2.5. Presión manométrica-motor (práctica de laboratorio) .....	296
3.9.2.6. Presión manométrica-combustible (práctica de laboratorio) .....	298
3.9.2.7. Temperatura (Practica de laboratorio) .....	300
3.9.2.8. Dilatación (Práctica de laboratorio) .....	302

<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>305</b>
4.1. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	305
4.2. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS.....	307
BIBLIOGRAFÍA: .....	312
ANEXOS: Formato encuesta realizada.....	317
VOCABULARIO: .....	318
SIMBOLOGÍA: .....	322

**INDICE DE IMÁGENES.**

Figura 1.1. Resultados en gráfico de barras de primera pregunta. ....	28
Figura 1.2. Resultados en gráfico de barras de segunda pregunta. ....	29
Figura 1.3. Resultados en gráfico de barras de tercera pregunta. ....	30
Figura 1.4. Resultados en gráfico de barras de cuarta pregunta. ....	30
Figura 1.5. Resultados en gráfico de barras de quinta pregunta. ....	31
Figura 1.6. Resultados en gráfico de barras de sexta pregunta. ....	32
Figura 1.7. Resultados en gráfico de barras de séptima pregunta. ....	32
Figura 1.8. Resultados en gráfico de barras de octava pregunta. ....	33
Figura 1.9. Resultados en gráfico de barras de novena pregunta. ....	34
Figura 1.10. Resultados de gráfico de barras de décima pregunta. ....	35
Figura 1.11. Resultados en gráfico de barras de onceava pregunta. ....	35
Figura 2.1. Ejemplo de movimiento y reposo. ....	38
Figura 2.2. Distancia, trayectoria y desplazamiento. ....	40
Figura 2.3. Vector posición en un sistema de referencia. ....	41
Figura 2.4. Vector posición. ....	41
Figura 2.5. Vector desplazamiento. ....	42
Figura 2.6. Ejemplo de vector desplazamiento. ....	42
Figura 2.7. Trayectoria y Hodógrafa. ....	46
Figura 2.8. Teoría de Einstein del espacio-tiempo curvado. ....	51
Figura 2.9. Movimiento de un proyectil. ....	56
Figura 2.10. Velocidad angular. ....	58
Figura 2.11. Aceleración lineal. ....	60
Figura 2.12. Movimiento circular uniforme. ....	63
Figura 2.13. Elementos de M.C.U.V. ....	65
Figura 2.14. Fuerza normal. ....	67
Figura 2.15. Fuerza de fricción. ....	67
Figura 2.16. Fuerza de Tensión. ....	67
Figura 2.17. Fuerza de largo alcance-Peso. ....	68
Figura 2.18. Superficie frontal del vehículo expuesta al viento. ....	70
Figura 2.19. Ejemplo de Inercia. ....	74
Figura 2.20. Movimiento de una partícula. ....	76
Figura 2.21. Movimiento de partículas. ....	76

Figura 2.22. Ejemplo de segunda ley de Newton.....	77
Figura 2.23. Ejemplo de fuerza de una partícula. ....	78
Figura 2.24. Ejemplo de acción y reacción en un cohete.....	79
Figura 2.25. Ejemplo de la ley de la gravitación universal.....	80
Figura 2.26. Ejemplo de diagrama de cuerpo libre. ....	83
Figura 2.27. Movimiento respecto a un punto. ....	84
Figura 2.28. Principio de palanca.....	85
Figura 2.29. Teorema de Varignon. ....	85
Figura 2.30. Elementos del rozamiento estático. ....	87
Figura 2.31. Rozamiento cinético. ....	88
Figura 2.32. Cuerpo sin movimiento.....	89
Figura 2.33. Cuerpo con movimiento inminente. ....	89
Figura 2.34. Cuerpo con movimiento nulo. ....	90
Figura 2.35. Ejemplo de cuerpo sin fricción. ....	91
Figura 2.36. Ejemplo de cuerpo sin movimiento. ....	92
Figura 2.37. Ejemplo de cuerpo con movimiento inminente.....	93
Figura 2.38. Ejemplo de cuerpo en movimiento.....	93
Figura 2.39. Ubicación del centro de gravedad en un vehículo. ....	94
Figura 2.40. Trabajo realizado por una fuerza constante que actúa con un ángulo relativo al desplazamiento.....	99
Figura 2.41. Ejemplo de trabajo positivo. ....	100
Figura 2.42. Ejemplo de trabajo negativo. ....	101
Figura 2.43. Ejemplo de trabajo total.....	101
Figura 2.44. Desplazamiento de un cubo con cambio de velocidad bajo la acción de una fuerza constante.....	103
Figura 2.45. Seguimiento de las pistas de la energía en el sistema (Bloque-Resorte). .....	107
Figura 2.46. Conservación de la energía mecánica.....	111
Figura 2.47. Fuerza, tensión y peso que intervienen para determinar la potencia del motor. ....	113
Figura 2.48. Clavo de acero con igual densidad que la llave inglesa.....	115
Figura 2.49. Presión absoluta, atmosférica, manométrica y vacío.....	118
Figura 2.50. Ejemplo de presión hidrostática.....	120
Figura 2.51. Principio de prensa hidráulica. ....	121

Figura 2.52. Vasos comunicadores. ....	122
Figura 2.53. Manómetro.....	123
Figura 2.54. Manómetro de tubo abierto y cerrado.....	124
Figura 2.55. Barómetro. ....	125
Figura 2.56. Principio de Arquímedes. ....	127
Figura 2.57. Ejemplo de flujo laminar en un vehículo.....	128
Figura 2.58. Ejemplo de flujo turbulento. ....	128
Figura 2.59. Fluidez de un líquido. ....	129
Figura 2.60. Presión en A es menor que presión en B. ....	130
Figura 2.61. Fluido continuo.....	130
Figura 2.62. Teorema de Bernoulli. ....	135
Figura 2.63. Teorema de Torricelli. ....	137
Figura 2.64. Medidor de Venturi.....	138
Figura 2.65. Equilibrio térmico.....	140
Figura 2.66. Ejemplo para obtener las transformaciones térmicas. ....	140
Figura 2.67. Escala de temperatura. ....	142
Figura 2.68. Escala de temperatura absoluta.....	144
Figura 2.69. Dilatación lineal.....	144
Figura 2.70. Dilatación superficial.....	147
Figura 2.71. Ejemplo de expansión del agua. ....	149
Figura 2.72. Ejemplo de calor. ....	150
Figura 2.73. Interpretación gráfica del poder calorífico superior. ....	153
Figura 2.74. Interpretación gráfica del poder calorífico inferior. ....	154
Figura 2.75. Representación de una sustancia en tres fases. ....	162
Figura 2.76. Variación de temperatura debida a un cambio de la energía térmica del agua. ....	166
Figura 2.77. Diferentes tipos de plasma natural y artificial. ....	171
Figura 2.78. Condensado de Bose-Einstein. ....	173
Figura 2.79. Sistema de escape BMW M3.....	175
Figura 2.80. Transferencia de calor por convección (Radiador de un motor). ....	179
Figura 2.81. Ejemplo de radiación por ondas electromagnéticas.....	182
Figura 2.82. Esquema de los elementos que forman un motor. ....	183
Figura 2.83. Fuerza recuperadora.....	184
Figura 2.84. Movimiento Armónico Simple (M.A.S.).....	185

Figura 2.85. Análisis de M.A.S. de un sistema masa-resorte.....	187
Figura 2.86. Energía en un movimiento armónico simple.....	192
Figura 2.87. Péndulo simple.....	194
Figura 2.88. Ejemplo de movimiento ondulatorio.....	195
Figura 2.89. Movimiento ondulatorio.....	196
Figura 2.90. Pulso y onda viajera.....	197
Figura 2.91. Pulso y onda a lo largo de un resorte.....	197
Figura 2.92. Pulso unidimensional.....	198
Figura 2.93. Onda senoidal.....	200
Figura 2.94. Pulso y onda.....	201
Figura 2.95. Onda sinusoidal en una cuerda.....	202
Figura 2.96. Rapidez de onda en una cuerda.....	204
Figura 2.97. Traslape de los pulsos.....	204
Figura 2.98. Formación de ondas estacionarias.....	205
Figura 2.99. Ejemplo de ondas estacionarias.....	206
Figura 2.100. Ondas estacionarias en una cuerda vibrante.....	208
Figura 2.101. Ejemplo de resonancias en máquinas, son las llamadas frecuencias críticas de flechas rotativas.....	212
Figura 2.102. Ejemplo de sonido.....	213
Figura 2.103. Curvas de Fletcher y Munson.....	215
Figura 2.104. Curvas de ponderación a, b y c.....	216
Figura 2.105. Producción del sonido.....	217
Figura 2.106. Movimiento de un pulso longitudinal.....	218
Figura 2.107. Ondas estacionarias en un tubo cerrado.....	221
Figura 2.108. Instrumentos que producen sonidos diferentes.....	224
Figura 2.109. Ejemplo de efecto Doppler N°1.....	225
Figura 2.110. Ejemplo de efecto Doppler N°2.....	226
Figura 3.1. Pantalla principal del programa Interactive Physics.....	281
Figura 3.2. Barra de herramientas del programa Interactive Physics.....	281
Figura 3.3. Práctica modelo de M.R.U.....	282
Figura 3.4. Práctica modelo de M.R.U.V.....	282
Figura 3.5. Práctica modelo de movimiento parabólico.....	283
Figura 3.6. Práctica modelo de la segunda ley de Newton.....	283
Figura 3.7. Práctica modelo de movimiento circular.....	284

Figura 3.8. Práctica modelo de Trabajo. ....	284
Figura 3.9. Práctica modelo de la energía potencial elástica de un resorte.....	285
Figura 4.1. Vehículo en prueba de frenado. ....	308
Figura 4.2. Valores de frenado eje posterior. ....	308
Figura 4.3. Valores de alineación.....	309
Figura 4.4. Valores de frenado eje delantero. ....	309
Figura 4.5. Ondas y valores de suspensión defectuosa. ....	309
Figura 4.6. Valores de suspensión en buen estado y defectuoso. ....	310

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1-1. Ubicación de temas de física I. ....	14
Tabla 1-2. Ubicación de temas de física II.....	15
Tabla 1-3. Cantidad de ejercicios y su enfoque en los libros más utilizados.....	17
Tabla 1-4. Resultados de la encuesta por pregunta y nivel. ....	28
Tabla 1-5. Razones y porcentajes de séptima pregunta de la encuesta.....	33
Tabla 2-1. Gravedad en algunos lugares de la tierra. ....	52
Tabla 2-2. Coeficientes de resistencia a la rodadura de los neumáticos. ....	72
Tabla 2-3. Coeficientes aproximados de fricción. ....	91
Tabla 2-4. Energía cinética de varios objetos. ....	104
Tabla 2-5. Coeficientes de dilatación lineal. ....	145
Tabla 2-6. Coeficiente de dilatación volumétrico. ....	148
Tabla 2-7. Calores específicos de varias sustancias.....	152
Tabla 2-8. Calores de fusión y reparación de algunas sustancias. ....	165
Tabla 2-9. Rapidez del sonido en varios medios.....	220
Tabla 2-10. Niveles de intensidad para el sonido. ....	223

## **APLICACIONES DE LA DINÁMICA, LA ESTÁTICA, LA MECÁNICA DE FLUIDOS Y EL CALOR A LA INGENIERÍA DE LOS VEHÍCULOS**

### **RESUMEN**

El presente trabajo presenta un documento de enseñanza de las cátedras de Física I y II, de la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad del Azuay, abarca la temática de los sílabos vigentes, indica la teoría y su relación con los sistemas automotrices, además se proponen ejercicios con sus respectivas soluciones de los sucesos físicos que se dan en el vehículo, ya sea durante su funcionamiento estático, en ruta, o cuando el automotor está en reposo. Finalmente se propone el rediseño de las prácticas de laboratorio, con la utilización del vehículo, programas de simulación y del equipamiento automotriz disponible en el taller de Mecánica Automotriz.

**Palabras clave:** Documento de enseñanza, Física, ejercicios, prácticas, simulaciones.



Orlando Andrés Baquero Larriva  
**Director del Trabajo de Titulación**



Mateo Fernando Coello Salcedo  
**Director de Escuela**



Oscar Tobías Paute Merchán



Walter Enrique Pañi Saguay

**Autores**

## APPLICATIONS OF DYNAMICS, STATICS, FLUID MECHANICS AND HEAT TO CAR ENGINEERING

### ABSTRACT

This investigation presents a teaching document of Physics I and II academic subjects of the School of Mechanical Automotive Engineering at *Universidad del Azuay*. It covers the current course syllabi, the theory and its relation with the automotive systems as well as exercises with an answer key of the physical events that occur in the vehicle, either during its static operation while on route, or at rest. Finally, the redesign of laboratory practices with the use of the vehicle, simulation programs and the automotive equipment available at the Automotive Mechanics workshop is proposed.

**Keywords:** Teaching document, Physics, exercises, practices, simulations.



Orlando Andrés Baquero Larriva  
**Thesis Director**



Mateo Fernando Coello Salcedo  
**School Director**



Oscar Tobías Paute Merchán



Walter Enrique Pañi Saguay

**Authors**



Translated by  
Lic. Lourdes Crespo

Paute Merchán Oscar Tobías

Pañi Saguay Walter Enrique

Trabajo de Titulación

Ing. Orlando Andrés Baquero Larriva

Abril, 2017

## **APLICACIONES DE LA DINÁMICA, LA ESTÁTICA, LA MECÁNICA DE FLUIDOS Y EL CALOR A LA INGENIERÍA DE LOS VEHÍCULOS**

### **INTRODUCCIÓN:**

La cátedra de Física es considerada como una de las ciencias básicas que la mayoría de carreras de ingeniería las incluyen como parte de su formación académica, científica y técnica. El estudio de esta cátedra en el nivel universitario siempre ha sido considerado por parte del estudiante como una materia complicada, por esta razón es que gran porcentaje de estudiantes de ingeniería, año tras año, optan por retirarse prematuramente de sus estudios universitarios.

La enseñanza de la física ha quedado estancada, debido a que no ha habido innovaciones en el contenido (teórico y práctico), actualmente se usa un contenido y metodología tradicional, lo cual conlleva a que los estudiantes se queden con dudas, y pierdan el interés por la materia. En la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad del Azuay ha tenido una perspectiva muy amplia y no un enfoque directo hacia el automóvil, es por eso que muchos docentes prefieren impartir explicaciones, ejercicios y ejemplos provenientes de textos generales de física.

Una de las necesidades del estudiante es poder relacionarse con el automóvil desde el inicio de sus estudios universitarios, sin importar que sean materias básicas

o de niveles iniciales, el objetivo es lograr un vínculo de relación entre los sistemas automotrices y la física, obteniendo como resultado mayor dedicación y aprovechamiento de las horas de estudio.

Por todas las razones mencionadas anteriormente, en este documento se propone mejorar los viejos patrones de enseñanza, al elaborar un texto de física con enfoque y aplicaciones a la Ingeniería Mecánica Automotriz que docentes y estudiantes puedan utilizarlo sin mucha dificultad. En el primer capítulo de este trabajo se analiza los antecedentes, la situación actual de la física y sus aplicaciones hacia la Ingeniería Automotriz, en el segundo capítulo se realiza una recopilación bibliográfica de la teoría involucrada en las cátedras de Física I y Física II de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad del Azuay, en el tercer capítulo se propone ejercicios, aplicaciones y prácticas de laboratorio con enfoque Automotriz; y Finalmente en el capítulo cuarto se detalla los resultados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

## Capítulo 1 : ANTECEDENTES

### 1.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta una breve reseña histórica de la física y su evolución, en donde se exponen fechas importantes de investigaciones, descubrimientos y publicaciones. Seguidamente se realiza un análisis y diagnóstico de la situación actual del enfoque y las aplicaciones que tienen las cátedras de Física I y Física II hacia la Ingeniería Mecánica Automotriz en la Universidad del Azuay.

Como parte de este análisis, se habla también de la importancia del estudio de la Física, el interés por esta cátedra, el aprendizaje y los factores que influyen a que los estudiantes lo consideren como una materia complicada. Para esto se realiza un diagnóstico de los sílabos y los tres libros más utilizados para la enseñanza de la Física en la Universidad del Azuay. Como complemento se realizó una encuesta a los alumnos que cursaron dichas materias, cuyo objetivo principal es encontrar falencias y necesidades que tienen los alumnos para el estudio de la Física.

### 1.2. LA FÍSICA: BREVE HISTORIA Y EVOLUCIÓN

Física, proviene del griego *physis* que significa “realidad” o “naturaleza”, “puede definirse como la ciencia que investiga los conceptos fundamentales de la materia, la energía y el espacio, así como las relaciones entre ellos” (Tippens, 2007, pág. 2). Todo con el apoyo de las matemáticas. “Para nuestros propósitos, las ciencias pueden dividirse en biológicas y físicas. Las ciencias biológicas se ocupan de los seres vivos, en tanto que las físicas tienen como objeto de estudio la parte no viva de la naturaleza.” (Tippens, 2007, pág. 2) “La física, fundamental entre las ciencias físicas, se ocupa de los principios esenciales del Universo. Es el cimiento sobre el que se rigen las otras ciencias: astronomía, biología, química y geología. La belleza de la física consiste en la simplicidad de sus principios *cardinales* y en la forma en que sólo un pequeño número de conceptos y modelos modifica y expande nuestra visión del mundo *circundante*.

El estudio de la física se divide en seis áreas primordiales:

- **Mecánica clásica:** Estudia el movimiento de los objetos que son grandes en relación con los átomos y se mueven con una rapidez mucho más lenta que la de la luz.
- **Relatividad:** Teoría que describe los objetos que se mueven con cualquier rapidez, incluso los que se aproximan a la rapidez de la luz.
- **Termodinámica:** Trata del calor, el trabajo, la temperatura y el comportamiento estadístico de los sistemas con gran número de partículas.
- **Electromagnetismo:** Le competen la electricidad, el magnetismo y los campos electromagnéticos.
- **Óptica:** Estudia el comportamiento de la luz y su interacción con los materiales.
- **Mecánica cuántica:** Un conjunto de teorías que conectan el comportamiento de la materia al nivel *submicroscópico* con las observaciones macroscópicas.”  
(Serway & Jewett, 2008, pág. 1)

A continuación se detallan algunas “fechas importantes en la historia y la evolución de la física:

#### a.C.

- Aprox. 320 a.C.**      **Aristóteles:** Describe al movimiento en términos de tendencias naturales
- Aprox. 250 a.C.**      **Arquímedes:** Descubre el principio de la *flotabilidad* y los fundamentos de la hidrostática, estática y la explicación del principio de palanca
- Aprox. 150 a.C.**      **Tolomeo:** *Refina* el sistema del mundo, centrado en la Tierra

#### Siglo XVI

- 1543**                      **Copérnico:** Publica su sistema del mundo centrado en el Sol

**1575-1596**                    **Tycho Brahe:** Mide posiciones precisas de los planetas en el cielo

### Siglo XVII

**1609**                            **Galileo:** Usa por primera vez un telescopio como herramienta astronómica

**1609-1619**                    **Kepler:** Publica tres leyes del movimiento planetario

**1634**                            **Galileo:** Avanza en la comprensión del movimiento acelerado

**1661**                            **Boyle:** Relaciona la presión y el volumen de los gases a temperatura constante

**1676**                            **Roemer:** Demuestra que la luz tiene una rapidez finita

**1678**                            **Huygens:** Desarrolla una teoría ondulatoria de la luz

**1687**                            **Newton:** Presenta la teoría de la mecánica en su *Principia*, en donde establece las tres leyes que rigen el movimiento de los cuerpos y la ley de la gravitación universal

**1704**                            **Newton:** Presenta su obra *Opticks*, en donde formula la teoría corpuscular de la luz y la teoría del calor

### Siglo XVIII

**1738**                            **Bernoulli:** Explica el comportamiento de los gases en términos de movimientos moleculares

**1747**                            **Franklin:** Sugiere la conservación del “fuego” eléctrico (la carga)

**1780**                            **Galvani:** Descubre la “electricidad animal”

**1785**                            **Coulomb:** Determina con precisión la ley de la fuerza eléctrica

- Aprox. 1795**                      **Cavendish:** Mide la constante gravitacional G
- 1798**                                **Rumford:** Dice que el calor es una forma de movimiento

### Siglo XIX

- 1800**                                **Volta:** Inventa la batería eléctrica
- 1802**                                **Young:** Aplica la teoría ondulatoria para explicar la interferencia
- 1811**                                **Avogadro:** Sugiere que a igual temperatura y presión, todos los gases tienen la misma cantidad de moléculas por unidad de volumen
- 1815-1820**                      **Young:** Y otros dan pruebas de la naturaleza ondulatoria de la luz
- 1820**                                **Oersted:** Descubre el efecto magnético de una corriente eléctrica
- 1820**                                **Ampère:** Establece la ley de fuerzas entre conductores con corriente eléctrica
- 1821**                                **Fraunhofer:** Inventa la rejilla de difracción
- 1824**                                **Carnot:** Establece que el calor no se puede transformar totalmente en trabajo
- 1831**                                **Faraday y Henry:** Descubren la inducción electromagnética
- 1842-1843**                      **Mayer y Joule:** Sugieren una ley general de conservación de energía
- 1846**                                **Adams y Leverrier:** Predicen a Neptuno, un planeta nuevo
- 1865**                                **Maxwell:** Presenta la teoría electromagnética de la luz
- 1869**                                **Mendeléyev:** Organiza los elementos en una tabla periódica

- 1877**                    **Boltzmann:** Relaciona la entropía con la probabilidad
- 1885**                    **Balmer:** Establece la regularidad numérica en el espectro del hidrógeno
- 1887**                    **Michelson y Morley:** No pueden detectar al éter
- 1888**                    **Hertz:** Genera y detecta las ondas de radio
- 1895**                    **Roentgen:** Descubre los rayos X
- 1896**                    **Becquerel:** Descubre la radioactividad
- 1897**                    **Thomson:** Establece que los rayos catódicos son *corpúsculos* negativos (electrones)

## SIGLO XX

- 1900**                    **Planck:** Presenta la idea cuántica
- 1905**                    **Einstein:** Presenta el concepto de *corpúsculo* de luz (fotón)
- Einstein:** Presenta la teoría de la relatividad especial
- 1911**                    **Rutherford:** Descubre el átomo nuclear
- 1913**                    **Bohr:** Formula una teoría cuántica del átomo de hidrógeno
- 1915**                    **Einstein:** Presenta la teoría de la relatividad general
- 1923**                    **Compton:** Confirma con experimentos la existencia del *fotón*
- 1924**                    **de Broglie:** Presenta la teoría ondulatoria de la materia
- 1925**                    **Goudsmith y Uhlenbeck:** Establecen el *espín* del electrón
- Pauli:** Formula el principio de *exclusión*
- 1926**                    **Schrödinger:** Desarrolla la teoría ondulatoria de la mecánica cuántica, ya que sus artículos se centraron en la temperatura de los sólidos, problemas de termodinámica y espectros atómicos

- 1927**                    **Davisson, Germer y Thomson:** Comprueban la naturaleza ondulatoria de los electrones
- Heisenberg:** Propone el principio de incertidumbre
- 1928**                    **Dirac:** Combina la relatividad y la mecánica cuántica en una teoría del electrón
- 1929**                    **Hubble:** Descubre que el universo se expande
- 1932**                    **Anderson:** Descubre la antimateria en forma de positrón
- Chadwick:** Descubre al neutrón
- Heisenberg:** Describe la explicación de la estructura nuclear como neutrones y protones
- 1934**                    **Fermi:** Propone una teoría de la aniquilación y la creación de la materia
- 1938**                    **Meitner y Frisch:** Interpretan los resultados de Hahn y Strassman como *fisión* nuclear
- 1939**                    **Bohr y Wheeler:** Presentan una teoría detallada de la *fisión* nuclear
- 1942**                    **Fermi:** Construye y opera el primer reactor nuclear
- 1945**                    **Oppenheimer:** y su equipo, en Los Álamos, produce una explosión nuclear
- 1947**                    **Bardeen, Brattain y Shockley:** Desarrollan el transistor
- 1956**                    **Reines y Cowan:** Identifican al *antineutrino*
- 1957**                    **Feynman y Gell-Mann:** Explican todas las interacciones débiles con un neutrino “izquierdo”
- 1960**                    **Maiman:** Inventa el láser
- 1965**                    **Penzias y Wilson:** Descubren la radiación de fondo en el universo, residuo del Bing Bang

<b>1967</b>	<b>Bell y Hewish:</b> Descubren los pulsares, que son estrellas de neutrones
<b>1968</b>	<b>Wheeler:</b> Bautiza a los agujeros negros
<b>1969</b>	<b>Gell-Mann:</b> Sugiere que los quarks son los bloques constructivos de los nucleones
<b>1977</b>	<b>Lederman:</b> y su equipo descubren el quark “bottom” (fondo)
<b>1981</b>	<b>Binning y Rohrer:</b> Inventan el microscopio de barrido y tunelización
<b>1987</b>	<b>Bednorz y Müller:</b> Descubren la superconductividad a alta temperatura
<b>1995</b>	<b>Cornell y Wieman:</b> Crean un “condensado Bose-Einstein” a 20 milésimas de millonésimas de un grado
<b>2000</b>	<b>Pogge y Martini:</b> Demuestran la existencia de agujeros negros supermasivos en otras galaxias.” (Hewitt, 2004, pág. 1)

### **1.3. ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA FÍSICA EN LA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.**

#### **1.3.1. ¿Para qué estudiar física?**

Esta pregunta surge en la mayoría de estudiantes durante su etapa universitaria, lo mismo sucede con varias materias, una de las razones por las cuales cuestionan el estudio de la física es porque los estudiantes entran en desesperación al no poder asimilar un contenido que no se relaciona directamente a la carrera, las aplicaciones son escasas o muy simples, no les gusta, por lo tanto no entienden. Lo que algunos estudiantes no comprenden, es que la física provee de fundamentos esenciales para la mayoría de carreras y más aún a las carreras técnicas como las ingenierías. “La meta fundamental de la física es comprender de dónde proviene el universo, cómo ha evolucionado y cómo lo sigue haciendo, así como las reglas “leyes” que rigen los

fenómenos que observamos, la física provee el fundamento de los principios de ingeniería utilizados para resolver problemas tecnológicos (aplicados y prácticos).

Como un ejemplo de investigación en física se puede considerar la invención del transistor a finales de la década de 1940 que tuvo lugar en un área especial de la investigación conocida como física del estado sólido, después de que los físicos inventaron el transistor los ingenieros desarrollaron diversos usos para éste. Décadas más tarde, los transistores evolucionaron hasta convertirse en los modernos chips de computadora que en realidad son redes eléctricas que contienen millones de elementos diminutos de transistores.” (Wilson, Buffa, & Lou, 2007, pág. 2).

“El conocimiento de la física es esencial para comprender el mundo. Ninguna otra ciencia ha intervenido de forma tan activa para revelarnos las causas y efectos de los hechos naturales. Basta mirar al pasado para advertir que la experimentación y el descubrimiento forman un *continuum* que corre desde las primeras mediciones de la gravedad hasta los más recientes logros en la conquista del espacio.” (Tippens, 2007, pág. 1) Aunque las aplicaciones de las leyes de la física, tal vez no sean evidentes de forma inmediata, comprenderlas será una valiosa herramienta para cualquier carrera.

### **1.3.2. Interés por la física**

Existen muchos cuestionamientos por parte de los estudiantes sobre la física, todos ligados hacia una misma perspectiva en la cual se la considera como una asignatura difícil y aburrida, esto debido a varios factores, pero tras todas las críticas y cuestionamientos que se han podido generar, aún no se ha podido conseguir que los alumnos admitan que aprender física puede ser muy interesante. Actualmente la mayoría de estudiantes perciben a la física como una ciencia cuya finalidad es la de resolver problemas en donde se exigen habilidades matemáticas o conocimientos previos de éstas, razones por la cual creen que es más dificultoso y se centran sólo en aprobar la cátedra.

A partir de la encuesta que se realizó (Sección 1.8) se recopilan algunas de las razones donde los estudiantes creen que la física no sea atractiva o interesante.

- Los temas de estudio no tienen adecuada relación, o enfoque hacia la carrera
- La bibliografía recomendada no se utiliza en su totalidad
- No existe un texto guía con enfoque automotriz, lo que hace que se utilice libros de física general
- La cátedra es muy teórica (no es interactiva)
- Existen ejemplos y aplicaciones que en su enunciado contienen frases, palabras o situaciones que impiden razonar al lector
- Las prácticas de laboratorio son muy simples, y no tienen enfoque automotriz

La física en la ingeniería automotriz, tiene un sin número de aplicaciones que se los puede considerar para ejercicios de razonamiento, tomándolos a estos como un método de enseñanza y motivación.

### **1.3.3. Aprendizaje de la física**

Los estudiantes son como una “hoja de papel en blanco”, en donde el docente es el encargado de llenarlo con un sinnúmero de conocimientos, sin importar el saber previo que estos tengan, muchas veces obligándolos a aprender en base a una metodología, que en algunos casos los alumnos se acoplan fácilmente, pero hay metodologías que dificultan a los estudiantes entender las explicaciones y conceptos necesarios para solucionar ejercicios o problemas.

El gran reto del docente es tratar de que sus estudiantes entiendan de forma crítica y razonada a la física, teniendo en cuenta que si su enseñanza es clara y concisa se logra despertar el interés en los estudiantes e incentivar el pensamiento científico. Despertar la curiosidad de los alumnos hacia la física es complicado, ya que “no tienen contacto con el excitante mundo de la física actual, pues la física que estudian no pasa de 1900, dicha situación es inaceptable en un siglo en el cual las ideas revolucionarias han cambiado totalmente la ciencia. Los estudiantes oyen hablar de temas como agujeros negros y Big Bang en la TV o en películas de ficción científica,

pero jamás en clases de física. La enseñanza de temas actuales de física puede transmitir a los alumnos una visión más correcta de dicha ciencia y de la naturaleza del trabajo científico, superando la visión lineal, netamente acumulativa del desarrollo científico que impregna los libros de texto y las clases de física hoy utilizados” (Ostermann & Moreira, 2016). Se tiene bien claro que la enseñanza de los docentes no lo es todo para un aprendizaje exitoso, también depende mucho de la dedicación o iniciativa propia que tenga el estudiante, en las aulas el tiempo es limitado por ende insuficiente.

#### **1.3.4. Las clases de física**

Existen varios factores que influyen para que una clase sea de provecho para los estudiantes, como por ejemplo: Cuando se abordan temas nuevos o de interés se logra ganar la atención de los alumnos, cuando se utilizan diapositivas se logra que el alumno comprenda de mejor manera la temática y participe en clases, haciéndolas más interactivas y evitando así confusiones de conceptos (sin abusar de estos medios tecnológicos), también se debe tomar en cuenta la adecuada planificación de las clases y la forma de abordar los temas por parte de los docentes, si están inactivos y sin interactuar, los alumnos se aburren generando sensaciones y sentimientos desagradables, como cansancio, desánimo e indiferencia. Por otra parte los estudiantes se aburren en clases cuando: los contenidos no tienen significado para ellos, la información no es actualizada, el material de trabajo es inadecuado, las clases son repetitivas, el maestro usa solo un libro, es autoritario, dicta, no explica, y/o no motiva.

Uno de los métodos que ayuda mucho a los estudiantes a entender y aprender sobre diferentes temas es el “teórico-práctico”, en donde los docentes usan prácticas y ejercicios para que sus alumnos entiendan la teoría o conceptos propuestos en su clase. Por consiguiente “aprender un concepto no es abstraer características comunes a muchas situaciones particulares, sino incorporar y coordinar estrategias asociadas a las situaciones particulares como partes constitutivas del concepto. Es decir aprender

un concepto es entonces el proceso de aprender a reclutar y coordinar una gran cantidad de elementos manejados previamente por los estudiantes.” (Baudino, 2016)

#### **1.4. ANÁLISIS DE LOS LIBROS MÁS UTILIZADOS**

A continuación se presenta un análisis de los tres libros más utilizados en la enseñanza de Física I y Física II de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad del Azuay, se analiza el contenido y desarrollo teórico, los conceptos, los temas faltantes y los enfoques y aplicaciones automotrices de los libros: “Física Universitaria 1” (Young & Freedman), “Física conceptos y aplicaciones” (Paul Tippens), y “Física para ciencias e ingeniería” (Serway - Jewett), tomando como guía principal el silabo vigente de las cátedras mencionadas.

En la siguiente tabla se detalla el contenido de los sílabos y la ubicación de los temas en cada uno de los libros, aquellos temas que contengan la página acompañada del símbolo (x) se debe a que su contenido es limitado y los que contengan el símbolo (-) se debe a que su contenido no se expone en dicho libro.

Tabla 1-1. Ubicación de temas de física I.

<b>SILABO (FISICA I)</b>	<b>Young &amp; Freedman</b>	<b>Tippens</b>	<b>Serway &amp; Jewett</b>
<b>Introducción a la física</b>			
Magnitudes y unidades fundamentales	Pág. 4	Pág. 35	Pág.3
Sistema de unidades: El sistema Internacional	Pág. 4	Pág. 36	Pág.3
Conversión de unidades	Pág. 6	Pág. 42	Pág. 10
Medición y errores	Pág. 8	-	-
Densidad: definición y unidades	Pág. 456	Pág. 302	Pág. 391
<b>Cantidades escalares y vectoriales</b>			
Cantidad escalar y vectorial: definición y ejemplos	Pág. 11	Pág. 45	Pág. 55
Representación gráfica y analítica de un vector	Pág. 11 (x)	Pág. 46	Pág.56
Propiedades de los vectores	-	-	Pág. 55
Operaciones con vectores: suma, resta	Pág. 13	Pág. 55, 61	Pág.56,57
Producto escalar y vectorial de dos vectores	Pág. 21	Pág. 60	Pág.167
Componentes de un vector	Pág. 15	Pág. 53	Pág.59
Representación de una fuerza como un vector	Pág. 108	Pág. 49	Pág. 101
<b>Cinemática</b>			
Reposo y movimiento	-	-	-
Trayectoria	-	-	-
Velocidad: media e instantánea	Pág. 37	Pág. 113	Pág. 21,24
Aceleración: media e instantánea	Pág. 45	-	Pág. 28
Movimiento rectilíneo uniforme	Pág. 37 (x)	-	-
Movimiento rectilíneo uniformemente variado	Pág. 47	Pág. 114	-
Caída libre de cuerpos	Pág. 53	Pág. 121	Pág. 36
Movimiento parabólico	Pág. 79	Pág. 126	Pág. 77
Movimiento circular	Pág. 87	Pág.197	Pág. 84,143
<b>Equilibrio</b>			
Primera y tercera leyes de Newton	Pág.111,123	Pág. 69,70	Pág.102, 107
Equilibrio de una partícula	Pág. 136	Pág. 71	Pág.110
Diagrama de cuerpo libre: solución de problemas de Equilibrio	Pág. 126	Pág. 72	Pág. 108(x)
Rozamiento seco, Estático y Cinético	Pág. 149	Pág. 80	Pág.120(x)
Coefficiente y ángulo de rozamiento	Pág. 151	Pág. 81	Pág.121
Momento de una fuerza con respecto a un punto	Pág. 316	Pág. 96	Pág. 282
Teorema de Varignon	-	-	-
Centros de gravedad	Pág. 355	Pág. 104	-
<b>Dinámica</b>			
Segunda Ley de Newton	Pág. 115	Pág. 69	Pág. 104

Fuerza, masa y peso.	Pág. 116 (x)	-	Pág. 100,103,106
Relación entre masa y peso	Pág. 120	Pág. 140	Pág.104
Aplicación de la Segunda Ley de Newton	Pág. 142	Pág. 143	Pág.110

Tabla 1-2. Ubicación de temas de Física II.

<b>SILABO FÍSICA II</b>	<b>Young &amp; Freedman</b>	<b>Tippens</b>	<b>Serway &amp; Jewett</b>
<b>Energía, Trabajo y Potencia</b>			
Trabajo: Definición, Unidades y Relaciones	Pág. 182	Pág.158	Pág.164
Energía: Definición, Unidades, Energías Potencial y Cinética	Pág.191,213	Pág.161,164	Pág.174,177
Potencia: Media e Instantánea Fuerzas conservativas	Pág.199,200	Pág.171(x)	Pág.213,181
Trabajo y Energía Cinética Trabajo y Energía Potencial	pág.186(x)	Pág.162(x)	Pág.175(x)
Energía Potencial Elástica de un Resorte	Pág.222	-	Pág. 180
Leyes de Conservación de la Energía, Aplicaciones	Pág.215,231	Pág.166,167	Pág.195
<b>Mecánica de los Fluidos</b>			
Hidrostática: Densidad, Peso específico	Pág.456(x)	Pág.302,303	Pág.391(x)
Presión, Principio de Pascal, Prensa hidráulica, Vasos comunicantes	Pág.458,459(x)	Pág.304,305,308,310(x)	Pág.390,392(x)
Manómetros y barómetros	Pág.461	Pág.308,309	Pág.395(x)
Principio de Arquímedes, aplicaciones	Pág.463	Pág.311	Pág.396
Hidrodinámica: Flujo laminar, turbulento, Gasto definiciones	Pág.466(x)	Pag.315,316	Pág.399(x)
Presión y Velocidad: Ecuación de Continuidad	Pág.466(x)	Pág.317(x)	Pág.400
Ecuación de Bernoulli, Aplicaciones	Pág.468	Pág.318	Pág.412
Teorema de Torricelli, Medidor de Venturi	Pág.471(x)	Pág.318,320	-
<b>Temperatura y Calor</b>			
Temperatura y energía térmica, medición de la temperatura. Escala de temperatura, relativas y absolutas, Transformaciones entre escalas	Pág.571,572(x)	Pág.330,331,332,334	Pág.532,535,536(x)
Dilatación: Definición, dilataciones lineal, superficial y cubica, ecuaciones, aplicaciones	Pág.576,577(x)	Pág.338,341,342	Pág.537,538,539(x)
Dilatación de los líquidos, Dilatación	Pág.580	Pág.344	Pág.541

anómala del agua			
Variación de la densidad con la temperatura	-	Pág.344	-
Calor: Definición, Equivalente mecánico del calor, Cantidad de calor	Pág.582(x)	Pág.351,3 52	Pág.554,55 5
Calorimetría: Calor específico, Medición del calor	Pág.583	Pág.353,3 55	Pág.556,55 7,558
Cambios de estado o fase: Solido, líquido, gaseoso, el estado de plasma, Condensado de Bose-Einstein	Pág.586(x)	Pág.358,3 70	Pág.561(x)
Calorimetría con cambios de fase	Pag.586	-	-
<b>Transferencia de calor y mecanismo de conducción</b>			
Transferencia de calor por Conducción: Ecuación y aplicaciones	Pág.592	Pág.371	Pág.572
Transferencia de calor por Convección: Ecuación y aplicaciones	Pág.595	Pág.375	Pág.575
Transferencia de calor por Radiación: Ley de Stefan-Boltzman, Ley de Prevost de intercambio de calor	Pág.596(x)	Pág.376,3 77,378	Pág. 576,600(x)
<b>Movimiento Ondulatorio</b>			
Movimiento armónico simple: Fuerza recuperadora Ecuaciones del movimiento armónico simple. energéticas en el movimiento armónico, Péndulo simple	Pág.421- 434,436 (x)	Pág.279,2 84,291,29 3	Pág.420- 427, 432(x)
Movimiento ondulatorio: Ondas transversales en una cuerda, Ondas longitudinales Ecuación de una onda. Tren de ondas.	Pág.487,488 (x)	Pág.426- 428	Pág.449- 455(x)
Velocidad de propagación de una onda en diferentes medios, Vibración de cuerdas y columnas de aire, Principio de superposición	Pág.501,506 (x)	Pa'g.428,4 33	Pág.456, 502
Ondas Estacionarias, Frecuencias características	Pág.507	Pág.434,4 35	Pág.505,50 9,482
Sonido: Producción de una Onda sonora Velocidad del sonido. Vibración de columnas de aire. Vibración forzada y resonancia	Pág.527,532, 543,546(x)	Pág.442,4 43,445,44 8	Pág.475, 512(x)
Ondas sonoras audibles: Tono y timbre. El Efecto Doppler	Pág.550,552	Pág.448,4 52,454	Pág.483(x)

Como se puede apreciar en las (Tablas 1-1, 1-2), el contenido teórico de los temas a tratarse en los sílabos, no se acoplan a la secuencia que manejan los libros, pero la mayoría de temas que se presentan en los sílabos se las puede ubicar fácilmente en dichos libros.

### 1.5. ANÁLISIS DE LIBROS CON APLICACIONES AUTOMOTRICES

A continuación se presenta un análisis realizado de los tres libros más utilizados (Física Universitaria, Física: conceptos y aplicaciones, Física para ciencia e ingeniería), en el cual se contabilizó la cantidad total de ejercicios que presenta cada libro en relación a la temática de los dos sílabos (Física I, Física II). También se contabilizó los ejercicios que tienen relación, aplicación y/o enfoque automotriz, este número se encuentra expuesto entre paréntesis (Tabla 1-3).

Tabla 1-3. Cantidad de ejercicios y su enfoque en los libros más utilizados.

<b>FISICA I</b>			
<b>Temas</b>	<b>Young &amp; Freedman</b>	<b>Tippens</b>	<b>Serway &amp; Jewett</b>
Cinemática	179 (26)	100 (7)	187 (16)
Leyes de newton	187 (9)	152 (4)	279 (17)
<b>FISICA II</b>			
Energía, Trabajo y Potencia	185 (8)	76 (4)	195 (3)
Mecánica de los Fluidos	93 (5)	61 (1)	71 (2)
Temperatura y Calor	121 (4)	118 (3)	126 (3)
Movimiento Ondulatorio	95 (6)	151 (5)	259 (4)
<b>Total</b>	<b>860 (58)</b>	<b>658 (24)</b>	<b>1117 (45)</b>
Porcentaje de Aplicación Automotriz	<b>6.744 %</b>	<b>3.647 %</b>	<b>4.0286 %</b>

Estos libros presentan un porcentaje de ejercicios con enfoque automotriz muy bajo como para ser considerados textos guía para la carrera de Ingeniería Automotriz.

El libro que mayor enfoque automotriz presenta, tiene un 6.744 %, y el menor solamente tiene un 3.647 % de enfoque del total de ejercicios en relación a los sílabos, de los cuales, la mayoría de ellos con un grado de dificultad muy bajo, aportando muy poco al aprendizaje.

## **1.6. ANÁLISIS DE LOS SÍLABOS FÍSICA I Y FÍSICA II, DE LA CARRERA DE I.M.A. DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

A continuación se presentan los sílabos (vigentes) y un breve análisis de su carga horaria y contenido.

### **1.6.1. Silabo Física I**

#### ***Introducción a la física:***

*Magnitudes y unidades fundamentales (2 horas)*

*Sistema de unidades: el Sistema Internacional (2 horas)*

*Conversión de unidades (2 horas)*

*Medición y Errores (2 horas)*

*Densidad: definición y unidades (2 horas)*

*Práctica de Laboratorio sobre Errores (2 horas)*

Se considera que la primera parte del silabo de Física I cuenta con demasiada carga horaria, es una forma de desaprovechar tiempo, tomando en cuenta que la mayoría de los temas ya han sido estudiados por los universitarios en los últimos cursos de la educación secundaria (bachillerato).

#### ***Cantidades escalares y vectoriales:***

*Cantidad escalar y vectorial: definición y ejemplos (2 horas)*

*Representación gráfica y analítica de un vector (4 horas)*

*Propiedades de los vectores (4 horas)*

*Operaciones con vectores: suma, resta (2 horas)*

*Producto escalar y vectorial de dos vectores (2 horas)*

*Componentes de un vector (2 horas)*

*Representación de una fuerza como un vector (2 horas)*

*Práctica sobre Vectores (2 horas).*

En esta sección del silabo también se considera que existe una sobrecarga horaria ya que estos temas no forman parte de la Física de manera directa, incluyendo la práctica de laboratorio relacionada a vectores, cabe recalcar que a pesar que son herramientas fundamentales para el estudio de muchos conceptos de física, se puede reducir su carga horaria.

***Cinemática:***

*Reposo y movimiento (2 horas)*

*Trayectoria (2 horas)*

*Velocidad: media e instantánea (4 horas,*

*Aceleración: media e instantánea (2 horas,*

*Movimiento rectilíneo uniforme (2 horas)*

*Movimiento rectilíneo uniformemente variado (4 horas)*

*Caída libre de cuerpos (2 horas)*

*Movimiento parabólico (4 horas)*

*Movimiento circular (2 horas)*

*Prácticas de Laboratorio (2 horas)*

***Equilibrio:***

*Primera y tercera leyes de Newton (2 horas)*

*Equilibrio de una partícula (2 horas)*

*Diagrama de cuerpo libre: solución de problemas de Equilibrio (4 horas)*

*Rozamiento seco, Estático y Cinético (2 horas)*

*Coefficiente y ángulo de rozamiento (2 horas)*

*Momento de una fuerza con respecto a un punto (2 horas)*

*Teorema de Varignon (2 horas)*

*Centros de gravedad (4 horas)*

*Prácticas de Laboratorio (2 horas)*

***Dinámica:***

*Segunda Ley de Newton (4 horas)*

*Fuerza, masa y peso. (2 horas)*

*Relación entre masa y peso (4 horas)*

*Aplicación de la Segunda Ley de Newton (4 horas)*

*Práctica de Laboratorio (2 horas)*

Los temas que se relacionan a matemática más avanzada, la derivación e integración no se desarrollan a profundidad, y si se lo hace su nivel de dificultad en las aplicaciones es superficial.

**1.6.2. Silabo Física II.**

***Energía, Trabajo y Potencia:***

*Trabajo, Definición Unidades y Relaciones (4 horas)*

*Energía, definición, Unidades, Energías Potencial y Cinética (2 horas)*

*Potencia, Media e Instantánea, Fuerzas conservativas. (2 horas)*

*Trabajo y Energía Cinética, Trabajo y Energía Potencial (2 horas)*

*Energía Potencial Elástica de un Resorte (2 horas)*

*Leyes de Conservación de la Energía. Aplicaciones (4 horas)*

Los estudios de estos temas también se realizan en el bachillerato pero de una manera superficial, es necesario un estudio más profundo porque los temas mencionados son un pilar fundamental para cátedras de ciclos superiores.

***Mecánica de los Fluidos:***

*Hidrostática.- Densidad, Peso específico (2 horas)*

*Presión, Principio de Pascal, Prensa hidráulica, Vasos comunicantes (2 horas)*

*Manómetros y barómetros (2 horas)*

*Principio de Arquímedes, aplicaciones (4 horas)*

*Hidrodinámica.- Flujo laminar, turbulento, Gasto, definiciones (2 horas)*

*Presión y Velocidad.- Ecuación de Continuidad (2 horas)*

*Ecuación de Bernoulli, Aplicaciones (4 horas)*

*Teorema de Torricelli, Medidor de Venturi (4 horas)*

***Temperatura y Calor:***

*Temperatura y energía térmica, medición de la temperatura.-Escalas de temperatura, relativas y absolutas, Transformaciones entre escalas (4 horas)*

*Dilatación.- Definición, dilataciones lineal, superficial y cubica, ecuaciones.- Aplicaciones (2 horas)*

*Dilatación de los líquidos, Dilatación anómala del agua (2 horas)*

*Variación de la densidad con la temperatura (4 horas)*

*Calor.- Definición.- Equivalente mecánico del calor.- Cantidad de calor (2 horas)*

*Calorimetría.- Calor específico, Medición del calor (4 horas)*

*Cambios de estado o fase.- Sólido, líquido, gaseoso, el estado de plasma, Condensado de Bose-Einstein (4 horas)*

*Calorimetría con cambios de fase (6 horas)*

***Transferencia de calor y mecanismo de conducción:***

*Transferencia de calor por Conducción.- Ecuación y aplicaciones (4 horas)*

*Transferencia de calor por Convección.- Ecuación y aplicaciones (4 horas)*

*Transferencia de calor por Radiación.-Ley de Stefan-Boltzman, Ley de Prevost de intercambio de calor. (6 horas)*

***Movimiento Ondulatorio:***

*Movimiento armónico simple: Fuerza recuperadora, Ecuaciones del movimiento armónico simple, energéticas en el movimiento armónico, Péndulo simple (4 horas)*

*Movimiento ondulatorio: Ondas transversales en una cuerda, Ondas longitudinales, Ecuación de una onda. Tren de ondas. (2 horas)*

*Velocidad de propagación de una onda en diferentes medios, Vibración de cuerdas y columnas de aire, Principio de superposición (2 horas)*

*Ondas Estacionarias, Frecuencias características (2 horas)*

*Sonido.- Producción de una Onda sonora.-Velocidad del sonido. Vibración de columnas de aire. Vibración forzada y resonancia (2 horas)*

*Ondas sonoras audibles.- Tono y timbre. El Efecto Doppler. (4 horas)*

Estos temas se examinan de manera superficial. Cabe recalcar que su estudio o análisis es muy amplio, es por esta razón que en cátedras de ciclos superiores como: Termodinámica, Transferencia de calor, Mecánica de fluidos etc., se estudian detalladamente.

## **1.7. ANÁLISIS DE LOS SÍLABOS ESTÁTICA, DINÁMICA DE LA CARRERA DE I.M.A. DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

Ahora se analiza el contenido de los sílabos de las cátedras de Estática y Dinámica, las cuales se estudian en tercer y cuarto ciclo respectivamente, el objetivo es

encontrar relación con las materias de Física I y Física II, evitando desaprovechar horas de estudio en temáticas que pueden ser profundizadas en Física y de esta manera ampliar la temática y aplicaciones tanto en la Estática como en la Dinámica.

### **1.7.1. Silabo Estática.**

#### ***Introducción:***

*Definición y clasificación de la Mecánica (2 horas)*

*Conceptos y Principios fundamentales: Magnitudes fundamentales. Tres leyes del movimiento de Newton (2 horas)*

*Cantidades escalares y vectoriales: Definición y ejemplos. Sistemas de unidades (2 horas)*

#### ***Vectores, Operaciones con vectores y concepto de Fuerza:***

*Operaciones con vectores. Suma y Resta. Método del polígono, paralelogramo, de las componentes y gráfico. (2 horas)*

*Vectores unitarios, Suma y resta de vectores cartesianos (2 horas)*

*Producto vectorial y producto escalar. (2 horas)*

*Vectores posición. Vector fuerza dirigido a lo largo de una línea. (2 horas)*

*Concepto de vector Fuerza y principios que rigen al vector fuerza. (2 horas)*

#### ***Momentos de una Fuerza y Sistema equivalente de fuerzas y momentos:***

*Momento de una fuerza: expresión escalar y vectorial. (2 horas)*

*Momento de una fuerza respecto a un punto y a un eje específico (2 horas)*

*Momento de un par y pares equivalentes. Suma de pares. Teorema de Varignon (2horas)*

*Resultante de un sistema de pares y fuerzas (3 horas)*

*Reducción de un sistema de pares y fuerzas, a una fuerza y un momento (3 horas).*

***Equilibrio de una partícula y de un cuerpo rígido:***

*Equilibrio de una partícula y condición de equilibrio (2 horas)*

*Procedimiento para representar el Diagrama del Cuerpo Libre (2 horas)*

*Reacciones en apoyo y conexiones de una estructura bidimensional. (2 horas)*

*Equilibrio de un cuerpo rígido en dos dimensiones. Diagrama del cuerpo libre (2 horas)*

*Ecuaciones de equilibrio (2 horas)*

***Análisis de Estructuras Planas:***

*Definición de armadura o estructura. (2 horas)*

*Armaduras simples (2 horas)*

*Análisis de una armadura por el método de los nudos (2 horas)*

*Análisis de una armadura por el método de las secciones. (2 horas).*

***Momentos de Inercia de Áreas:***

*Centroides y centros de gravedad. Teorema de Varignon. (2 horas)*

*Teorema de los ejes paralelos, el teorema de Steiner (2 horas)*

*Momentos de inercia de figuras geométricas compuestas. (2 horas)*

*Equilibrio de un cuerpo rígido en dos dimensiones. Diagrama del cuerpo libre (2 horas)*

*Aplicaciones de momentos de inercia de áreas compuestas (2 horas)*

***Fricción:***

*Características y Problemas relacionados con la fricción seca (2 horas)*

*Fuerzas de fricción en el plano, y plano inclinado (2 horas)*

*Cuñas (2 horas)*

*Fuerzas de fricción en tornillos y bandas (2 horas)*

El estudio de esta temática se presenta en una cátedra de tercer ciclo (llamada Estática), en donde la mayoría de sus temas son la continuación de las leyes de Newton y el Equilibrio que se estudian en Física I, si estos temas se analizaran de una manera completa en primer ciclo no sería necesario volver a retomarlos, así se extendería el alcance de contenidos y aplicaciones en cuanto a Estática se refieren (ver sección recomendaciones, reestructuración del silabo).

### **1.7.2. Silabo Dinámica**

#### ***Cinemática de Partículas:***

*Introducción (1 horas)*

*Posición, desplazamiento, velocidad y aceleración en el movimiento rectilíneo (1 horas)*

*Determinación del movimiento de una partícula (2 horas)*

*Movimiento rectilíneo uniforme (1 horas)*

*Movimiento rectilíneo uniformemente variado (2 horas)*

*Movimiento de varias partículas: movimiento relativo (2 horas)*

*Movimiento de un proyectil (2 horas)*

*Movimiento curvilíneo (2 horas)*

#### ***Cinética de Partículas: Segunda Ley de Newton:***

*Introducción, Segunda Ley de Newton (1 horas)*

*Cantidad de movimiento lineal de una partícula (2 horas)*

*Masa y peso (2 horas)*

*Ecuaciones de movimiento (2 horas)*

*Equilibrio dinámico: coordenadas rectangulares (2 horas)*

***Cinética de Partículas: Principio de Trabajo y Energía:***

*Introducción (1 horas)*

*Trabajo de una fuerza (2 horas)*

*Energía cinética de una partícula (2 horas)*

*Principio de trabajo y energía (2 horas)*

*Aplicaciones del principio del trabajo y la energía (2 horas)*

*Potencia y eficiencia (2 horas)*

*Energía potencial (2 horas)*

*Fuerzas conservativas (2 horas)*

*Principio de conservación de la energía (3 horas)*

***Cinética de Partículas: Principio del Impulso y la Cantidad de Movimiento:***

*Teorema del momento lineal (2 horas)*

*Impulso y cantidad de movimiento (2 horas)*

*Principio del impulso y la cantidad de energía (2 horas)*

*Movimiento impulsivo (2 horas)*

*Problemas en los que interviene la energía y la cantidad de movimiento (3 horas)*

*Aplicaciones (3 horas)*

***Cinemática de cuerpo rígido:***

*Traslación (2 horas), Rotación (2 horas)*

*Velocidad absoluta y velocidad relativa (2 horas)*

*Centro instantáneo de rotación (2 horas)*

*Aceleración absoluta y relativa (2 horas)*

Al igual que en la cátedra de Estática, en Dinámica también existen temas que se relacionan como continuación o complemento del estudio de la Física lo cual también es innecesario retomarlos. Si su estudio se profundizara de una manera correcta, se ampliaría la temática y el contenido en cuanto a Dinámica se refiere (ver sección recomendaciones, reestructuración del silabo).

## **1.8. ENCUESTA Y RESULTADOS**

Como complemento, validación y respaldo del presente proyecto, se realizó una encuesta dirigida a los alumnos que cursaron las cátedras de Física I y Física II, cuyo formato y resultados se detallan a continuación:

### **1.8.1. Formato utilizado para la encuesta**

La encuesta realizada tiene como objetivo principal detectar las falencias, necesidades y sugerencias del alumnado para mejorar el aprendizaje y el interés por la física en la carrera I.M.A. de la Universidad del Azuay. Las valoraciones a las preguntas están clasificadas de la siguiente manera: 1 (no, malo, nada o bajo), 5 (sí, excelente, mucho o alto), este formato se lo puede ubicar en la sección (Anexos).

### **1.8.2. Resultados de la encuesta**

Como parte del proyecto “Física Automotriz”, se realizó una encuesta (Formato de la encuesta disponible en Anexos) a 74 estudiantes (que representa el 66.071 % de la población encuestada que finalizó la Cátedra de Física II en Julio 2016) de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad del Azuay, los mismos que aprobaron la cátedra de Física I en Enero 2016, y los 38 estudiantes que representa el 33.929 % de la población encuestada que iniciaron la cátedra de termodinámica en septiembre 2016) de la misma carrera, los mismos que aprobaron la cátedra de Física I en Enero 2015, y Física II en Julio 2015. Para apoyar nuestro trabajo sobre una de las necesidades insatisfechas por parte de los estudiantes en su formación profesional, y a la vez este trabajo sirva para realizar mejoras en las metodologías existentes y mantener un buen estándar de profesionales.

Tabla 1-4. Resultados de la encuesta por pregunta y nivel.

<b>RESULTADOS DE LA ENCUESTA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Total</b>
Haz aplicado la física en la vida diaria.	8	7	43	26	28	112
Que tan comprensible es la física usando libros tradicionales.	0	10	49	37	16	112
Las prácticas de laboratorio, y su contenido, aportan a tu formación profesional.	2	4	14	38	54	112
Nivel de dificultad de ejercicios realizados en clases.	4	9	34	52	13	112
Nivel de dificultad de ejercicios de trabajos y deberes.	0	0	19	69	24	112
¿Tienen enfoque automotriz las materias de 1er y 2do ciclo?	13	18	39	17	25	112
Usarías un texto guía de física con aplicaciones y enfoque automotriz.	3	8	27	31	43	112
Utilizar programas de simulación mejoraría y aclararía el aprendizaje.	0	0	9	35	68	112
Preferirías ejercicios con enfoque automotriz vs los tradicionales.	0	4	13	34	61	112
Te gustaría realizar prácticas de laboratorio utilizando el vehículo.	0	2	6	19	85	112
Es necesario ampliar el enfoque automotriz de las materias iniciales, para incrementar el interés y aprendizaje.	0	3	6	19	84	112

### 1.8.3. Análisis de resultados de la encuesta por pregunta

#### a) ¿Has aplicado la física en la vida diaria?



Figura 1.1. Resultados en gráfico de barras de primera pregunta.

Como se puede observar en la (Fig.1.1.), la mayoría de los estudiantes encuestados dicen haber utilizado “poco, muy poco o nada” de física en su vida diaria, que en porcentaje sumado sería el (51.8%), es decir que más de la mitad de los alumnos no

practican con frecuencia lo que aprenden en las aulas, sólo se centran en aprobar la materia. Hay que tomar en cuenta que existe un porcentaje representativo que aplica la física “algo o mucho” en su vida diaria, dando un porcentaje del (48.2%).

**b) ¿Qué tan comprensible es la física usando libros tradicionales?**



Figura 1.2. Resultados en gráfico de barras de segunda pregunta.

Para el (43.8 %) de los estudiantes el nivel de comprensión de la física utilizando libros tradicionales es regular y para un (8.9 %) es malo, se deduce que más de la mitad de los encuestados “Regular y malo” (52.7 %) creen que el uso de libros tradicionales no aporta significativamente en su formación académica, mientras que para el (33.0 %) es bueno. El porcentaje menor (14.3%) manifiesta que el uso de libros tradicionales es excelente.

c) **¿Las prácticas de laboratorio, y su contenido, aportan a tu formación profesional?**



Figura 1.3. Resultados en gráfico de barras de tercera pregunta.

En lo que respecta a las prácticas de laboratorio el (48.2 %) de los estudiantes manifiestan, que sí aportan a la formación profesional, seguido de un (33.9 %) que afirman que les ha ayudado en algo, esto quiere decir que la mayoría de estudiantes (82.1 %) consideran favorable la realización de prácticas de laboratorio, por ende su aporte como metodología es muy significativa y aceptada; por el contrario los que manifiestan que este método de enseñanza aporta “poco, muy poco o nada”, representa tan solo un (17.9 %).

d) **Nivel de dificultad de ejercicios realizados en clase.**

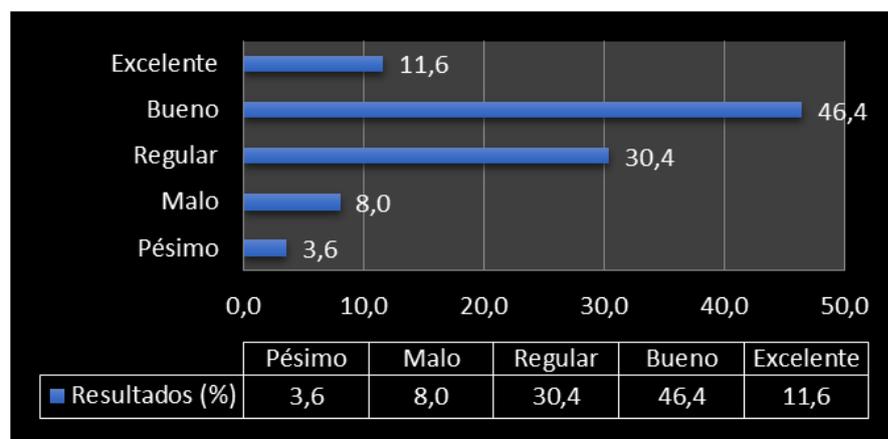


Figura 1.4. Resultados en gráfico de barras de cuarta pregunta.

Para el (58%) de los estudiantes encuestados “excelente y bueno” el nivel de dificultad de ejercicios realizados en clase son de niveles alto y medio alto. El (30.4%) “Regular” considera la dificultad en un nivel medio, mientras que solamente un (11.6%) “Malo y pésimo” de los estudiantes afirman que el nivel de dificultad de los ejercicios realizados en clase son medio bajo y/o bajo.

**e) Nivel de dificultad de ejercicios de trabajos y deberes.**



Figura 1.5. Resultados en gráfico de barras de quinta pregunta.

Respecto al nivel de dificultad de ejercicios en trabajos y deberes, ningún encuestado afirma que el grado de dificultad es bajo, lo que permite interpretar y relacionar los resultados de la pregunta (d). Se deduce que los ejercicios que se realizan en clase no cubren con la complejidad necesaria para entender y realizar las tareas o deberes, pues más del (83%) “Bueno y excelente” del alumnado, afirma que hay notable diferencia en el nivel de dificultad entre los deberes y las actividades en clase.

**f) ¿Tienen enfoque automotriz las materias de primero y segundo ciclo?**



Figura 1.6. Resultados en gráfico de barras de sexta pregunta.

Según el (37.5%) “Algo y sí” de estudiantes consideran que las materias de primero y segundo ciclo si tienen un enfoque automotriz, mientras que el (34.8%) “Regular” opina que el enfoque que se tiene es poco, y el (27.7%) opina que hay “poco e incluso nada de enfoque”. La mayoría de estudiantes encuestados (62.5%) “Regular, muy poco y no” dicen que las materias de primer y segundo ciclo no tiene un adecuado enfoque hacia la carrera.

**g) ¿Usarías un texto guía de física con aplicaciones y enfoque automotriz?**

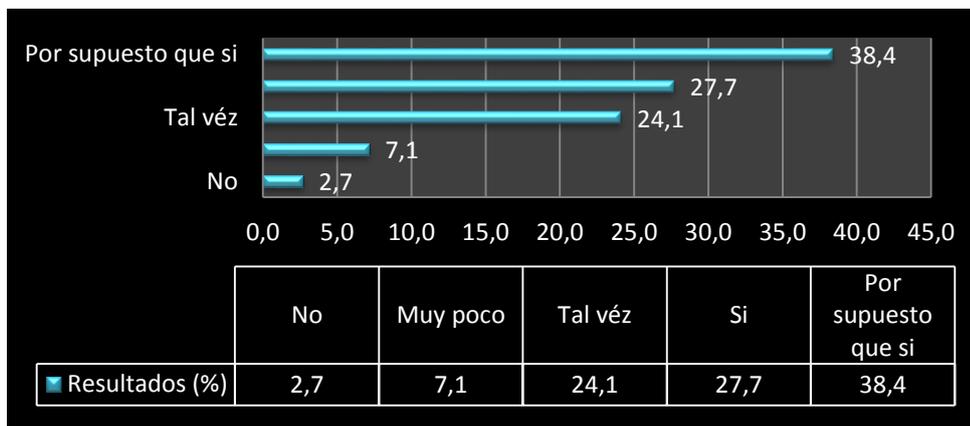


Figura 1.7. Resultados en gráfico de barras de séptima pregunta.

Tabla 1-5. Razones y porcentajes de séptima pregunta de la encuesta

Razones	Porcentaje
Ayuda al mejor aprendizaje y Comprensión - apoyo como base para la carrera	57,81%
Ayudan en problemas futuros (Trabajo Profesional) - Utilidad	21,88%
No Contesta	10,94%
En todos los campos de automotriz no se necesita	4,69%
Ayuda a los cálculos y mediciones	3,13%
Despierta interés del alumnado	1,56%

Respecto al cuestionamiento sobre el uso de un nuevo material de estudio (texto guía de física con aplicaciones y enfoque automotriz) existe una gran aceptación, el (66.1%) “Por supuesto que sí” y “sí” de los estudiantes que opinan que sí lo usarían, el (33.9%) “Tal vez, muy poco y no” dudarían en utilizarlo.

Como una de las razones principales por las cuales los estudiantes consideran beneficioso un texto guía de física con enfoque automotriz es que al usar este nuevo material mejorarían su nivel de aprendizaje y comprensión (57.81%), además les serviría como una ayuda para tener bases en el transcurso de su carrera, el 21.8% de alumnos opinan que les ayudaría posteriormente en su carrera profesional.

#### h) ¿Utilizar programas de simulación mejoraría y aclararía el aprendizaje?

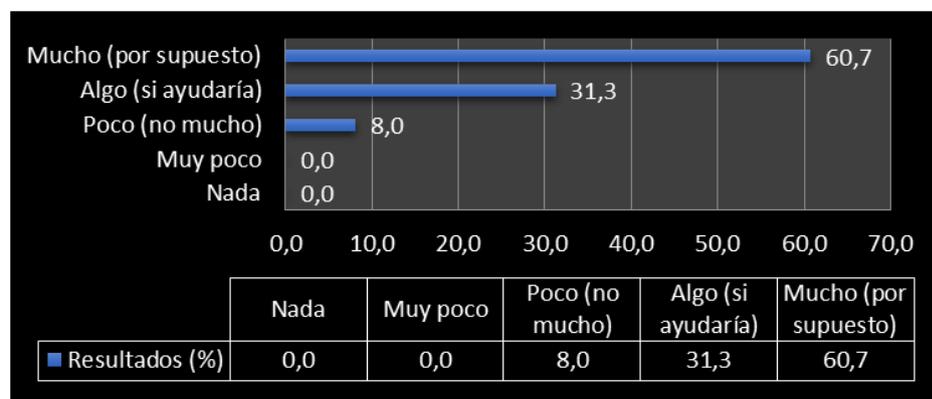


Figura 1.8. Resultados en gráfico de barras de octava pregunta.

En cuanto al uso de programas de simulación y su aceptación por parte del alumnado encuestado el (60.7%) está convencido de que lo utilizaría mucho, el (31.3%) lo utilizaría “algo” y saben que sí les ayudaría, se deduce entonces que es uno de los métodos de enseñanza muy atractivos, los cuales mejorarían y aclararían el aprendizaje de manera muy significativa, aunque existe un 8.0% de encuestados los cuales dicen que utilizarían “poco” esta metodología.

**i) ¿Preferirías ejercicios con enfoque automotriz vs los tradicionales?**

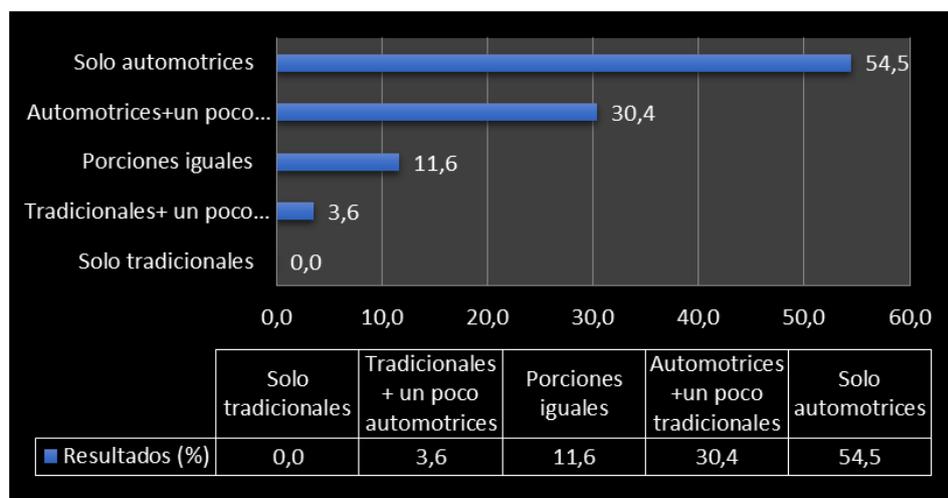


Figura 1.9. Resultados en gráfico de barras de novena pregunta.

Como otro aspecto de validación del proyecto “Física automotriz” se consultó a los alumnos acerca de la aceptación que tendrían los ejercicios con enfoque automotriz como método de enseñanza, obteniendo como resultado que el (54.5%) “solo automotriz” de los estudiantes que opinaron prefiere este tipo de ejercicios frente a los tradicionales, mientras que un (42%) “Automotrices y porciones iguales” opina que también los prefieren pero combinándolo con el método tradicional, se deduce entonces que un (96.5%) de encuestados aceptan el proyecto y preferirían estos ejercicios.

**j) ¿Te gustaría realizar prácticas de laboratorio utilizando el vehículo?**

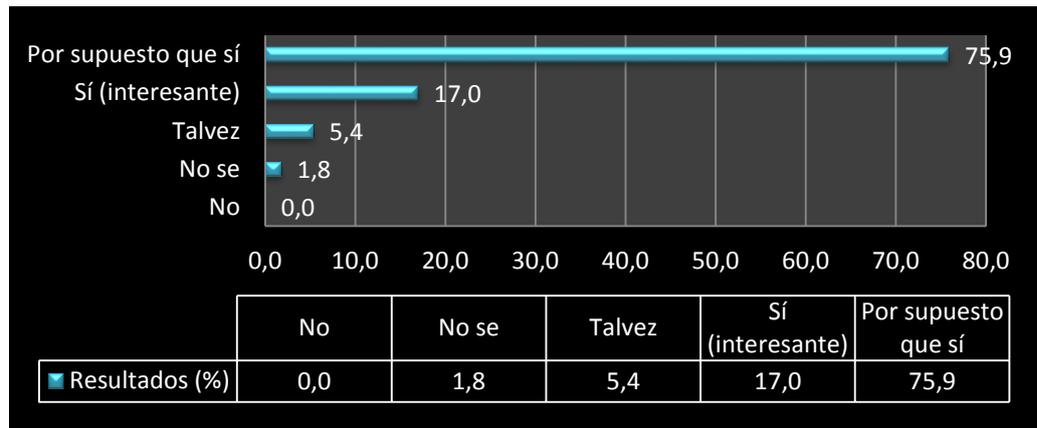


Figura 1.10. Resultados de gráfico de barras de décima pregunta.

Como otro mecanismo para mejorar el aprendizaje se propone la utilización del automóvil para la realización de prácticas de física, en donde la mayoría de los estudiantes (92.9%) “sí y por supuesto que sí” opinan que sería excelente e interesante, considerando que su vinculación directa con el automóvil a partir de su primer año de estudio los motivaría significativamente.

**k) ¿Es necesario ampliar el enfoque automotriz de las materias iniciales, para incrementar el interés y el aprendizaje?**

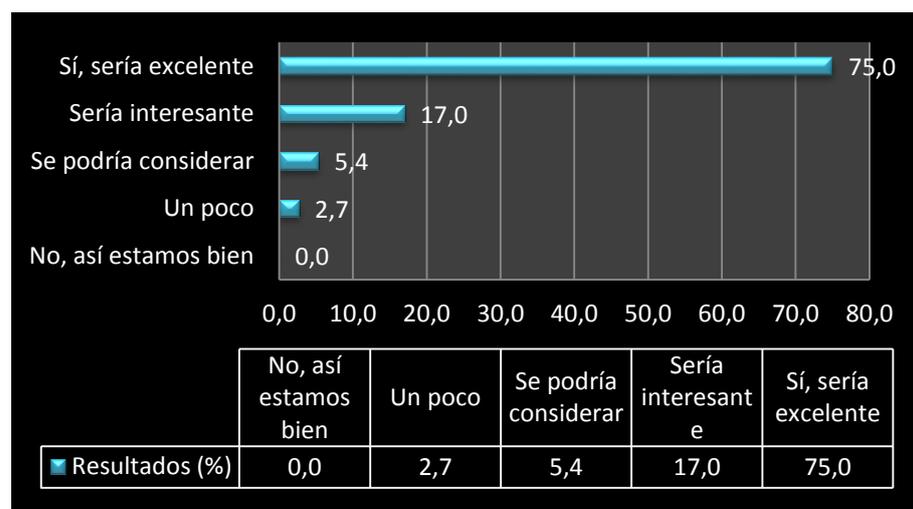


Figura 1.11. Resultados en gráfico de barras de onceava pregunta.

Finalmente, en cuanto a la ampliación y la aplicación de las materias iniciales al enfoque automotriz, el (75.0%) “Sí” de estudiantes opinan que sería excelente o muy importante debido a que incrementaría el interés y el nivel aprendizaje; el (17.0%) “interesante” opinan que sería bueno dando como resultado un (92%) que aceptan una modalidad de enfoque automotriz en materias iniciales.

## **1.9. PROBLEMÁTICA**

Cada año se puede constatar que existen estudiantes de los primeros ciclos que abandonan prematuramente la carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz de la Universidad del Azuay, debido a muchos factores, como por ejemplo: que consideran que el estudio de algunas materias entre ellas la Física es muy complicada, por ende creen que su estudio es algo inalcanzable, (sin mencionar las cátedras de ciclos superiores), razón por la cual pierden motivación y creen que las cátedras de los ciclos iniciales no tienen enfoque hacia la carrera.

Uno de los métodos de estudio, es guiar a los estudiantes a que comprendan las ciencias básicas en las que se fundamenta la ingeniería. Una de estas ciencias es la física, la cual se llega a comprender exitosamente al tener claro los conceptos básicos, para su estudio es necesario emplear textos que indiquen los principios físicos de manera general.

Existen libros de física general los cuales se pueden utilizar como un texto guía, pero muy pocos logran despertar el interés en el estudiante, ya que su contenido es diverso y en algunos casos difícil de comprender. En la ingeniería mecánica automotriz, los estudiantes creen que la física no se relaciona con el automóvil, esto debido a que no existe un documento con teoría y aplicaciones que relacione la física con la ingeniería de los vehículos.

## Capítulo 2 : RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

La identificación y selección de información es muy importante cuando se plantea un determinado tema de estudio, siendo fundamental para una adecuada comprensión de la teoría que involucra el desarrollo y planteamiento de ejemplos (aplicaciones que se presenta en el capítulo 3).

En el presente capítulo se desarrolla una recopilación de información de la temática que se maneja en las cátedras de Física I y Física II de la escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad del Azuay abarcando temas como: la cinemática, el equilibrio, la dinámica, el trabajo, energía y potencia, la mecánica de fluidos, temperatura y calor, transferencia de calor y el movimiento ondulatorio; para ello se consultan varios libros y documentos de la internet que están relacionados directamente con la física y con la ingeniería a fin de generar un documento en donde se indique la teoría de manera clara, con gráficos, definiciones y ejemplos que ayudan a una mejor conceptualización.

### 2.2. CINEMÁTICA

**Definición:** “Corresponde al estudio de la geometría del movimiento. Se utiliza para relacionar el desplazamiento, la velocidad, la aceleración y el tiempo, sin hacer referencia a la causa del movimiento.” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 602)

#### 2.2.1. Conceptos fundamentales:

A continuación se detallan algunos términos y su significado, los cuales se utilizarán con frecuencia en el presente capítulo.

**Partícula:** Se denomina de esta manera a todo elemento o cuerpo en análisis, sin importar su tamaño, forma o material, considerándolo como un modelo *simplificador* para el desarrollo de los contenidos, facilitando la conceptualización y aplicaciones de las leyes, relaciones y magnitudes físicas.

**Movimiento y reposo:** Una partícula se encuentra en movimiento respecto a otro cuando existe un “cambio de posición que experimenta un cuerpo con respecto a un sistema de referencia en el tiempo” (Pérez Terrel, 2000, pág. 112). Por el contrario, si no existe variación en la posición de las partículas se dice que las mismas se encuentran en reposo.

*Ejemplo: Un automóvil que pasa por un puente.*

El puente tiene una posición *invariable* respecto a la superficie terrestre, entonces se puede decir que el puente está en reposo con relación a la tierra, o que el conductor está en reposo respecto al automóvil, pero el automóvil y el conductor está en movimiento respecto al puente.

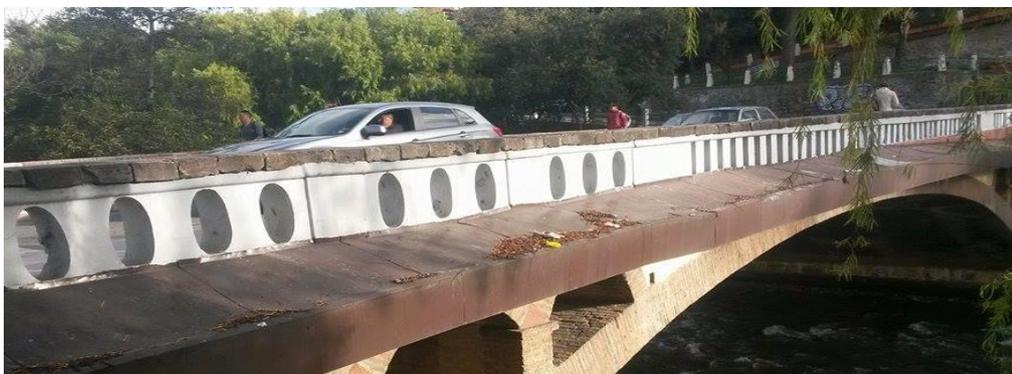


Figura 2.1. Ejemplo de movimiento y reposo.

Por lo tanto una misma partícula puede estar en reposo respecto a otra y en movimiento en relación a una tercera, es por esto que para una mejor comprensión y análisis del movimiento de una partícula se emplea un *sistema de referencia*, especificando respecto a que partículas se refiere el movimiento, en los ejes coordenados se puede entender esto con mayor facilidad siempre estableciendo en ellos un punto fijo (de referencia).

### **Trayectoria, espacio y desplazamiento:**

En el movimiento en línea recta, o rectilíneo “conviene especificar la posición usando el conocido sistema bidimensional de coordenadas cartesianas con ejes (x-y) perpendiculares. Una trayectoria recta puede tener cualquier dirección, pero por conveniencia suele orientar los ejes de coordenadas de manera que el movimiento siga una de ellos.” (Wilson, Buffa, & Lou, 2007, pág. 35)

Cuando la trayectoria es una línea recta se dice que la partícula tiene movimiento rectilíneo, cuando es circular decimos que tiene movimiento circular, cuando su movimiento tiene forma de parábola se dice que tiene movimiento parabólico, etc. Se tiene también la longitud de la trayectoria denominado “*espacio o distancia*” (figura 2-2) que es una *magnitud escalar*. Se debe evitar la confusión entre estos dos conceptos con el “desplazamiento ( $\Delta_x = x_1 - x_0$ )” definiéndola como la distancia en línea recta entre dos puntos junto con la dirección del punto de partida a la posición final. A diferencia de la distancia (un escalar) el desplazamiento puede tener valores positivos o negativos donde el signo indica la dirección a lo largo del eje de las coordenadas, por lo tanto, el desplazamiento es una cantidad vectorial. (Wilson, Buffa, & Lou, 2007, pág. 35)

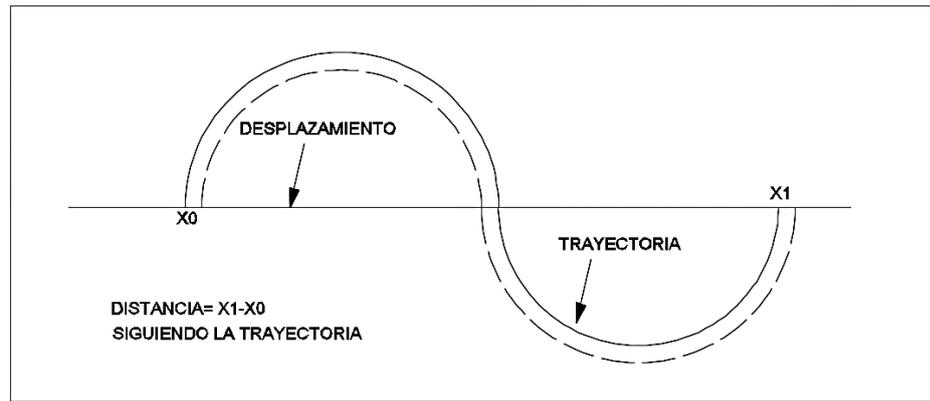


Figura 2.2. Distancia, trayectoria y desplazamiento

### 2.2.2. Sistemas de referencia

“Es aquel cuerpo o lugar del espacio en donde se ubica un observador en forma real o imaginaria para analizar y describir el fenómeno físico en el tiempo. Para describir el fenómeno del movimiento mecánico es necesario asociar con el observador un sistema cualquiera de coordenadas (sistema cartesiano) y un reloj.” (Pérez Terrel, 2000, pág. 111)

“Considerando un punto (**P**) que se encuentra en el sistema cartesiano (x,y,z) y tiene coordenadas cartesianas (x, y, z), como se indica en la fig. 2-3, el punto se especifica mediante el **vector posición**  $\vec{r}$ .” (Serway & Jewett, 2008, pág. 60)

$$\vec{r}(t) = x(t) * i + y(t) * j + z(t) * k \quad (2-1)$$

Esta expresión corresponde al vector posición, mediante sus componentes que también son funciones de tiempo.

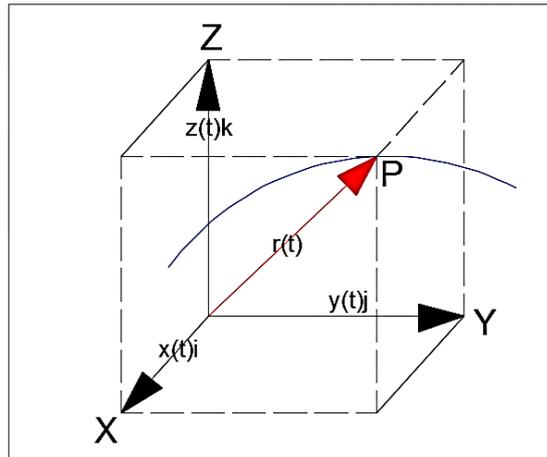


Figura 2.3. Vector posición en un sistema de referencia.

**Vector posición:** “También llamado radio vector, determina la posición de un cuerpo (o punto material) en cada instante de tiempo con respecto a un sistema de referencia.” (Pérez Terrel, 2000, pág. 111)

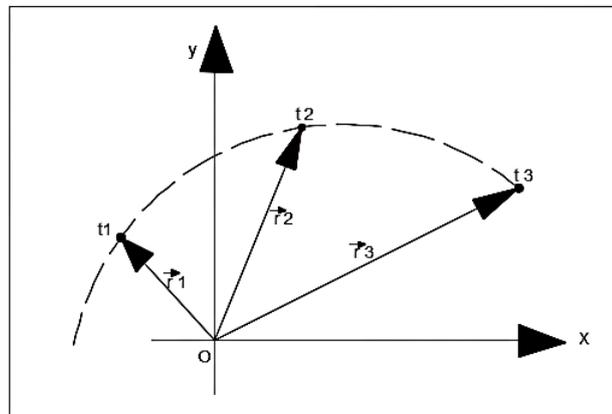


Figura 2.4. Vector posición.

**Vector desplazamiento:** “Es una magnitud vectorial que se define como el cambio de posición que experimenta un cuerpo (o punto) con respecto a un sistema de referencia.” (Pérez Terrel, 2000, pág. 111)

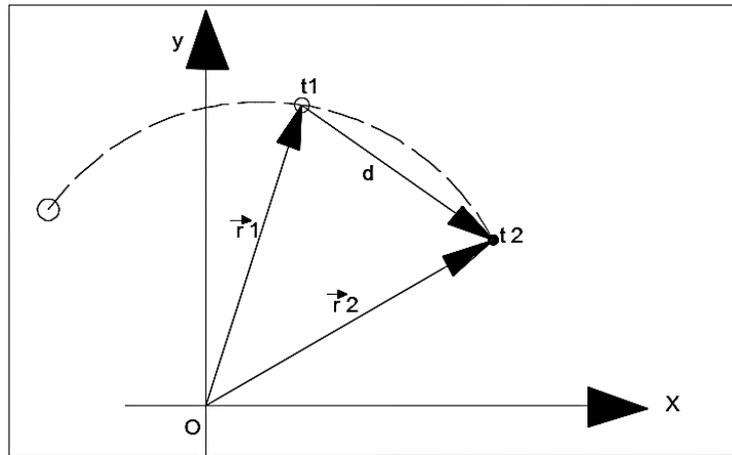


Figura 2.5. Vector desplazamiento.

**Ejemplo:** Encontrar el vector desplazamiento gráficamente entre dos puntos dados, desde un punto inicial  $P_0$ , a un punto final  $P$ , en un sistema coordenado tridimensional.

**Solución:**

Se puede expresar un vector desplazamiento realizando la diferencia de dos vectores, los mismos que son: vector de posición de  $P$ , y el vector de posición de  $P_0$  esto es:

$$\overrightarrow{PP_0} = \vec{r}(t) - \vec{r}(t_0).$$

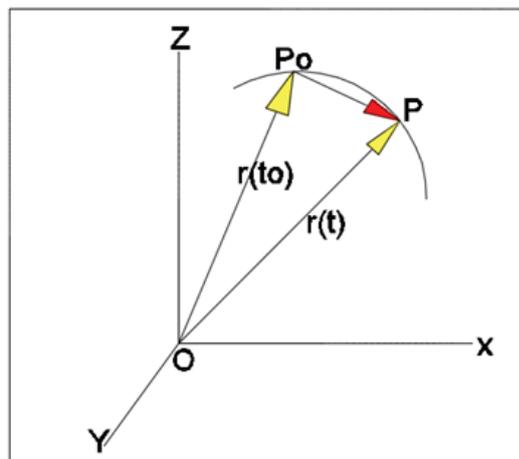


Figura 2.6. Ejemplo de vector desplazamiento.

### 2.2.3. Velocidad

“Es una cantidad vectorial igual a la rapidez de cambio de su posición respecto al tiempo.” (Shigley & Uicker, 1983, pág. 76) La velocidad de un cuerpo que se obtiene del resultado de dividir la distancia recorrida para el tiempo empleado en recorrerla.

$$velocidad = \frac{distancia\ recorrida}{intervalo\ de\ tiempo} = v = \frac{x}{t} \quad (2-2)$$

Se dice que la velocidad de una partícula es igual a la distancia recorrida en la unidad de tiempo, por ejemplo: en el S.I. (Sistema Internacional) la velocidad se mide en metros por segundo (m/s) y también se puede usar otras combinaciones de distancia y tiempo; (km/h), (km/min), (m/s), etc.

Despejando la fórmula (2-2) se tiene que la distancia recorrida es el producto de multiplicar la velocidad por el tiempo transcurrido.

$$distancia = velocidad * tiempo = x = v * t \quad (2-3)$$

#### 2.2.3.1. Velocidad media

Calcular la velocidad exacta de un móvil que parte del reposo y recorre cierta distancia es algo imposible ya que su velocidad no es constante en todos los puntos de su trayectoria con el simple hecho de saber que partió con una velocidad igual a cero, es por eso que se puede determinar una “velocidad media” o velocidad promedio, dividiendo la distancia recorrida para el tiempo empleado en recorrerla. “La relación entre el vector desplazamiento del punto material y el intervalo de tiempo correspondiente, determina la magnitud vectorial que se llama **velocidad media** del punto material. (Pérez Terrel, 2000, pág. 112)

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{x}(t) - \vec{x}(t_0)}{t - t_0} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2-4)$$

**Ejemplo:** La distancia entre dos ciudades es de 32,8 km y el tiempo que un automóvil tarda en recorrer dicha distancia es de 36 min (0,6h). Calcular su velocidad media.

$$\text{velocidad media } (v_m) = \frac{\text{distancia recorrida } (x)}{\text{intervalo de tiempo } (t)} = \frac{32,8 \text{ km}}{0,6 \text{ h}} = 54,667 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Se puede afirmar que la *velocidad media* del automóvil en trasladarse entre las dos ciudades es de 54.667 km/h.

### 2.2.3.2. Velocidad instantánea

Es “una cantidad vectorial que representa la velocidad en cualquier punto. Es, en consecuencia, la razón de cambio del desplazamiento respecto al tiempo” (Tippens, 2007, pág. 133). Es representada mediante un vector, para encontrar su magnitud se debe medir una distancia muy pequeña en su correspondiente *intervalo* de tiempo empleado, también pequeño. Mientras más pequeño sea la magnitud del tiempo empleado, más exacta será la velocidad instantánea.

Se entiende que al “llevar al límite la velocidad media y hacer que el tiempo  $\Delta t \rightarrow 0$ ” (Young & Freedman, 2009, pág. 40), se tiene:

$$\text{velocidad instantanea} = v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

Por definición, esta expresión es equivalente a la derivada del vector posición ( $r$ ) con respecto al tiempo ( $t$ ), se expresan en m/s, ft/s o en unidades correspondientes.

$$v = \frac{dr}{dt} \quad (2-5)$$

En los automóviles si se desea saber la velocidad instantánea basta con observar el valor inmediato que marca el velocímetro.

### 2.2.3.3. Velocidad de marcha de un vehículo ( $v_{veh}$ )

“La velocidad de marcha del vehículo depende del número de revoluciones por minuto (rpm) del motor, de la relación total de la transmisión y del diámetro de los neumáticos de las ruedas” (Sanz González, 2000, pág. 88) expresados en km/h en la siguiente ecuación:

$$v_{veh} = \frac{60 * \pi * d * n}{10^5 * R_t} \quad (2-6)$$

$v_{veh}$  = velocidad de marcha del vehículo o velocidad radial de la rueda en km/h.

d = diámetro de la rueda en cm.

n = número de rpm del motor.

$R_t$  = relación total de transmisión.

### 2.2.4. Aceleración

Es una magnitud “física vectorial que mide la rapidez de cambio que experimenta el vector velocidad en módulo, dirección y sentido respecto a un sistema de referencia.” (Pérez Terrel, 2000, pág. 112). Se puede decir que la partícula está acelerando cuando aumenta su velocidad, la que puede ser positiva o negativa produciendo un aumento o disminución de la velocidad. En un movimiento **curvilíneo** se produce una variación del módulo y dirección del vector velocidad debido a la aceleración. Es importante recalcar que “el vector aceleración no es tangente a la trayectoria de la partícula. La curva descrita por la punta de “V” como se muestra en la (Fig. 2-7) se conoce como la hodógrafa del movimiento.” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 642)

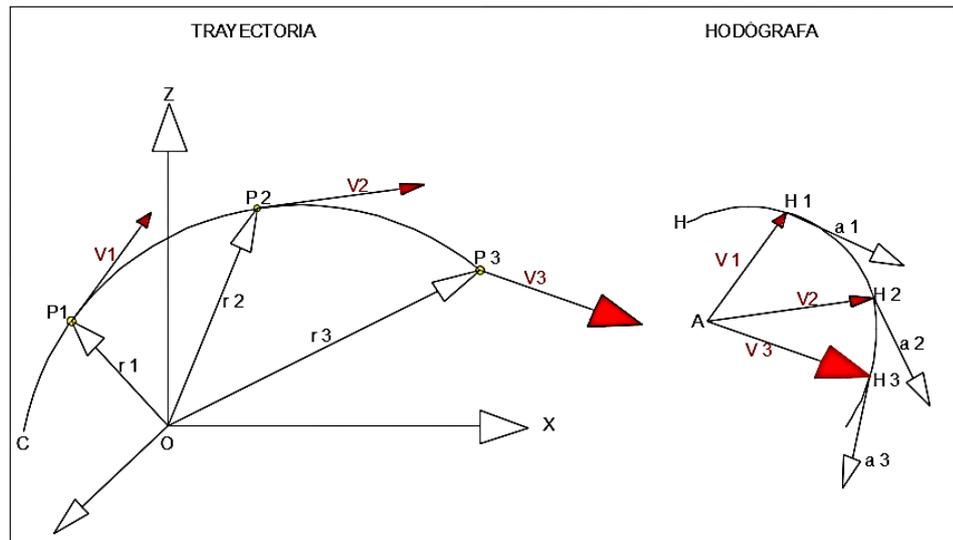


Figura 2.7. Trayectoria y Hodógrafa.

#### 2.2.4.1. Aceleración media

La aceleración media de una partícula se la define “como el cambio en su vector velocidad instantánea  $\Delta \vec{v}$  dividido por el intervalo de tiempo  $\Delta t$  durante el que ocurre dicho cambio.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 73)

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad (2-7)$$

“La *aceleración de un vehículo* depende fundamentalmente de su masa, de la potencia del motor y de la relación de transmisión del mecanismo de marchas. Los valores distintos de la relación de estos factores definen aceleraciones diferentes que pueden ser calculadas partiendo del incremento de velocidad y del tiempo necesario para ello, o bien del espacio recorrido en dicho intervalo.” (Sanz González, 2000, pág. 309)

### 2.2.4.2. Aceleración instantánea

Si a la aceleración media se la “lleva al  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0}$  y  $\lim_{\Delta v \rightarrow 0}$ , siendo estas cada vez más pequeñas, se tiene una aceleración instantánea más exacta.” (Young & Freedman, 2009, pág. 44)

$$\text{Aceleración instantánea} = a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Por definición esta expresión es equivalente a la derivada de la velocidad “v” respecto al tiempo “t” que se expresa en:  $\frac{m}{s^2}$  o  $\frac{ft}{s^2}$ .

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (2-8)$$

### 2.2.5. Movimientos

Es el cambio de posición de una partícula en un determinado intervalo de tiempo respecto a un sistema de coordenadas. Todo movimiento puede analizarse gráfica y analíticamente.

#### 2.2.5.1. Movimiento Rectilíneo Uniforme (M.R.U.)

Es un tipo de movimiento que tiene una trayectoria en línea recta considerando que en este movimiento la “velocidad de la partícula permanece constante y la distancia recorrida es proporcional al intervalo de tiempo transcurrido” (Solis Zambrano, 2004, pág. 56), esto quiere decir que la partícula recorre distancias iguales en tiempos iguales.

$$v = \text{constante} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Esta expresión también corresponde a:

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (2-9)$$

La coordenada de “posición  $x$  en los ejes cartesianos partiendo de un punto inicial  $x_0$  se obtiene al integrar la expresión de la velocidad ya mencionada” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 607) , despejando y reemplazando datos, se tiene que:

$$\int_{x_0}^x dx = v \int_0^t dt$$

$$x = x_0 + v * t \quad (2-10)$$

*Esta ecuación se utiliza siempre y cuando se sabe que la velocidad de la partícula es constante.*

#### **2.2.5.2. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (M.R.U.V.)**

Este tipo de movimiento también describe una trayectoria en línea recta en la cual la “velocidad no es constante sino que varía proporcionalmente respecto al tiempo transcurrido, se obtiene una aceleración constante.” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 617)

$$a = constante = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Esta expresión también corresponde a:

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (2-11)$$

A partir de esta ecuación, “la velocidad ( $v$ ) de la partícula se obtiene al integrar esta ecuación.” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 617), despejando y resolviendo para ( $v$ ), se tiene:

$$\int_{v_0}^v dv = a \int_0^t dt$$

$$v - v_0 = a * t$$

$$v = v_0 + a * t \quad (2-12)$$

Partiendo del M.R.U. “con la expresión de la velocidad, se puede encontrar el valor del desplazamiento (x) mediante integración” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 617), se reemplaza los datos en la ecuación anterior y al resolver se tiene:

$$\frac{dx}{dt} = v_0 + a * t$$

$$\int_{x_0}^x dx = \int_{t_0}^t (v_0 * t) dt$$

$$x - x_0 = v_0 * t + \frac{1}{2} a * t^2$$

$$x = x_0 + v_0 * t + \frac{1}{2} a * t^2 \quad (2-13)$$

Partiendo del M.R.U. con la expresión de la velocidad en función de derivadas, se tiene:

$$a = v * \frac{dv}{dx} \quad (2-14)$$

Para obtener la “velocidad (v) en función de la aceleración (a) y el desplazamiento (x) de la ecuación anterior, se tiene:

$$a * dx = v * dv$$

“Integrando ambos lados (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 617) y resolviendo se tiene”:

$$\int_{x_0}^x a * dx = \int_{v_0}^v v * dv$$

$$a(x - x_0) = \frac{1}{2}(v^2 - v_0^2)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (2-15)$$

### 2.2.5.3. Movimiento Vertical

En este tipo de movimiento la partícula también experimenta un desplazamiento con una trayectoria lineal, ya sea de arriba hacia abajo o viceversa, se desprecia cualquier tipo de rozamiento como el aire o cualquier otro obstáculo ya que también se trata de un M.R.U.V. con una aceleración constante.

#### 2.2.5.3.1. Gravedad

“La teoría general de la relatividad de Albert Einstein es uno de los logros más imponentes de la física del siglo veinte. Publicada en 1916, explica lo que percibimos como fuerza de gravedad. De hecho, esta fuerza surge de la curvatura del espacio y del tiempo.

Einstein propuso que los objetos como el Sol y la Tierra variaban la geometría del espacio. En presencia de materia y energía, el espacio se puede deformar y estirar, formando cordilleras, montañas y valles que causan que los cuerpos se muevan por estas "rutas" curvas. Así que aunque la Tierra parezca moverse alrededor del Sol a causa de la gravedad, en realidad, tal fuerza no existe. Es simplemente la geometría del espacio-tiempo alrededor del Sol la que dice cómo debe moverse la Tierra.

La teoría de la relatividad general tiene consecuencias de largo alcance. No sólo explica el movimiento de los planetas, sino que también puede describir la historia y la expansión del Universo, la física de los agujeros negros, la curvatura de la luz de las estrellas y las galaxias distantes.” (Casanova, 2014)

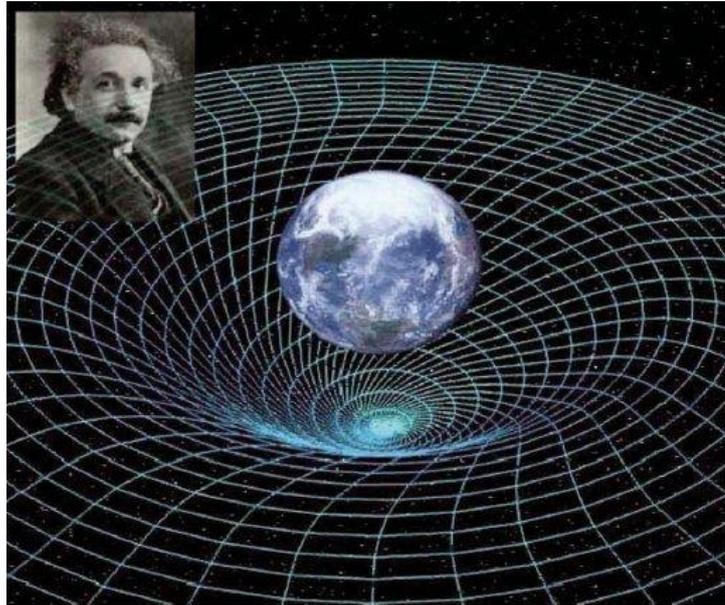


Figura 2.8. Teoría de Einstein del espacio-tiempo curvado.

Fuente: (Casanova, 2014)

“Según la relatividad general de la relatividad, incluso el espacio-tiempo vacío de estrellas y galaxias, puede tener una vida propia. Las conocidas ondas gravitacionales se pueden propagar a través del espacio de la misma manera que las ondas repartidas en la superficie de un estanque.” (Casanova, 2014)

“Las ondas gravitacionales son una predicción de la teoría de la Relatividad General de Einstein que todavía no ha sido comprobada directamente. Las cuales aparecen al linealizar la ecuación de campo de Einstein. Son disturbios en el espacio-tiempo causados por el movimiento de la materia y la energía, que se propagan a la velocidad de la luz. Debido a que son ondas extremadamente débiles, la única forma de detectar su presencia ha sido de forma indirecta por medio del estudio de los pulsares binarios. Actualmente existen varios esfuerzos para detectar ondas gravitacionales.” (García Fuentes, 2010)

Los valores de la gravedad varían pero para los cálculos se considera un valor constante  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  o  $g = 32.2 \text{ ft/s}^2$ , siendo el movimiento independiente de la forma, material y peso de la partícula.

Tabla 2-1. Gravedad en algunos lugares de la tierra.

Lugar	Gravedad ( $\text{m/s}^2$ )	Latitud
Polo Norte	9.8321	90°0'
Anchorage	9.8218	61°10'
Greenwich	9.8119	51°29'
París	9.8094	48°50'
Washington	9.8011	38°53'
Key West (Florida)	9.7897	24°34'
Panamá	9.7822	8°55'
México D.F.	9.7815	19°25'
Ecuador	9.779	0°

Fuente: (Alonso & Finn, 1971)

### 2.2.5.3.2. Caída libre de un cuerpo

Este tipo de movimiento es muy cotidiano y familiarizado, simplemente basta con dejar caer un cuerpo (que se estaba sosteniendo), la aceleración de este movimiento es la gravedad.

Si se deja caer un cuerpo desde una altura “y” su velocidad en cada instante será:

$$v = g * t \quad (2-16)$$

La distancia que recorre la partícula antes de llegar al suelo es:

$$y = \frac{1}{2} g * t^2 \quad (2-17)$$

La ecuación de la velocidad final antes de que la partícula se estrelle con el piso se deduce de las dos fórmulas anteriores, teniendo:

$$vf^2 = 2 * g * y \quad (2-18)$$

### 2.2.5.3.3. Caída de los cuerpos con velocidad inicial ( $v_0$ )

Este tipo de movimiento está caracterizado por tener velocidad inicial,  $V_0 \neq 0$  (no parte del reposo), se trata de un caso particular del M.R.U.V., las fórmulas que se utiliza para los cálculos son similares, al ser un movimiento uniformemente acelerado se tiene las siguientes modificaciones:

$$a = g = 9.81 \text{ m/s}^2 = 32.2 \text{ ft/s}^2$$

$$x_0 = y_0 = 0$$

$$\Delta x = \Delta y$$

Reemplazando las mismas ecuaciones del M.R.U.V. se tiene: (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 617)

$$v = v_0 + g * t \quad (2-19)$$

$$y = v_0 * t + \frac{g * t^2}{2} \quad (2-20)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 * g * y \quad (2-21)$$

### 2.2.5.3.4. Lanzamiento de un cuerpo hacia arriba

Este tipo de movimiento también es rectilíneo uniformemente variado, la diferencia es que “tiene una aceleración *retardante* ( $a = -g$ ) hasta que la velocidad se hace cero ( $v=0$ ), en ese instante la partícula alcanza su altura máxima ( $y_m$ ),” (Solis Zambrano, 2004, pág. 77) y a partir de ese instante el problema se vuelve de **caída libre**.

Para establecer las ecuaciones se debe trabajar en un sistema de referencia en donde: positivo será hacia arriba y negativo hacia abajo, determinando así los signos de la velocidad y posición. Para calcular el tiempo de subida ( $t_s$ ), se tiene:

$$t_s = \frac{v_0}{g} \quad (2-22)$$

La altura máxima ( $y_m$ ), sustituyendo igualdades  $t = t_s = v_0/g$ ,  $y = y_m$  se tiene:

$$y_m = \frac{v_0^2}{2 * g} \quad (2-23)$$

Las ecuaciones faltantes son las mismas, considerando que la aceleración será negativa:

$$v = v_0 - g * t \quad (2-24)$$

$$y = v_0 * t - \frac{g * t^2}{2} \quad (2-25)$$

$$v^2 = v_0^2 - 2 * g * y \quad (2-26)$$

Si el resultado de ( $v$ ) es negativo significa que la partícula está bajando, si ( $y$ ) es negativa quiere decir que la partícula está por debajo de la posición inicial de lanzamiento, cabe recalcar que en puntos similares de subida y bajada la partícula tiene la misma velocidad solamente con signo contrario y también el tiempo empleado para subir es el mismo para bajar en una misma posición.

#### 2.2.5.4. Movimiento de un proyectil

Se lo definimos como un “movimiento compuesto que tiene como trayectoria una línea curva denominada parabólica. Todo cuerpo que es lanzado con una velocidad " $v_0$ ” formando con la horizontal un ángulo " $\alpha$ ” describe un movimiento parabólico”, (Pérez Terrel, 2000, pág. 168), o tiro oblicuo.

Este movimiento es la composición de dos movimientos, uno que se da “en el eje “x”, en donde el cuerpo se desplaza a una velocidad constante  $V_{0x}$  experimentando un movimiento rectilíneo uniforme (M.R.U) y otro en el eje “y”, con una aceleración constante dada por la gravedad teniendo así un movimiento rectilíneo uniformemente variado (M.R.U.V.)” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 646).

Considerando por separado estos dos movimientos tanto el horizontal como el vertical de la partícula y suponiendo que dicho proyectil se lanza desde el origen se puede establecer las siguientes ecuaciones:

$$x = v_{x_0} * t \quad (2-27)$$

$$y = v_{y_0} * t - \frac{1}{2} * g * t^2 \quad (2-28)$$

Si se tiene que la aceleración horizontal es igual a cero  $a_x = 0$ , razón por lo cual también  $v = constante$ , se puede establecer la componente horizontal de la velocidad inicial de lanzamiento, la cual es:

$$V_x = V_{ox} = V_o \cos \alpha \quad (2-29)$$

Si en vez de  $a_y = -g$ , se sustituye  $a_y$  por  $\frac{dv_y}{dt}$  e integran las dos ecuaciones, se tiene:

$$a_y = -g$$

$$\frac{dv_y}{dt} = -g$$

$$\int_{V_{oy}}^{V_y} dv_y = -g \int_0^t dt \quad : V_y = V_{oy} - g * t$$

Entonces se tiene que:

$$V_y = V_o \sin \alpha - g * t \quad (2-30)$$

La magnitud de esta velocidad total será dada por la siguiente ecuación:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (2-31)$$

Y su dirección en cualquier punto será:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{V_y}{V_x} \quad (2-32)$$

También se tiene la altura máxima ( $y_m$ ) que se da cuando la velocidad de subida es igual a cero ( $V_y = 0$ ) y el tiempo en este punto es el tiempo de subida ( $t_s$ ), estableciendo así sus ecuaciones:

$$y_m = \frac{V_0^2 \text{sen}^2 \alpha}{2g} \quad (2-33)$$

$$t_s = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} \quad (2-34)$$

El espacio o alcance máximo " $X_m$ " que obtiene dicho proyectil al realizar un movimiento parabólico tiene la siguiente ecuación:

$$X_m = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (2-35)$$

El tiempo total de vuelo empleado por la partícula es igual a dos veces el tiempo de subida " $t_s$ ", entonces se tiene la siguiente ecuación:

$$2t_s = 2v_0 * \frac{\sin \alpha}{g} \quad (2-36)$$

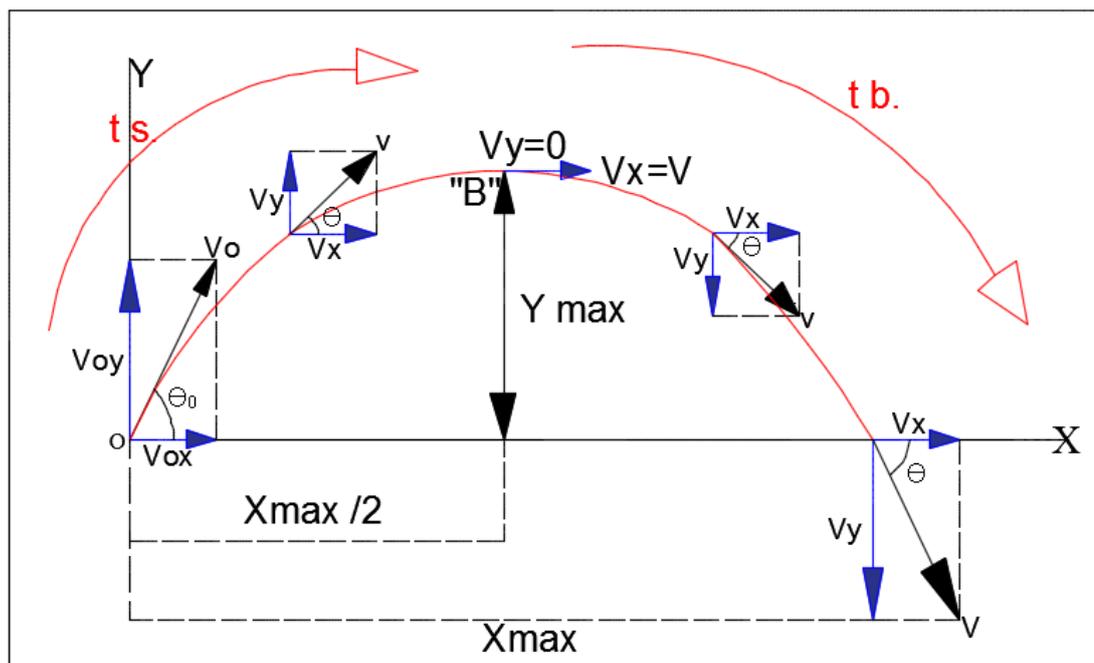


Figura 2.9. Movimiento de un proyectil.

### 2.2.5.5. Movimiento circular

Se lo define como “un tipo de movimiento que tiene como trayectoria a una circunferencia.” (Pérez Terrel, 2000, pág. 179)

Para entender este movimiento se toma unos ejes coordenados teniendo como origen un punto “O” que coincida con el centro de la *circunferencia trayectoria*, denominándolo como radio vector “R” al vector de posición de los puntos de la circunferencia, estando todos estos a una distancia “R” de “O”.

#### 2.2.5.5.1. Desplazamiento angular ( $\theta$ )

Se lo define “como el ángulo central correspondiente al arco descrito por el móvil, y se mide en radianes” (Pérez Terrel, 2000, pág. 179), el cual se lo puede expresar en la siguiente ecuación:

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 \text{ (En Radianes)}$$

#### 2.2.5.5.2. Velocidad angular ( $\omega$ )

La velocidad angular de un objeto es “la razón con lo cual la coordenada angular, el desplazamiento angular  $\theta$ , cambia con el tiempo. Si  $\theta$  cambia de  $\theta_0$  a  $\theta_f$  en un tiempo “t”, entonces la velocidad angular promedio es:

$$\omega_{prom} = \frac{\theta_0 - \theta_f}{t} = \frac{\Delta\theta}{t}, \text{ expresada en (rad/s)}$$

En un sistema de rotación, después de dar una vuelta completa o un ciclo, hace un recorrido de  $2\pi \text{ rad}$ .

$$\omega = 2\pi f \quad (2-37)$$

Se tiene que  $f$  es la frecuencia de rotación en rev/s, rotaciones por segundo o ciclo por segundo. En consecuencia  $\omega$  también se conoce como frecuencia angular. A  $\omega$  se le puede asociar una dirección, y de este modo, crear una cantidad vectorial  $\vec{\omega}$ . Así, si los dedos de la mano derecha se curvan en la dirección de la rotación, el pulgar apunta a lo largo del eje de rotación en la dirección de  $\vec{\omega}$ , el vector *velocidad angular*.” (Bueche & Hecht, 2004, pág. 130)

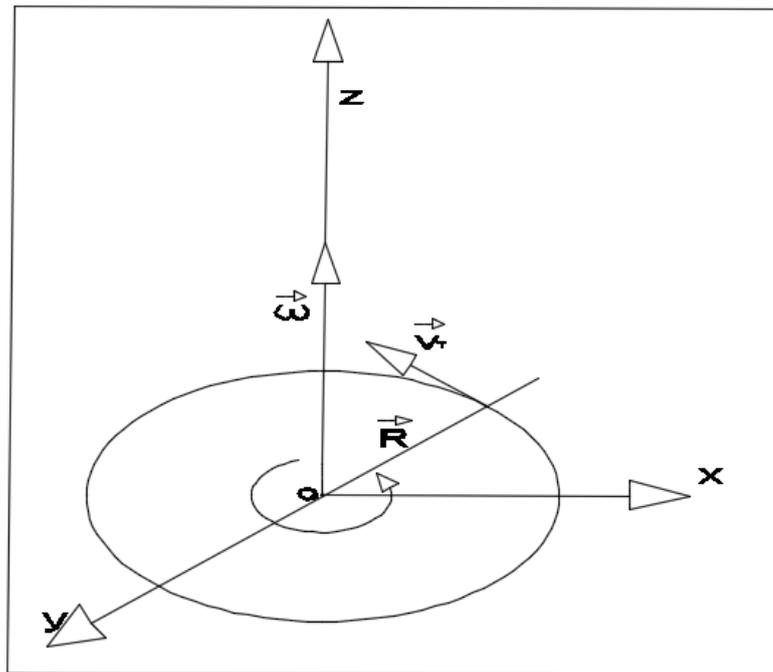


Figura 2.10. Velocidad angular.

### 2.2.5.5.3. Relación entre ( $v_T$ y $\omega$ )

La velocidad tangencial se la representa con la letra “ $v_T$ ” y la velocidad angular se la representa con “ $\omega$ ”, estas dos tienen su respectiva equivalencia. Utilizando una expresión en la cual se relacione el ángulo central en función del arco y el radio, se tiene que:

$$v_T = \frac{ds}{dt}$$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

Resolviendo se tiene que:

$$d\theta = \frac{ds}{R} : ds = d\theta R \text{ dividiendo todo para } dt.$$

$$\frac{ds}{dt} = \frac{d\theta}{dt} R, \text{ con lo que se obtiene para los cálculos}$$

$$\omega = 2\pi f \quad (2-38)$$

#### 2.2.5.5.4. Aceleración angular ( $\alpha$ ).

Si “cambia la velocidad angular de un cuerpo rígido, se tiene una aceleración angular media” (Young & Freedman, 2009, pág. 289), y se lo representa como el cociente entre la variación de velocidad angular ( $\Delta\omega$ ) y su tiempo transcurrido ( $\Delta t$ ).

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

“Y si a esta ecuación de la aceleración angular media se la lleva al límite con  $\Delta t \rightarrow 0$  se tiene la aceleración angular instantánea:

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} :$$

$$\vec{\alpha} = \frac{d\omega}{dt} \quad (2-39)$$

A la expresión  $\vec{\alpha}$  se la considera como un vector, en el cual su magnitud viene representada como  $\frac{d\omega}{dt}$ . Las unidades que se suele utilizar es el  $\frac{rad}{seg^2}$ , (Young & Freedman, 2009, pág. 289)

Su dirección es la misma que  $\omega$ , y su sentido será el mismo que  $\vec{\omega}$  si esta acelerado, o contrario a  $\vec{\omega}$  si es retardado.

### 2.2.5.5.5. Aceleración lineal

Es la medida de la rapidez de cambio de la velocidad lineal, esta aceleración es diferente a la aceleración angular, en el M.C.U.V. la velocidad lineal o tangencial cambia en módulo, dirección y sentido. La aceleración lineal se puede escribir en función de dos componentes mutuamente perpendiculares llamados: aceleración tangencial y aceleración centrípeta.

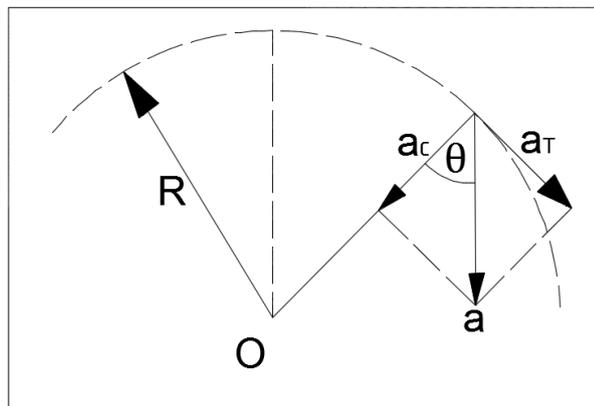


Figura 2.11. Aceleración lineal.

### 2.2.5.5.6. Aceleración tangencial ( $a_T$ )

Es una magnitud vectorial, mide la rapidez de cambio que experimenta la velocidad lineal en módulo. Es la componente de la aceleración lineal paralela o colineal a la velocidad instantánea, por consiguiente se representa por un vector tangente a la trayectoria, (Fig. 2-10).

$$a_T = \frac{v_f - v_o}{t} = \frac{dv}{dt} = a * \sin \theta \quad (2-40)$$

### 2.2.5.5.7. Aceleración centrípeta ( $a_c$ )

Si se tiene un cuerpo que se mueve con aceleración constante en un círculo con radio “R” y este al mismo tiempo está siendo acelerado “aunque la magnitud de su velocidad lineal no cambia, la dirección de la velocidad está cambiando continuamente. Este cambio en la velocidad da origen a una aceleración de la masa, dirigida hacia el centro del círculo. A esta aceleración se le llama *centrípeta*.” (Bueche & Hecht, 2004, pág. 132)

Su ecuación está dada por:

$$a_c = \frac{\text{velocidad tangencial}}{\text{radio de la trayectoria circular}} = \frac{v_T^2}{R} \quad (2-41)$$

Se tiene que “ $v_T$ ” es la rapidez de la masa en su desplazamiento perimetral en el círculo. “Como  $v_T = R\omega$  también se tiene  $a_c = R\omega^2$  donde  $\omega$  viene dado en rad/seg.” (Bueche & Hecht, 2004, pág. 132)

### 2.2.5.5.8. Fuerza centrípeta ( $F_c$ )

Esta es la “fuerza no balanceada que debe actuar sobre una masa “m” que se mueve en una trayectoria circular de radio R para proporcionar una aceleración centrípeta  $\frac{v^2}{R}$ .” (Bueche & Hecht, 2004, pág. 132)

De la segunda ley de Newton se tiene que  $F = m * a$  , entonces se tiene:

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = m * R * \omega^2 \quad (2-42)$$

$F_c$  : debe estar dirigida al centro de la trayectoria.

### 2.2.5.5.9. Relación entre aceleración tangencial y aceleración angular ( $a_T$ y $\alpha$ )

Tenemos la ecuación de la velocidad tangencial en donde “ $v_T = \omega R$  , si a estos dos miembros se los deriva con respecto al tiempo” (Pérez Terrel, 2000, pág. 182) teniendo en cuenta la siguiente ecuación, reemplazando y despejando se tiene:

$$v_T = \omega R$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d\omega}{dt} * R$$

$$\frac{dv}{dt} = \alpha R = a_T$$

Con  $R = cte$  se tiene que:

$$a_T = \alpha R \quad (2-43)$$

### 2.2.5.6. Movimiento circular uniforme (M.C.U)

El movimiento circular uniforme es un “movimiento en el que la rapidez no cambia, sólo hay un cambio en la dirección. Es decir, el movimiento más sencillo en dos dimensiones se produce cuando una fuerza externa constante actúa siempre formando ángulos rectos respecto a la trayectoria de la partícula en movimiento. En este caso, la fuerza resultante producirá una aceleración que sólo cambia la dirección del movimiento y mantiene la rapidez constante. Este tipo de movimiento sencillo se conoce como *movimiento circular uniforme*.” (Tippens, 2007, pág. 197)

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}; d\theta = \omega * dt$$

Integrando ambos miembros se tiene:

$$\int_{\theta_0}^{\theta} d\theta = \omega \int_0^t dt$$

$$\theta - \theta_0 = \omega t \quad \text{Lo cual equivale}$$

$$\Delta\theta = \omega t \quad (2-44)$$

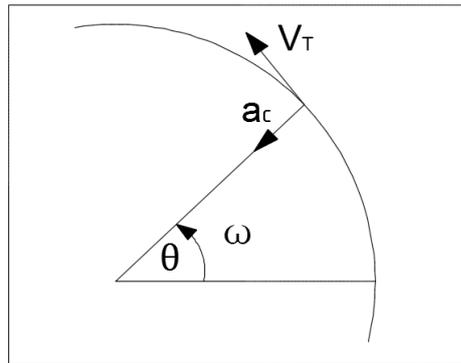


Figura 2.12. Movimiento circular uniforme.

### 2.2.5.6.1. Periodo (T)

Al periodo se lo puede definir como “el intervalo de tiempo constante que tarda una partícula en recorrer la misma trayectoria (una vuelta completa). Su valor indica el tiempo empleado por cada vuelta o revolución.” (Pérez Terrel, 2000, pág. 180), se lo representa con la letra T y se lo mide en segundos, lo cual se tiene que:

$$\text{Si: } \Delta\theta = 2\pi \text{ rad}$$

$$\Delta t = T$$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} : \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ despejando se tiene:}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (2-45)$$

### 2.2.5.6.2. Frecuencia (f)

Se la puede definir como “la inversa del período. Su valor indica el número de vueltas que describe la partícula por cada unidad de tiempo.” (Pérez Terrel, 2000, pág. 180), la misma que se mide en Hertz (H).

$$1H = 1 \frac{rev}{seg}$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (2-46)$$

### 2.2.5.6.3. Aceleraciones en M.C.U.

En el M.C.U se tiene que las aceleraciones tanto tangenciales como angulares son nulas:

$$v = cte ; a_T = \frac{dv}{dt} = 0$$

$$\omega = cte : \alpha = \frac{d\omega}{dt} = 0$$

Existiendo solamente la aceleración centrípeta, sería:

$$a_c = \frac{v_T^2}{R} \quad (2-47)$$

### 2.2.5.7. Movimiento circular uniformemente variado M.C.U.V.

Este es aquel movimiento que “tiene como trayectoria una circunferencia de radio R, en el cual la partícula aumenta o disminuye su velocidad angular progresivamente, por consiguiente se mueve con aceleración angular constante.” (Pérez Terrel, 2000, pág. 181)

Se tiene así las respectivas ecuaciones para este tipo de movimiento.

$$\omega = \omega_0 + \alpha t \quad (2-48)$$

$$\Delta\theta = \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2} \quad (2-49)$$

$$dt = \frac{d\theta}{\omega} \quad (2-50)$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\Delta\theta \quad (2-51)$$

Las ecuaciones obtenidas del movimiento circular uniformemente variado (M.C.U.V.) son semejantes a las del movimiento rectilíneo uniformemente variado (M.R.U.V.) ya que tienen un mismo procedimiento a seguir para la obtención de las ecuaciones.

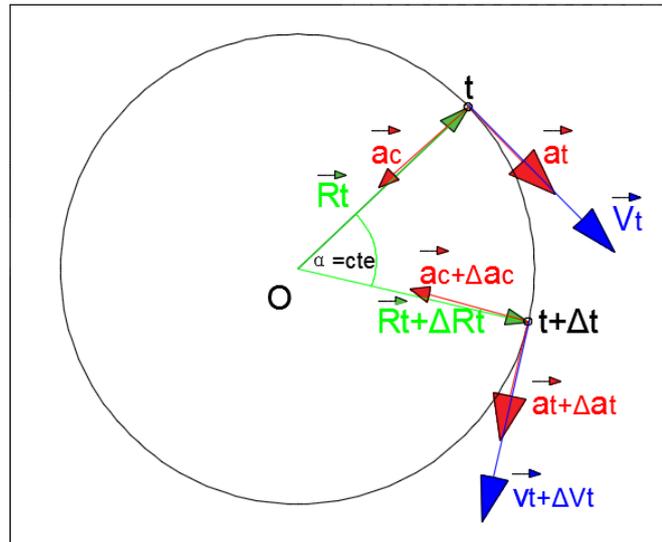


Figura 2.13. Elementos de M.C.U.V.

### 2.3. LEYES DE NEWTON

La cinemática es uno de los temas ya analizados, se pudo entender cómo se describe el movimiento pero lo que no se explicó son las causas que lo provocan, razón por la cual se examinará la dinámica, es decir, la relación entre el movimiento y las fuerzas que lo producen.

Se revisarán conceptos básicos como la fuerza y masa para facilitar la comprensión de los principios de la dinámica, “los cuales están establecidos en sólo tres leyes que fueron claramente enunciadas por Sir Isaac Newton, tales enunciados se conocen como leyes del movimiento de Newton.” (Young & Freedman, 2009, pág. 130)

#### 2.3.1. Fuerza

“En el lenguaje cotidiano, fuerza es un empujón o un tirón. Una mejor definición es que una fuerza es una interacción entre dos cuerpos o entre un cuerpo y su ambiente” (Young & Freedman, 2009, pág. 108). Esta *interacción* puede ocurrir cuando existe un contacto directo entre los cuerpos, o puede presentarse cuando existe una distancia determinada, cuando los cuerpos se separan físicamente, como las fuerzas

eléctricas, magnéticas y gravitacionales.” (Hibbeler, 2004, pág. 04) La fuerza es una cantidad vectorial, que tiene magnitud, dirección y punto de aplicación.

### 2.3.1.1. Impulso y cantidad de movimiento

“El impulso ( $\vec{I}$ ) es una magnitud física vectorial que se obtiene como resultado de aplicar una fuerza sobre un cuerpo durante un intervalo de tiempo en el que actúa. Su dirección es la misma que la de la fuerza, su unidad es el (N\*s) o sus equivalentes.

$$\vec{I} = \vec{F} * \Delta t \quad (2-52)$$

Momentum o cantidad de movimiento ( $\vec{p}$ ) de una partícula es una magnitud vectorial y se la define como el producto entre la masa de un cuerpo y su velocidad” (Tippens, 2007, pág. 181).

$$\vec{p} = m * \vec{v} \quad (2-53)$$

Otra manera de enunciar el impulso es:

*Impulso = Cambio de la cantidad de movimiento*

$$\vec{F}\Delta t = m\vec{v}_f - m\vec{v}_0 \quad (2-54)$$

### 2.3.1.2. Fuerza normal

Esta fuerza puede ser aplicada en cualquier cuerpo u objeto, el mismo que puede estar en contacto con cualquier superficie, pero lo más importante se tiene que “el adjetivo normal significa que la fuerza siempre actúa perpendicular a la superficie de contacto, sin importar el ángulo de esa superficie.” (Young & Freedman, 2009, pág. 131)

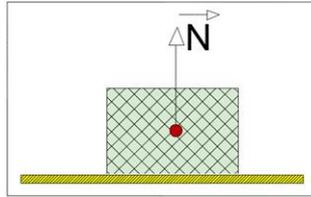


Figura 2.14. Fuerza normal.

### 2.3.1.3. Fuerza de fricción

Además de una fuerza normal que se aplica a una partícula también se tiene que “la fuerza de fricción ejercida sobre un objeto por una superficie actúa paralela a la superficie en la dirección opuesta al deslizamiento.” (Young & Freedman, 2009, pág. 108)

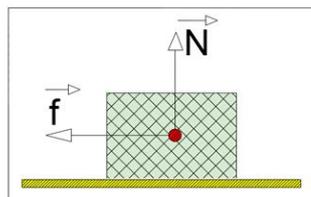


Figura 2.15. Fuerza de fricción.

### 2.3.1.4. Fuerza de tensión

Si a un objeto o partícula se lo desplaza halándolo con la mano o cualquier otro elemento (cuerda, cordón, cadena), se puede observar que la “fuerza de tirón ejercida y estirada sobre un objeto al cual se ata se llama *fuerza de tensión*.” (Young & Freedman, 2009, pág. 108)

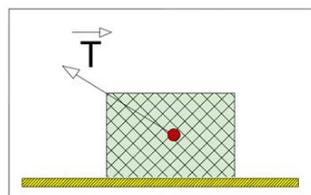


Figura 2.16. Fuerza de Tensión.

### 2.3.1.5. Fuerza de largo alcance

Se lo puede definir como una fuerza que actúa en una determinada distancia, (como el tirón de la gravedad sobre un objeto). Para entender este tipo de fuerzas se puede establecer un claro ejemplo como el de las fuerzas entre dos imanes. “La Tierra atrae hacia sí a cualquier objeto que se deje caer, incluso cuando no haya contacto directo entre el objeto y la Tierra. La fuerza de atracción gravitacional que la Tierra ejerce sobre un cuerpo se llama *peso del cuerpo*.” (Young & Freedman, 2009, pág. 131)

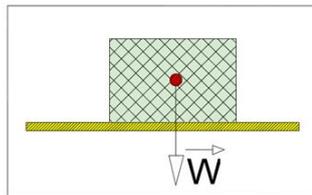


Figura 2.17. Fuerza de largo alcance-Peso.

### 2.3.1.6. Fuerzas que actúan en un vehículo en movimiento

“La dinámica de los vehículos resulta importante para el cálculo del consumo energético, en donde a partir de esta se determina las principales fuerzas y resistencias que intervienen en el movimiento de un vehículo. Las resistencias son cuatro, que pueden o no coexistir al mismo tiempo. La sumatoria total de dichas resistencias da como resultado una fuerza conocida como fuerza en rueda. Las resistencias ayudan, en cierta parte, a calcular el consumo energético de un automóvil, independientemente del combustible que utilice, teniendo así como ecuación de la fuerza en rueda la siguiente:” (Vélez Loaiza & Vera Vanegas , 2016)

$$F_x = F_d + R_g + R_x + R_i \quad (2-55)$$

Teniendo que:

$F_x$ : Fuerza en rueda [N].

$F_d$ : Fuerza de arrastre [N].

$R_g$ : Resistencia debida a la pendiente [ $N$ ].

$R_x$ : Resistencia a la rodadura [ $N$ ].

$R_i$ : Resistencia debida a la inercia [ $N$ ].

### 2.3.1.6.1. Fuerza de arrastre ( $F_d$ )

“Esta resistencia en la actualidad es una de las fuerzas más estudiadas, que tiene una gran importancia dentro del cálculo de la fuerza en rueda del vehículo. Las fuerzas aerodinámicas interactúan con el automóvil causando: resistencia al avance, fuerzas de elevamiento, fuerzas laterales, momento de inercia, rotaciones, tales como cabeceo, inclinación y vuelco, por lo tanto el consumo de energía, el ruido, la vibración y la dureza de manejo se ven afectados por todas las reacciones aerodinámicas.

Debido a que el flujo de aire sobre un vehículo o cualquier objeto es tan complejo, se ha desarrollado una ecuación para representar el efecto partiendo de la ecuación de Bernoulli, teniendo así:” (Gillespie, 1992)

$$F_d = \frac{1}{2} C_d * \rho_a * A_f * V^2 \quad (2-56)$$

En donde:

$F_d$ : Fuerza de arrastre [ $N$ ].

$C_d$ : Coeficiente de arrastre del vehículo [*adimensional*].

$\rho_a$ : Densidad del aire [ $Kg/m^3$ ].

$A_f$ : Área frontal del vehículo [ $m^2$ ].

$V$ : Velocidad lineal del vehículo [ $m/s$ ].

El área frontal del vehículo se relaciona a su diseño, el cual puede ser obtenido del catálogo del fabricante, sin embargo hay varios métodos para la obtención aproximada de dicha área, y entre ellos, el más utilizado es:

$$S = 0.9 * a * b \quad (2-57)$$

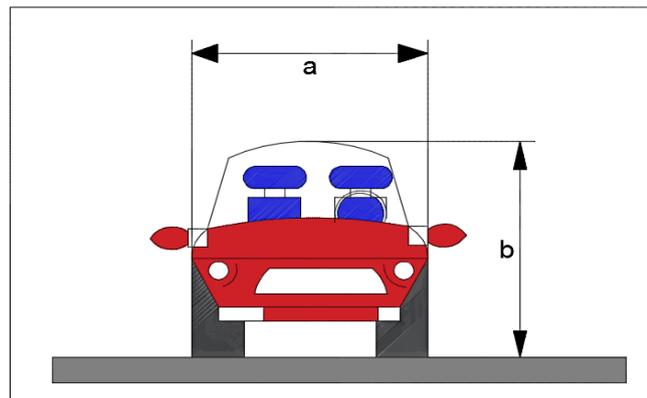


Figura 2.18. Superficie frontal del vehículo expuesta al viento.

### 2.3.1.6.2. Resistencia debido a la pendiente ( $R_g$ )

“Esta resistencia es la que se opone al avance del vehículo cuando está desplazándose en un tramo ascendente. Pero, si el automóvil está descendiendo esta sería impulsadora en lugar de resistente. Esta resistencia depende de la masa del vehículo y el perfil de la calzada. Mientras mayor sea el ángulo de la pendiente mayor será la resistencia que enfrente el vehículo para avanzar. Esta resistencia se ve compensada con una mayor potencia de motor.” (Vélez Loaiza & Vera Vanegas , 2016)

Se tiene como ecuación:

$$R_g = m * g * \sin(\theta) \quad (2-58)$$

En donde:

$Rg$ : Resistencia debido a la pendiente [ $N$ ].

$m$ : Masa del vehículo [ $kg$ ].

$g$ : Gravedad [ $m/s^3$ ].

$\theta$ : Pendiente [ $rad$ ].

### 2.3.1.6.3. Resistencia a la rodadura ( $R_x$ )

“La fuerza que resiste al movimiento, cuando un cuerpo se desliza sobre una superficie, se denomina resistencia a la rodadura. Básicamente esta resistencia depende de la deformación de superficie de contacto. La fuerza es opuesta a la dirección de movimiento y es proporcional a la fuerza normal sobre la huella de la llanta. A bajas velocidades en pavimento duro, la resistencia a la rodadura es la mayor fuerza que se opone al movimiento. De hecho, la fuerza de arrastre se hace igual a la resistencia a la rodadura sólo a velocidades de 80 a 90 km/h. Por encima de este límite, la resistencia a la rodadura es menor a la fuerza de arrastre. Esta condición es una de las muchas en esta resistencia, ya que existen varios factores que influyen en esta fórmula y especialmente, en el coeficiente a la rodadura.” (Gillespie, 1992)

Por lo tanto, una expresión final de la resistencia a la rodadura queda expresada, de la siguiente manera, incluyendo el efecto de la pendiente sobre el peso:

$$R_x = f_r * m * g * \cos(\theta) \quad (2-59)$$

En donde:

$R_x$ : Resistencia a la rodadura [ $N$ ]

$f_r$ : Coeficiente de resistencia a la rodadura [*adimensional*]

$m$ : Masa del vehículo [ $kg$ ]

$g$ : Gravedad [ $m/s^3$ ]

$\theta$ : Pendiente [ $rad$ ]

Tabla 2-2. Coeficientes de resistencia a la rodadura de los neumáticos.

Tipo de vehículo	Superficie		
	Hormigón o asfalto	Dureza media	Arena
<b>Turismos</b>	0.015	0.08	0.30
<b>Camiones</b>	0.012	0.06	0.25
<b>Tractores</b>	0.02	0.04	0.20

Fuente: (Aparicio Izquierdo , Vera Alvarez , & Díaz López , 1995, pág. 50)

#### 2.3.1.6.4. Resistencia debido a la inercia. ( $R_i$ )

“Partiendo de la segunda ley de newton, se establece que la aceleración de un objeto es proporcional a la fuerza (F), actuando sobre ella, e inversamente proporcional a su masa. De aquí que esta resistencia aparezca debida a la masa del vehículo, y, a la aceleración del mismo, cuando se genera velocidad.” (Vélez Loaiza & Vera Vanegas , 2016)

$$R_i = m * a \quad (2-60)$$

En donde:

$R_i$ : Resistencia debido a la inercia [ $N$ ].

$m$ : Masa del vehículo [ $kg$ ].

$a$ : Aceleración [ $m/s^2$ ].

### 2.3.1.6.5. Fuerza en rueda ( $F_x$ )

“Como se ve anteriormente la fuerza en rueda es la suma de todas las resistencias y fuerzas aerodinámicas que se oponen a la propulsión del automóvil. Esta fuerza debe satisfacer a todas las resistencias para que el vehículo pueda avanzar, que reemplazando términos tenemos la ecuación expresada con todos los parámetros de los cuales depende el cálculo:” (Vélez Loaiza & Vera Vanegas , 2016)

$$F_x = \left( \frac{1}{2} C_d \rho a A f V^2 \right) + (f r m g \cos \theta) + (m g \sin \theta) + (m a) \quad (2-61)$$

### 2.3.2. Primera ley de Newton

Se conoce esta ley también como la ley de la inercia, en donde “todo cuerpo en reposo o con movimiento rectilíneo uniforme mantiene dicho estado a menos que actúen sobre él, fuerzas externas no equilibradas.” (Tippens, 2007, pág. 89)

Se debe considerar dos casos para que la sumatoria de las fuerzas sean cero: cuando la velocidad es igual a cero el cuerpo se mantiene en reposo, y cuando la velocidad es constante el cuerpo tiene movimiento rectilíneo uniforme (M.R.U).

$$\sum F = 0 \begin{cases} V = 0 \text{ (reposo)} \\ V = cte \text{ (M.R.U)} \end{cases}$$

Se le conoce también como inercia, a la propiedad que tiene cada uno de los cuerpos de permanecer en su estado de reposo o movimiento (cuando un cuerpo sigue moviéndose una vez iniciada su movimiento).

“Cuando un cuerpo está en reposo o se mueve con velocidad constante (en línea recta con rapidez constante) se dice que el cuerpo está en equilibrio” (Young & Freedman,

2009, pág. 135). Se puede recalcar que un cuerpo está en equilibrio siempre y cuando no actúe ninguna fuerza sobre él o cuando deben actuar varias fuerzas en donde su fuerza resultante o neta sea cero.

$$\overline{\Sigma F} = 0 \text{ (cuerpo en equilibrio)}$$

Para que esta ecuación se cumpla cada componente de la fuerza neta ( $\overline{\Sigma F}$ ) debe ser cero, así:

$$\overline{\Sigma F_x} = 0 \quad \overline{\Sigma F_y} = 0 \quad \text{(cuerpo en equilibrio)}$$

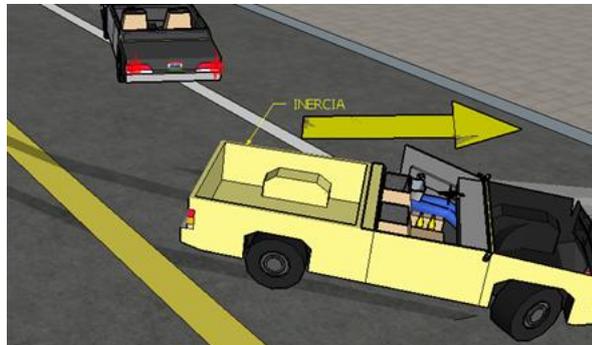


Figura 2.19. Ejemplo de Inercia.

### **Volante motor o volante de inercia:**

Es un claro ejemplo de la primera ley de Newton, “este elemento, cumple una función muy importante dentro del conjunto motor. Es bien sabido que una de cada cuatro carreras del ciclo produce trabajo (fase de combustión), el objetivo del volante es almacenar energía para luego devolverla en los tiempos muertos (admisión, compresión y escape).

Cuando se produce la carrera de expansión, todo el conjunto alternativo es sometido a una rápida aceleración que el volante frena absorbiendo energía, en los otros tiempos restantes del ciclo esta aceleración decrece seriamente hasta que el extremo, que el volante motor es quien cede la energía almacenada para que se pueda producir el movimiento. En los motores de 4 cilindros, el volante absorbe el 40% de la energía

producida, en los de 6 cilindros solo el 20%, por lo que se deduce, que a menor número de cilindros aumenta la importancia de este.

Suponiendo un motor de 1 cilindro girando a 6000 rpm, este realizará 3000 ciclos por lo que producirá la misma cantidad de carreras de trabajo. En un motor 4 cilindros, al mismo régimen, las carreras de trabajo serán 12000, en un 6 cilindros 18000, en un 8 cilindros 24000 y así sucesivamente. Mientras mayor sea el número de cilindros menor será la importancia del volante ya que en la misma unidad de tiempo, se producirán más carreras útiles, por eso proporcionalmente es más liviano el volante de motores grandes que de motores pequeños.

Ejemplo: Suponga que el volante de un motor de 2000 cc (4 cilindros) pese 10kg y de un motor de 4000 cc (6 cilindros) pese 14kg (si se mantuviera la proporción, el del motor más grande tendría que pesar 20kg)” (Funes, 2010, pág. 169)

### **2.3.3. Segunda ley de Newton**

Conocida también como la ley fundamental de la dinámica la cual dice que: “una partícula sobre la cual actúa una *fuerza* (F) experimenta una aceleración (a) que posee la misma dirección que la fuerza y una magnitud que es directamente proporcional a la fuerza” (Hibbeler, 2004, pág. 05). Para entender más la segunda ley de Newton se establece el siguiente ejemplo:

Imagine una partícula que se somete a una fuerza (F1) de dirección y magnitud constante, se puede observar que ésta se mueve en línea recta y en la dirección de la fuerza que genera esta acción de movimiento.

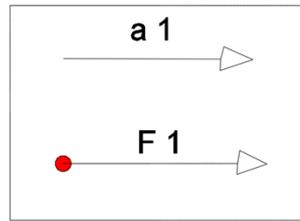


Figura 2.20. Movimiento de una partícula.

Al establecer la posición de la partícula en diferentes instantes se puede determinar que la aceleración de esta partícula tiene una magnitud constante “a1” y si se repite el ejemplo con varias fuerzas ya sea F2, F3... de diferentes magnitudes o direcciones, se observaría que la partícula se mueve en dirección de la fuerza que actúa sobre ella y que las magnitudes a1, a2, a3 de las aceleraciones son proporcionales a las magnitudes F1, F2, F3 de las fuerzas correspondientes.

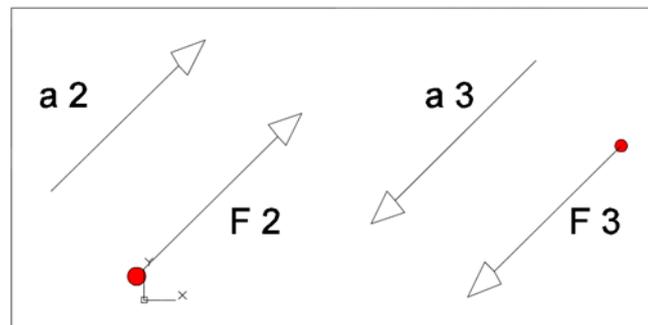


Figura 2.21. Movimiento de partículas.

$$\frac{F1}{a1} = \frac{F2}{a2} = \frac{F3}{a3} = \text{CONSTANTE}$$

Se puede apreciar que se tiene como resultado una constante, obtenida de las magnitudes de aceleraciones y fuerzas, que se denomina como la *masa* de la partícula y se lo representa con la letra (m). Si se tiene que sobre una partícula que

tiene masa ( $m$ ) actúa una fuerza “ $F$ ” la fuerza y la aceleración de esa partícula se deben satisfacer entre sí, despejando se tiene la siguiente ecuación.

$$F = m * a \quad (2-62)$$

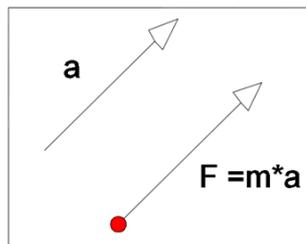


Figura 2.22. Ejemplo de segunda ley de Newton.

Se tiene que “las magnitudes de ( $F$ ) y ( $a$ ) permanecen proporcionales y los dos vectores tienen la misma dirección en cualquier instante determinado. Sin embargo, en general no son tangentes a la trayectoria de la partícula.” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 693)

Si se tiene que una partícula se somete a varias fuerzas de manera continua se debe sustituir la ecuación por:

$$\sum F = m * a \quad (2-63)$$

Se observa que  $\sum F$  representa la sumatoria de todas las fuerzas que actúan sobre dicha partícula.

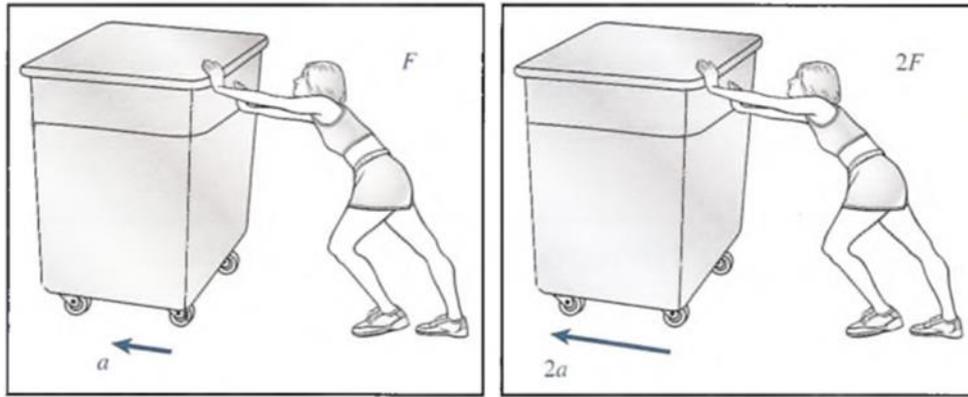


Figura 2.23. Ejemplo de fuerza de una partícula.

### 2.3.4. Tercera ley de Newton

Se recalca que las fuerzas siempre vienen en pares, ya que la fuerza aplicada a un cuerpo es el resultado que se obtiene de la interacción con otro cuerpo. De esta manera, en la tercera ley de Newton se puede establecer que “si el cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B (una “acción”) B ejerce una fuerza sobre A (una “reacción”). Estas dos fuerzas tienen la misma magnitud pero dirección opuesta y actúan sobre diferentes cuerpos.” (Young & Freedman, 2009, pág. 146)

Teniendo así la respectiva ecuación que satisface dicho enunciado, donde se observa que las fuerzas aplicadas a cada cuerpo y en cuanto al signo negativo, se demuestra que las fuerzas están en dirección opuesta.

$$\vec{F}(A \text{ sobre } B) = -\vec{F}(B \text{ sobre } A) \quad (2-64)$$

También se debe tener en cuenta que “la fuerza aplicada a cualquier objeto siempre es aplicada por otro objeto” (Giancoli, Física, 2006, pág. 77) , por ejemplo la fuerza ejercida sobre un vehículo (X) es ejercida por otro vehículo (Y), este caso puede darse en el instante del choque entre dos vehículos.



Figura 2.24. Ejemplo de acción y reacción en un cohete.

Fuente: (Hewitt, 2004, pág. 75)

El cohete sube debido a las balas moleculares que dispara.

### 2.3.5. Ley de la gravitación universal

Un ejemplo muy conocido de atracción gravitacional es “el peso propio de una persona, la fuerza que lo atrae hacia la Tierra. Al estudiar el movimiento de los planetas y la Luna, Newton descubrió el carácter fundamental de la atracción gravitacional entre dos cuerpos cualesquiera. Junto con sus tres leyes del movimiento, en 1687 Newton publicó la ley de la gravitación que puede enunciarse así:” (Young & Freedman, 2009, pág. 383)

*“Toda partícula de materia en el Universo atrae a todas las demás partículas con una fuerza directamente proporcional al producto de las masas de las partículas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.*

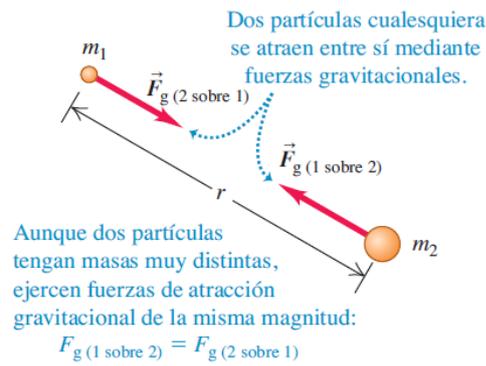


Figura 2.25. Ejemplo de la ley de la gravitación universal.

Fuente: (Young & Freedman, 2009, pág. 384)

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (2-65)$$

“ $F_g$  = magnitud de la fuerza gravitacional entre dos masas esféricamente simétricas

$m_1m_2$  = masas de las partículas

$r$  = es la distancia entre las partículas

$G$  = constante gravitacional. El valor numérico de  $G$  depende del sistema de unidades empleado, para el S.I. se tiene:

$$G = 6.6742 * 10^{-11} Nm^2kg^{-2}$$

La ecuación " $F_g$ " indica que la fuerza gravitacional entre dos partículas disminuye al aumentar la distancia  $r$ ; por ejemplo, si se duplica la distancia la fuerza se reducirá a la cuarta parte y así sucesivamente. Aunque muchas estrellas del firmamento tienen una masa mucho mayor que la del Sol, están tan lejos que la fuerza gravitacional que ejercen sobre la Tierra es insignificante.” (Young & Freedman, 2009, pág. 384).

## 2.4. EQUILIBRIO

“El equilibrio es parte de la mecánica, estudia las leyes y condiciones que deben cumplir los cuerpos para encontrarse en estado inmóvil.” (Solis Zambrano, 2004, pág. 110)

### 2.4.1. Equilibrio de una partícula

“Una partícula está en equilibrio “si y solo si” la sumatoria (resultante) de todas las fuerzas que actúan sobre la misma es igual a cero.” (Hibbeler, 2004, pág. 81)

**Por ejemplo:** Si una partícula está sometida a “ $n$ ” fuerzas, sean estas  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \dots \vec{F}_n$ , la sumatoria de las mismas se expresan en la siguiente relación:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots \vec{F}_n = 0 \quad \sum \vec{F} = 0$$

$$\sum \vec{F}_x = 0 \quad \sum \vec{F}_y = 0 \quad (2-66)$$

Un caso sencillo para entender esto: cuando dos fuerzas  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ , que actúan sobre una partícula están en equilibrio, estas fuerzas son iguales pero contrarias, así:  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ , y la suma será igual a cero. “Cuando una partícula está en equilibrio, de acuerdo a la relación  $\vec{F} = m * \vec{a}$ , su aceleración es igual a cero,  $a = 0$ , por lo tanto la partícula se encuentra en reposo o en M.R.U.” (Hibbeler, 2004, pág. 85)

### 2.4.2. Equilibrio de un cuerpo

Cuando se trata de un cuerpo que está en estado de reposo se debe tener en cuenta a lo mencionado anteriormente, que el cuerpo puede tener *traslación* y *rotación*, por lo tanto “se puede escribir las ecuaciones de equilibrio para una estructura bidimensional en la forma más general:

$$\sum \vec{F}_x = 0 \quad \sum \vec{F}_y = 0 \quad \sum \vec{F}_z = 0 \quad \sum \vec{M} = 0 \quad (2-67)$$

En donde se tiene que:

La sumatoria de todas las fuerzas en el eje “x” es igual a cero

La sumatoria de todas las fuerzas en el eje “y” es igual a cero

La sumatoria de todas las fuerzas en el eje “z” es igual a cero

La sumatoria de todos los momentos con respecto a cualquier punto es igual a cero.”

(Beer, Johnston, & Eisenberg, Mecánica vectorial para Ingenieros - Estática., 2007, pág. 162)

### **2.4.3. Diagrama de cuerpo libre (D.C.L.)**

Es un procedimiento gráfico empleado en el análisis del equilibrio de los cuerpos (partículas). Este procedimiento recomienda descomponer (aislar) las partículas porque facilita realizar un mejor análisis de las fuerzas conocidas que actúan sobre la partícula, de esta manera se puede determinar fácilmente las fuerzas faltantes.

Cuando se aísla los cuerpos aparecen sobre él únicamente las fuerzas externas que soporta, pueden ser fuerzas de contacto al interaccionar con otros cuerpos y las fuerzas a distancia (de campo), por ejemplo: la fuerza gravitacional, que provoca una fuerza llamada peso, esta fuerza está dirigida siempre hacia abajo.

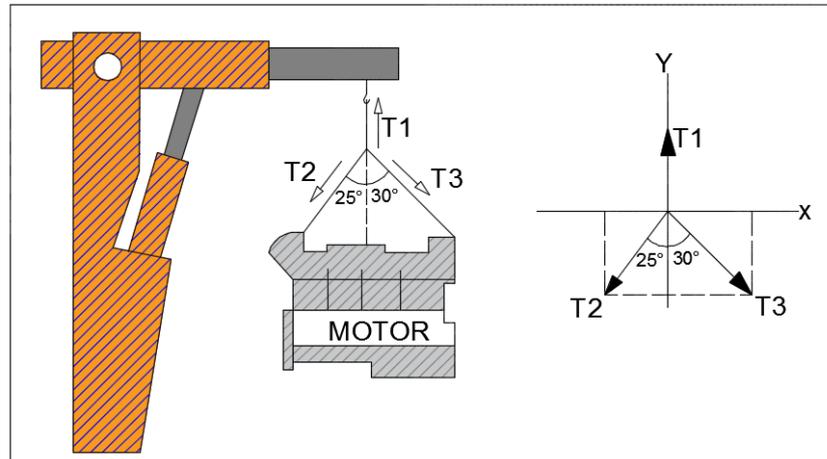


Figura 2.26. Ejemplo de diagrama de cuerpo libre.

Por lo general las fuerzas que actúan sobre la partícula en equilibrio son *concurrentes*, es decir que todas actúan sobre un mismo punto, y para realizar el análisis se debe seguir los siguientes pasos:

- “Ilustrar la situación con la ayuda de un diagrama
- Determinar el punto de concurrencia de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, y dibujar dichas fuerzas a partir de este punto
- Descomponer las fuerzas en componentes rectangulares
- Aplicar las condiciones de equilibrio,  $\sum \vec{F}_x = 0$ , y  $\sum \vec{F}_y = 0$
- Resolver el sistema de ecuaciones” (Solis Zambrano, 2004, pág. 110)

#### 2.4.4. Momento de una fuerza con respecto a un punto

“El momento o torque de una fuerza con respecto a un punto o eje proporciona una medida de la tendencia de la fuerza al ocasionar que un cuerpo gire alrededor del punto o eje. El momento  $M_o$  con respecto al punto “O” o con respecto a un eje que pase por “O” y que sea perpendicular al plano es una cantidad vectorial puesto que tiene magnitud y dirección específicas.” (Hibbeler, 2004, pág. 114).

$$\vec{M}_o = \vec{F} * \vec{r} \quad (2-68)$$

Siendo el torque una magnitud vectorial, y si  $\alpha$  es el ángulo entre el radio vector  $\vec{r}$  y la fuerza  $\vec{F}$  aplicada en un punto “O”, el radio vector será la distancia perpendicular del punto a la línea de acción de la fuerza.

$$\vec{M}_0 = \vec{r} * \vec{F} * \sin \alpha \quad (2-69)$$

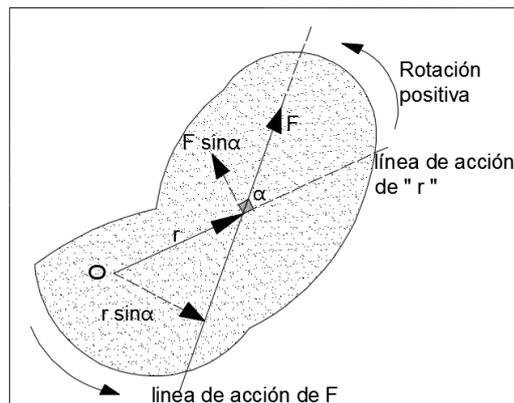


Figura 2.27. Movimiento respecto a un punto.

La dirección de  $\vec{M}_0$  será especificada usando la "regla de la mano derecha" (que es una forma de estandarizar los signos). “El pulgar señala entonces a lo largo del eje de momento de manera que da la dirección y el sentido del vector momento que es hacia arriba y perpendicular al plano sombreado que contiene a  $\vec{r}$  y  $\vec{F}$ , y su unidad de medida en el S.I. es el  $N * m$ .” (Hibbeler, 2004, pág. 114)

**Ejemplo:** Al utilizar dos llaves de rueda, una corta y otra larga, se puede comprender fácilmente el principio de momento, mientras más larga sea la llave, la fuerza a aplicar será menor, y por el contrario mientras más corta sea la llave, mayor será la fuerza necesaria para aflojar las tuercas. Este principio es conocido como el “Principio de palanca”.



Figura 2.28. Principio de palanca.

Fuente: (Alfaro, 2015)

### 2.4.5. Teorema de Varignon

Si varias fuerzas  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \dots \vec{F}_n$  son concurrentes en un punto “A” de un cuerpo y el vector  $\vec{r}$  determina su posición de acuerdo a la propiedad distributiva del producto vectorial, se tiene:

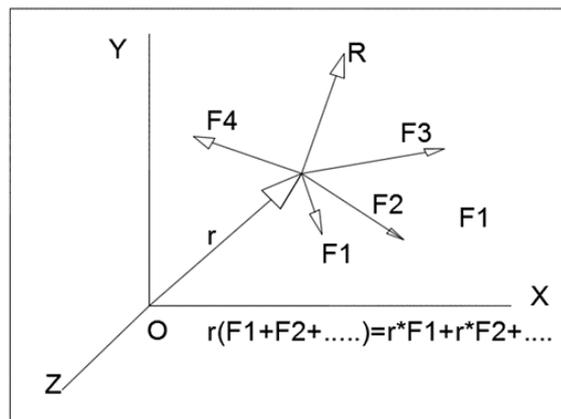


Figura 2.29. Teorema de Varignon.

$$\vec{r} * \vec{F}_1 + \vec{r} * \vec{F}_2 + \vec{r} * \vec{F}_3 \dots + \vec{r} * \vec{F}_n = \vec{r} * (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \dots)$$

“El momento de una fuerza con respecto a un punto es igual a la suma de los momentos de las componentes de la fuerza con respecto al punto.” (Hibbeler, 2004, pág. 126).

$$\sum \vec{M}_0^F = \vec{M}_0^F \tag{2-70}$$

## 2.5. ROZAMIENTO O FRICCIÓN

Siempre que existan dos cuerpos en contacto, y al menos uno de los dos se desplace sobre el otro existirán fuerzas de rozamiento (de fricción), es decir que la “fuerza resistente que actúa sobre un cuerpo e impide o retarda el deslizamiento del cuerpo con relación a un segundo cuerpo o superficie con los cuales esté en contacto. La fuerza de fricción actúa siempre tangencialmente a la superficie en los puntos de contacto con otros cuerpos y está dirigida en sentido opuesto al movimiento posible.” (Hibbeler, 2004, pág. 379)

La fricción en general no es deseable, ya que requiere de fuerza(s) externa(s) para vencerla pero existen casos en los cuales la fricción es deseable (ventajosa), por ejemplo: cuando caminamos, cuando el vehículo frena o se desplaza, cuando un tornillo permanece fijo, etc. Sin embargo, en otras circunstancias se trata de que la fricción sea la menor posible, como cuando un motor de combustión está en marcha y los elementos internos están expuestos a desgaste debido a la fricción, por ende generan calor, lo que resulta perjudicial, propiciando el deterioro del lubricante, entre otros fenómenos.

Como características fundamentales de la fricción se tiene:

- “Si un objeto está en reposo se necesita una fuerza externa con una cierta magnitud mínima actuando paralelamente a la superficie de contacto entre el objeto y la superficie para vencer la fuerza de fricción y hacer que se mueva el objeto.
- La fuerza de fricción que tiene que vencerse para hacer que se mueva un objeto que está en reposo es mayor que la fuerza de fricción que tiene que vencer para mantener el objeto en movimiento a velocidad constante.
- La magnitud de la fuerza de fricción que actúa sobre un objeto en movimiento es proporcional a la magnitud de la fuerza normal.
- La magnitud de la fuerza de fricción es independiente del tamaño del área de contacto entre objeto y superficie.

- La fuerza de fricción depende de la aspereza de la superficie, es decir, un interfaz más liso generalmente produce menos fuerza de fricción que uno más áspero.
- La fuerza de fricción es independiente de la velocidad del objeto.” (Bauer & Westfall, 2011, pág. 118)

### 2.5.1. Clasificación del rozamiento

Dependiendo las condiciones de los cuerpos a analizar el rozamiento seco se clasifica en: Rozamiento Estático y Rozamiento Cinético.

#### 2.5.1.1. Rozamiento Estático

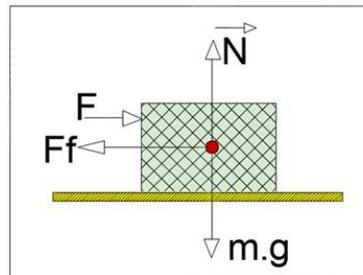


Figura 2.30. Elementos del rozamiento estático.

Se determina así a “la resistencia que se debe superar para poder iniciar el movimiento de un cuerpo que está en contacto con otro” (Solis Zambrano, 2004, pág. 102) . Es igual a una fuerza neta aplicada al cuerpo pero con sentido contrario (ya que impide el movimiento), depende directamente de la rugosidad y de las propiedades del material que existe entre el cuerpo y la superficie por la cual se va a desplazar. A mayor rugosidad, mayor será el rozamiento estático, y por ende el esfuerzo para empezar a mover el objeto también será mayor.

#### 2.5.1.2. Rozamiento cinético

Esta resistencia, “considerada constante, es aquella que se opone al movimiento, una fuerza aparece cuando comienza el movimiento de un objeto que se desplaza sobre otro” (Solis Zambrano, 2004, pág. 92) .

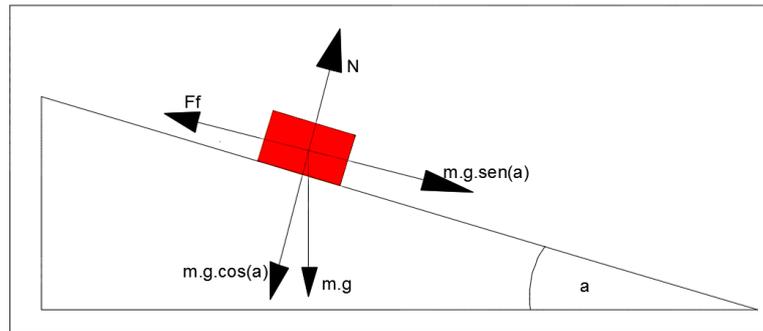


Figura 2.31. Rozamiento cinético.

También depende de la rugosidad y de las propiedades del material que existe entre las superficies de contacto. A mayor rugosidad, mayor será el rozamiento cinético y mayor será el esfuerzo necesario para mantener en movimiento el objeto.

### 2.5.2. Fuerza de rozamiento ( $F_r$ )

También conocida como fuerza de fricción, así como existen dos tipos de rozamiento también existen dos tipos de fuerzas, una para cada tipo de movimiento.

$$F_r = \mu * N \quad (2-71)$$

$F_r$  = Fuerza de rozamiento o fricción

$\mu$  = Coeficiente de rozamiento

$N$  = Fuerza normal (siempre perpendicular a la superficie de contacto)

#### 2.5.2.1. Fuerza de fricción estática ( $F_s$ )

“Es la fuerza existente entre dos superficies en contacto, esta fuerza se opone al inicio del deslizamiento” (Tippens, 2007, pág. 80).

### 2.5.2.2. Fuerza de fricción dinámica ( $F_k$ )

“Es aquella que se opone al movimiento relativo entre ambas superficies de contacto” (Tippens, 2007, pág. 80).

### 2.5.3. Condiciones de rozamiento.

a) No hay movimiento

- $\Sigma F_y = 0$
- $W = N$
- $F < F_r$

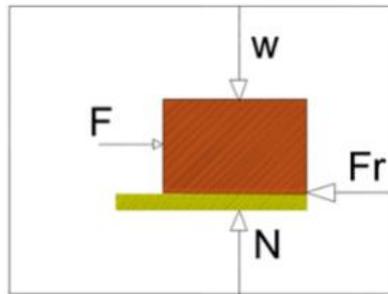


Figura 2.32. Cuerpo sin movimiento.

b) Movimiento inminente

- $\Sigma F_x = 0$
- $F = F_r \text{ max}$
- $F_s < \mu_s * N$

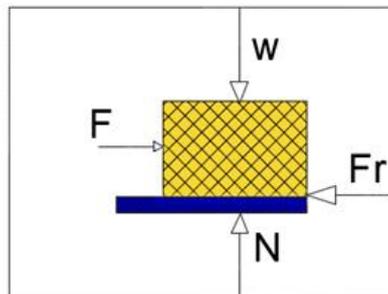


Figura 2.33. Cuerpo con movimiento inminente.

c) Sin movimiento.

- $F > F_r$
- $F_k = \mu_k * N$
- $F_k < F_s$

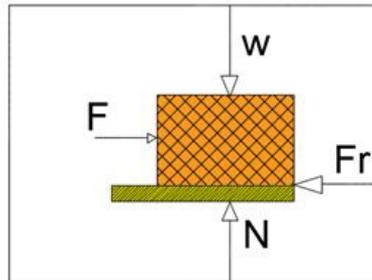


Figura 2.34. Cuerpo con movimiento nulo.

#### 2.5.4. Coeficiente de rozamiento ( $\mu$ )

“Es un coeficiente de proporcionalidad (relación) entre dos fuerzas,  $\mu = \frac{F}{F_1}$ , al ser una relación entre dos magnitudes de la misma especie el valor del coeficiente es un número abstracto (adimensional), este coeficiente de rozamiento es muy sensible a las condiciones de las superficies en contacto por lo que su valor siempre es inferior a la unidad. Los valores son obtenidos de la experiencia y su valor varía dependiendo el material” (Tippens, 2007, pág. 81).

Los coeficientes de rozamiento dependen de la rugosidad de las superficies pero **no** del área del contacto entre ellas, los tipos de coeficientes son:

- Coeficiente de rozamiento estático ( $\mu_s$ )
- Coeficiente de rozamiento dinámico ( $\mu_k$ )

Se tiene que el valor del Coeficiente de rozamiento estático siempre será mayor que el Coeficiente de rozamiento dinámico.

Tabla 2-3. Coeficientes aproximados de fricción.

Material	$\mu_s$	$\mu_k$
Madera sobre madera	0.7	0.4
Acero sobre acero	0.15	0.09
Metal sobre cuero	0.6	0.5
Madera sobre cuero	0.5	0.4
Caucho sobre concreto seco	0.9	0.7
Caucho sobre concreto mojado	0.7	0.57

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 81)

### 2.5.5. Ángulo de rozamiento ( $\phi$ )

Para una mejor comprensión “a veces es conveniente reemplazar la fuerza normal ( $\mathbf{N}$ ) y la fuerza de fricción ( $\mathbf{Fr}$ ) por su resultante ( $\mathbf{R}$ ). Considerando un bloque de peso ( $\mathbf{W}$ ) que descansa sobre una superficie plana, a continuación se analiza cuatro condiciones.” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 417)

#### 2.5.5.1. Sin fricción

“Si al bloque no se le aplica una fuerza horizontal, la fuerza resultante ( $\mathbf{R}$ ) se reduce a la fuerza normal ( $\mathbf{N}$ )” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 417), no hay movimiento, por ende no hay rozamiento.

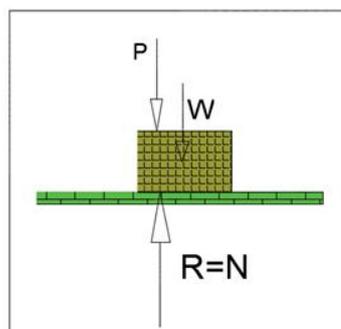


Figura 2.35. Ejemplo de cuerpo sin fricción.

### 2.5.5.2.Sin movimiento

“Si la fuerza (**P**), aplicada al bloque, tiene un componente horizontal (**P<sub>x</sub>**) que tiende a mover al bloque, la fuerza resultante (**R**) también tendrá una componente horizontal (**F**) y por lo tanto formará un ángulo (**ϕ**) con la normal a la superficie” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 417), siendo este el ángulo de rozamiento.

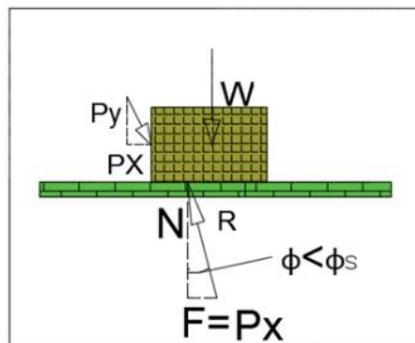


Figura 2.36. Ejemplo de cuerpo sin movimiento.

### 2.5.5.3.Movimiento inminente

“Si la fuerza (**P<sub>x</sub>**) se incrementa hasta que el movimiento se vuelva *inminente*, el ángulo (**ϕ**) entre la resultante (**R**) y la vertical aumenta y alcanza un valor máximo conocido como el *ángulo de fricción estática* (**ϕ<sub>s</sub>**) (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 417). Se tiene que;

$$\tan \phi_s = \frac{F_m}{N} = \frac{\mu_s * N}{N}$$

$$\tan \phi_s = \mu_s \quad (2-72)$$

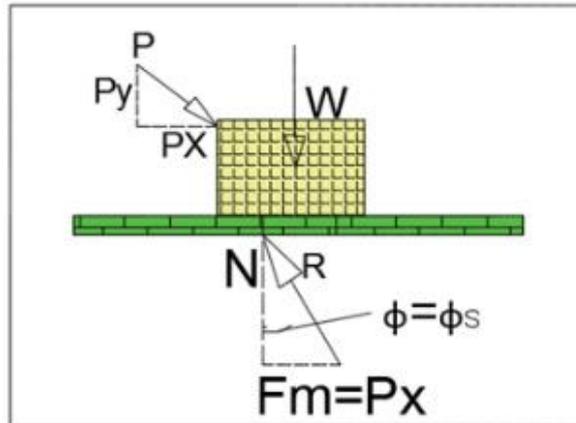


Figura 2.37. Ejemplo de cuerpo con movimiento inminente.

### 2.5.5.4. Movimiento

“Si llega a ocurrir el movimiento la magnitud de la fuerza de fricción decae a  $F_k$ , por ende el ángulo formado entre  $(R)$  y  $(N)$  también decae a un valor menor conocido como el *ángulo de fricción cinética*  $\phi_k$ ” (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 417). Se tiene que:

$$\tan \phi_k = \frac{F_k}{N} = \frac{\mu_k * N}{N}$$

$$\tan \phi_k = \mu_k \tag{2-73}$$

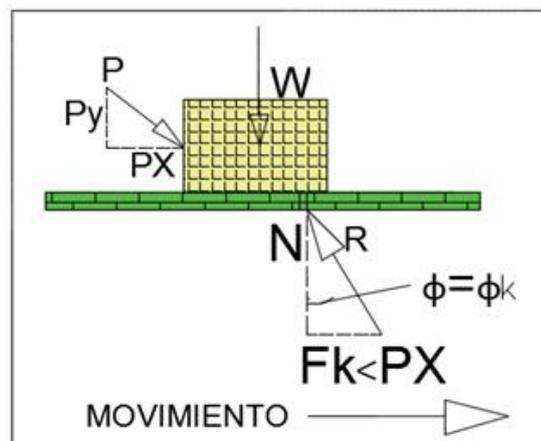


Figura 2.38. Ejemplo de cuerpo en movimiento.

### 2.5.6. Centros de gravedad (cg)

Al considerar un sistema compuesto por “n” partículas fijas contenidas en una región de un espacio determinado, “los pesos de estas forman un sistema de fuerzas paralelas que pueden ser reemplazadas por un peso único resultante (equivalente) y un determinado punto de aplicación que se conoce como *centro de gravedad*.” (Hibbeler, 2004, pág. 411)

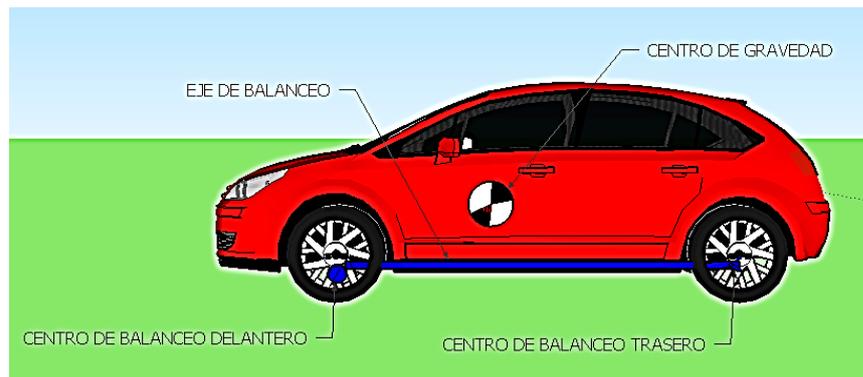


Figura 2.39. Ubicación del centro de gravedad en un vehículo.

“La aceleración debida a la gravedad disminuye con la altura, sin embargo, si esta variación a lo largo de la dimensión vertical del cuerpo es despreciable el centro de gravedad es idéntico al centro de masa (cm)” (Young & Freedman, 2009, pág. 355).

### 2.5.7. Centro de masa (cm)

El centro de masa de un objeto “es el único punto que se desplaza de la misma manera que se moverá una masa puntual (de masa  $m$ ) cuando se somete a la misma fuerza externa que actúa sobre el objeto. Si la fuerza resultante que actúa sobre un objeto (o sistema de objetos) de masa “ $m$ ” es  $\vec{F}$  la aceleración del centro de masa del objeto (o sistema) estará dada por  $\vec{a}_{cm} = \vec{F}/m$ . (Bueche & Hecht, 2004, pág. 115)

Para un conjunto de partículas con masa  $m_1$  y  $m_2 \dots$  y coordenadas  $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2) \dots$  las coordenadas del centro de masa están dadas por:  $(x_{cm}, y_{cm}, z_{cm})$

$$x_{cm} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{\sum_i m_i x_i}{\sum_i m_i} \quad (2-74)$$

$$y_{cm} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{\sum_i m_i y_i}{\sum_i m_i} \quad (2-75)$$

$$z_{cm} = \frac{m_1 z_1 + m_2 z_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{\sum_i m_i z_i}{\sum_i m_i} \quad (2-76)$$

Además  $x_{cm}, y_{cm}, z_{cm}$  son los componentes del vector posición  $\vec{r}_{cm}$  del centro de masa de modo que tiene una ecuación vectorial equivalente.

$$\vec{r}_{cm} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{\sum_i m_i} \quad (2-77)$$

Fórmulas tomadas de: (Young & Freedman, 2009, pág. 356).

### 2.5.8. Fricción en superficies de apoyo sometidas a presión constante

Para el análisis por fricción de superficies que tienen un área de contacto o de apoyo como el embrague de disco de un vehículo o el disco de una pulidora, los cuales están sometidos a una fuerza axial o presión normal constante, a la cual se lo considera uniformemente distribuida, “se puede determinar el momento necesario para causar una rotación inminente entre estas superficies, a partir del análisis de un pequeño elemento de área la cual está sometida a una fuerza normal y a una fuerza de fricción asociada.

La fuerza normal no genera momento, sin embargo la fuerza de fricción si lo hace, para determinar el momento total creado por todas las fuerzas de fricción que actúan

sobre áreas diferenciales, es necesaria la integración sobre toda el área de apoyo” (Hibbeler, 2004), de donde se obtiene la siguiente fórmula:

$$M = \frac{2}{3} \mu_s P \left( \frac{R_2^3 - R_1^3}{R_2^2 - R_1^2} \right) \quad (2-78)$$

Donde:

P: es la fuerza axial

$R_2$ : Radio externo (mayor) del área de apoyo

$R_1$ : Radio interno (menor) del área de apoyo

$\mu_s$ : Coeficiente de fricción estática

El momento de fricción desarrollado, al girar ésta con rapidez constante, puede encontrarse sustituyendo  $\mu_k$  por  $\mu_s$ . En el caso de que las superficies de contacto sean completamente circulares (sin radio interno) la ecuación se reduce a:

$$M = \frac{2}{3} \mu_s PR \quad (2-79)$$

### 2.5.9. Equilibrio dinámico

En 1743 Jean d'Alembert publicó su obra maestra *Tratado de la dinámica*, en donde enunció “El principio de d'Alembert” el cual establece que la suma de las fuerzas externas que actúan sobre un cuerpo y las denominadas fuerzas de inercia forman un sistema de fuerzas en equilibrio. A este equilibrio se le denomina equilibrio dinámico.

“El principio d'Alembert establece que para todas las fuerzas externas a un sistema:

$$\sum_i (p_i - F_i) * \delta r_i = 0 \quad (2-80)$$

Donde la suma se extiende sobre todas las partículas del sistema, siendo:

$p_i$ : Cantidad de movimiento de la partícula  $i$ -ésima

$F_i$ : Fuerza externa sobre la partícula  $i$ -ésima

$\delta r_i$ : Cualquier campo vectorial de desplazamientos virtuales sobre el conjunto de partículas que sea compatible con los enlaces y restricciones de movimiento existentes

El principio de d'Alembert es realmente una generalización de la segunda ley de Newton, en una forma aplicable a sistemas con ligaduras, debido a que incorpora el hecho de que las fuerzas de ligadura no realizan trabajo en un movimiento compatible. Por otra parte el principio equivale a las ecuaciones de Euler-Lagrange. Lagrange usó este principio bajo el nombre de principio de velocidades generalizadas.” (Goicolea Ruigómez, 2010)

#### 2.5.10. Equilibrio dinámico traslacional y rotacional

Para que un cuerpo se encuentre en equilibrio, se requiere que la sumatoria de todas las fuerzas o torcas que actúan sobre él sea igual a cero. Se dice que todo cuerpo tiene dos tipos de equilibrio, el de traslación y el de rotación.

**“Equilibrio traslacional:** Significa que la resultante de las fuerzas que actúa sobre el sistema es cero. En este caso la aceleración del sistema es cero. El centro de masa del sistema se mueve entonces con M.R.U. o permanece en reposo.

$$\sum F_x = 0 ; \sum F_y = 0$$

En conclusión se dice que un cuerpo está en equilibrio traslacional cuando la fuerza resultante que actúa sobre él es cero, lo cual implica que la aceleración del cuerpo también es cero, y que el mismo se mueve con velocidad constante, cantidad de movimiento constante, o que está en reposo.

$$\overline{F_R} = \vec{a} = 0 ; \vec{v} = cte$$

**Equilibrio rotacional:** Para que un cuerpo o partícula se encuentre en equilibrio rotacional es necesario que el torque resultante sobre él sea cero.

$$\sum M_x = 0 ; \sum M_y = 0$$

Como consecuencia, la aceleración angular  $\alpha$  es cero, y el cuerpo o está en reposo o se mueve con velocidad angular  $\omega$  constante.

$$\overline{M_R} = \vec{\alpha} = 0 ; \omega = cte.$$

**Aplicaciones:** Se utiliza en todo tipo de instrumentos en los cuales se requiera aplicar una o varias fuerzas o torques para llevar a cabo el equilibrio de un cuerpo. Entre los instrumentos más comunes están la palanca, la balanza romana, la polea, el engrane, etc.” (Fernández Limia, 2010)

## 2.6. TRABAJO, ENERGÍA Y POTENCIA

### 2.6.1. Trabajo

En el campo automotriz se realizan varias actividades en diferentes áreas que se las considera como “trabajo”, ya sea para empujar un vehículo, elevar/bajar un motor a una superficie o cuando se usa la fuerza corporal aplicada a cualquier objeto. Con los ejemplos mencionados se puede deducir que para empujar un vehículo se requiere un **trabajo**, por ello se necesita aplicar una fuerza, la cual producirá un desplazamiento. Mientras más grande sea la fuerza que se aplique mayor será la distancia recorrida.

“En Física se entiende por trabajo que es la transferencia de energía de una entidad hacia otra a través de la acción de una fuerza aplicada sobre una distancia. Si va a realizarse trabajo el punto de aplicación de la fuerza debe moverse.” (Bueche & Hecht, 2004, pág. 89)

“Se define el trabajo  $W$  realizado por la fuerza constante en dichas condiciones como el producto de la magnitud  $F$  de la fuerza y la magnitud “ $s$ ” del desplazamiento” (Young & Freedman, 2009, pág. 182).

$$W = F * s \quad (2-81)$$

(Fuerza “ $F$ ” constante en dirección del desplazamiento rectilíneo)

Como unidades del “**Trabajo**” se tiene:

$$1 \text{ joule} = (1 \text{ Newton}) * (1 \text{ metro}) = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ kg} * \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$1 \text{ cal} = 4.1855 \text{ joule}$$

$$1 \text{ BTU} = 1.055 \text{ kj} = 0.2520 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kj} = 0.239 \text{ kcal}$$

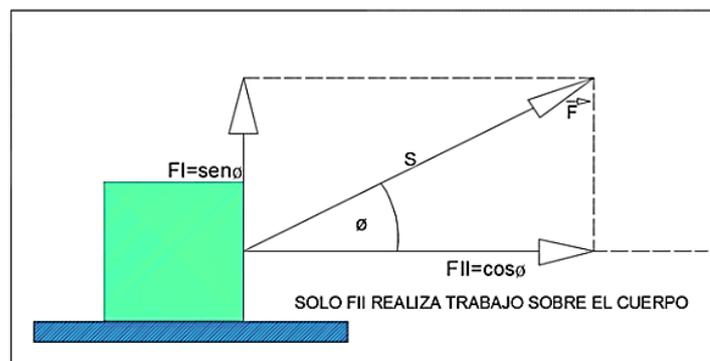


Figura 2.40. Trabajo realizado por una fuerza constante que actúa con un ángulo relativo al desplazamiento.

“Con el ángulo  $\phi$  que se forma entre la fuerza “ $\vec{F}$ ” y la línea horizontal de desplazamiento “ $s$ ” se tiene una ecuación en donde se obtiene el resultado del trabajo realizado por un cuerpo.” (Young & Freedman, 2009, pág. 206)

$$W = (\vec{F} \cos \phi) * s \quad (2-82)$$

Las componentes de la fuerza “ $\vec{F}$ ” son: “ $F_{II}$ ” y “ $F_I$ ”, donde una de estas generará trabajo cuando el cuerpo sea desplazado, la misma que es “ $F_{II}$ ”.

$$W = F_{II} * s = (\vec{F} \cos \phi) s = \vec{F} * s * \cos \phi \quad (2-83)$$

Se tiene tres casos en donde el resultado del “trabajo” puede ser: negativo, positivo o cero, estos se dan dependiendo del ángulo entre la fuerza “ $F$ ” con respecto al desplazamiento “ $s$ ”.

### 2.6.1.1. Trabajo positivo

“En este caso la dirección de la fuerza está en sentido del desplazamiento, lo que se puede apreciar en la (Fig. 2.43)” (Young & Freedman, 2009, pág. 207).

$$W = (F \cos \phi) * s \quad (2-84)$$

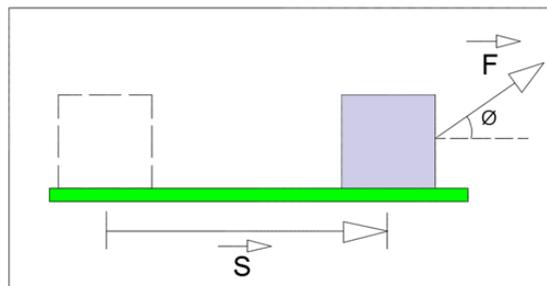


Figura 2.41. Ejemplo de trabajo positivo.

### 2.6.1.2. Trabajo negativo

“La dirección de la fuerza se da en sentido opuesto al desplazamiento” (Young & Freedman, 2009, pág. 207) figura 2-34.

$$W = (F \cos \phi) * s \quad (2-85)$$

*En donde  $W < 0$ , porque  $F \cos \phi$  es negativo para  $90 < \phi < 270$*

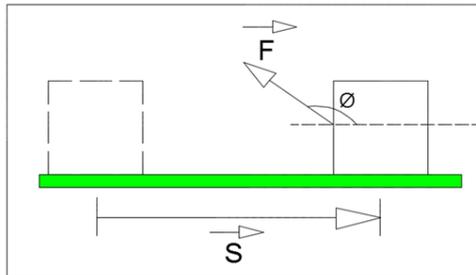


Figura 2.42. Ejemplo de trabajo negativo.

### 2.6.1.3. Trabajo total

Al trabajo total se lo representa con " $W_{tot}$ ". (Young & Freedman, 2009, pág. 208).

$$W_{tot} = W_1 + W_2 + \dots + W_n \quad (2-86)$$

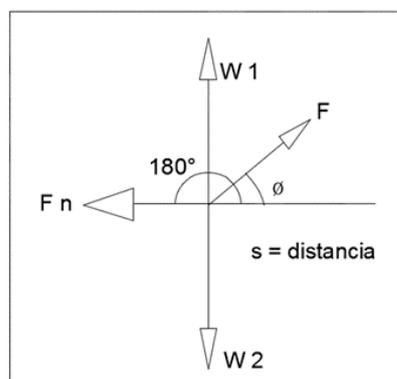


Figura 2.43. Ejemplo de trabajo total.

### 2.6.2. Energía

A la energía de un cuerpo se la define como “su capacidad para efectuar un trabajo. Por consiguiente, la energía de un cuerpo se mide en función del trabajo que puede desarrollar. Cuando un objeto realiza un trabajo la pérdida de energía del cuerpo es igual al trabajo efectuado.” (Bueche & Hecht, 2004, pág. 89)

Se debe tener en cuenta que la energía tiene relación con el “trabajo”, “cuando se dice que un objeto tiene energía significa que es capaz de ejercer una fuerza sobre otro objeto para realizar un trabajo sobre él.” (Tippens, 2007, pág. 181)

Para la solución de ejercicios, ejemplos y problemas en donde interviene la “energía” se utilizan las unidades del **joule** y **libra-pie**, las mismas que se utilizan en el “trabajo”.

#### 2.6.2.1. Energía cinética y el teorema trabajo- energía cinética

Se ha analizado el concepto y las aplicaciones del “trabajo” y se lo identificó como un mecanismo de transferencia de energía en un sistema.

“Un resultado posible de hacer trabajo sobre un sistema es que el sistema cambia su rapidez” (Serway & Jewett, 2008, pág. 174). A continuación se analiza esta situación introduciendo el concepto de energía que un sistema puede tener, la “**energía cinética**”.

“Para desplazar un cubo con masa ( $m$ ) de un punto a otro con una sola dirección se necesita una fuerza neta ( $\sum \vec{F}$ ) que actúe sobre él, este bloque se moverá con una aceleración  $\vec{a}$  y su variación del desplazamiento se daría mediante la ecuación  $\Delta \vec{x} = (x_f - x_i)$ , entonces se tiene que el trabajo neto realizado por este bloque es:

$$W_{neto} = \int_{x_i}^{x_f} \sum F \, dx$$

Aplicando la segunda ley de Newton se sustituye la fuerza neta  $\sum \vec{F} = m * a$ , después, realizando las siguientes manipulaciones de la regla de la cadena en el integrando, se obtiene la siguiente ecuación.

$$W_{neto} = \int_{x_i}^{x_f} ma \, dx = \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv}{dt} \, dx = \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} \, dx = \int_{v_i}^{v_f} mv \, dv$$

$$W_{tot} = W_1 + W_2 + \dots W_n \tag{2-87}$$

De esta manera se puede observar que “la cantidad  $\frac{1}{2} mv^2$  representa la energía asociada con el movimiento de la partícula. Esta cantidad es tan importante que se le ha dado un nombre especial, **energía cinética**” (Serway & Jewett, 2008, pág. 174).

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 \tag{2-88}$$

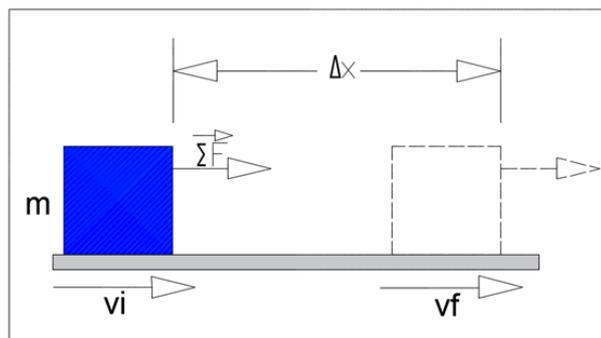


Figura 2.44. Desplazamiento de un cubo con cambio de velocidad bajo la acción de una fuerza constante.

Como base fundamental para la resolución de problemas de este tipo exponemos el siguiente cuadro de varios objetos con su respectivo valor de energía cinética.

Tabla 2-4. Energía cinética de varios objetos.

Energía cinética de diferentes objetos			
Objetos	Masa (Kg)	Rapidez (m/s)	Energía cinética (J)
Tierra que orbita el sol	$5.98 * 10^{24}$	$2.98 * 10^4$	$2.66 * 10^{33}$
Luna que orbita la tierra	$7.35 * 10^{22}$	$1.02 * 10^3$	$3.82 * 10^{28}$
Cohete a <i>rapidez de escape</i>	500	$1.12 * 10^4$	$3.14 * 10^5$
Automóvil a 65 mi/h	2000	29	$5.98 * 10^{24}$
Atleta que corre	70	10	3500
Piedra que se deja caer desde 10 m	1.0	14	98
Pelota de golf con rapidez terminal	0.046	44	45
Gota de lluvia con rapidez terminal	$3.5 * 10^{-5}$	9.0	$1.4 * 10^{-3}$
Molécula de oxígeno en aire	$5.3 * 10^{-26}$	500	$6.6 * 10^{-21}$

Fuentes: (Serway & Jewett, 2008, pág. 203)

Se puede expresar a la ecuación del trabajo neto ( $W_{neto}$ ) de otra forma, la misma que se puede apreciar en varios libros para así evitar confusiones.

$$W_{neto} = E_{cf} - E_{ci} = \Delta K \quad (2-89)$$

De la misma manera a esta ecuación también se la conoce como el teorema **trabajo-energía cinética**, en donde ésta “indica que la rapidez de un sistema aumenta si el trabajo neto invertido sobre él es positivo porque la energía cinética final es mayor que la energía cinética inicial. La rapidez disminuye si el trabajo neto es negativo porque la energía cinética final es menor que la energía cinética inicial.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 203)

### 2.6.2.2. Energía potencial

Esta es la energía que posee el sistema cuando el elemento está en diferentes posiciones o condiciones. “Como la energía se expresa a sí misma en forma de trabajo, la energía potencial implica que debe haber un potencial para realizar trabajo.” (Tippens, 2007, pág. 184)

$$TRABAJO = w * h = m * g * h$$

$$w = peso$$

Dada esta ecuación se puede expresar a la energía potencial ( $E_p$ ) de la siguiente forma:

$$E_p = w * h = m * g * h \quad (2-90)$$

“w” y “m” son el peso y masa de un elemento ubicado a una determinada distancia “h” arriba de un punto de referencia, la energía potencial siempre va a depender del nivel en que esté ubicado el elemento.

### 2.6.2.3. Energía potencial elástica

Este es otro tipo de energía que puede tener un sistema, el cual está conformado por un bloque y un resorte, en donde la fuerza que ejerce dicho resorte sobre el bloque se lo representa en forma de ecuación:

$$E_{p_e} = -Kx \quad (2-91)$$

“x” representa la posición del bloque y “K” se la considera como constante del resorte, y el signo negativo significa que la fuerza que ejerce el resorte siempre tiene la dirección opuesta al desplazamiento de equilibrio. Si se aplica una fuerza externa

en el sistema de bloque-resorte vamos a generar un trabajo en donde “las coordenadas inicial y final “x” del bloque se miden desde su posición de equilibrio,  $x = 0$ ” (Serway & Jewett, 2008, pág. 208), representándolo así:

$$\text{Trabajo aplicado} = W_{ap} = \frac{1}{2}Kx_f^2 - \frac{1}{2}Kx_i^2 \quad (2-92)$$

En la ecuación de trabajo o trabajo invertido como se menciona en los libros se puede observar “la diferencia entre dos expresiones que son la inicial y final, las mismas que tienen relación con la configuración del sistema, considerándolo como sistema a los elementos que constan de un bloque-resorte ya antes mencionado. La energía potencial elástica incorporada con el sistema se lo representaría mediante la ecuación” (Serway & Jewett, 2008, pág. 208).

$$E_{p_e} = \frac{1}{2}Kx^2 \quad (2-93)$$

Considerando a la energía potencial elástica como “la energía almacenada en el resorte deformado (uno que está comprimido o estirado desde su posición de equilibrio” (Serway & Jewett, 2008, pág. 208) se debe tener en cuenta que la energía potencial elástica almacenada en un resorte es cero siempre y cuando el resorte no este deformado. “La energía se almacena en el resorte sólo cuando el resorte está estirado o comprimido puesto que la energía potencial elástica es proporcional a,  $x^2$  se ve que  $U_s$  siempre es positiva en un resorte deformado.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 209)

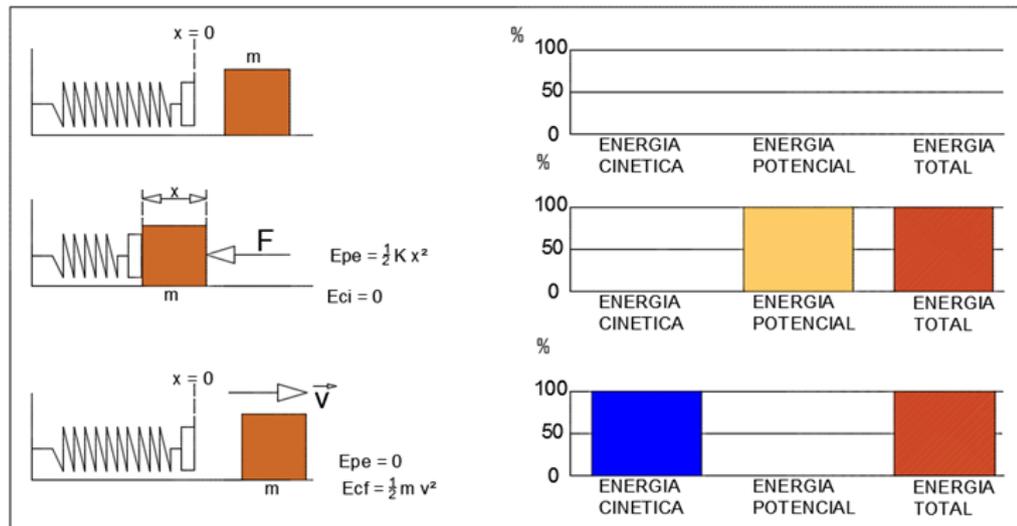


Figura 2.45. Seguimiento de las pistas de la energía en el sistema (Bloque-Resorte).

### 2.6.3. Conservación de la Energía

“Al estudiar la energía potencial se ha hablado de “almacenar” energía cinética convirtiéndola en energía potencial, pensando siempre que se puede recuperar después como energía cinética.

Por ejemplo, una pelota lanzada hacia arriba se frena al convertir su energía cinética en potencial, sin embargo, la conversión se invierte al bajar y la pelota se acelera al convertir su energía potencial otra vez en energía cinética. Si no hay resistencia del aire la pelota se mueve con la misma rapidez cuando regresa al punto de lanzamiento que cuando se lanzó.

Otro ejemplo es el de un deslizador que se mueve sobre un riel de aire horizontal sin fricción que choca contra un amortiguador de resorte en el extremo del riel. El resorte se comprime y el deslizador se detiene, luego rebota. Como no hay fricción, el deslizador tiene la misma rapidez y energía cinética que tenía antes de chocar. Aquí también hay una conversión bidireccional: de energía cinética a potencial y viceversa. En ambos casos se puede definir una función de energía potencial tal que la energía mecánica total, cinética más potencial, es constante o se conserva durante el movimiento” (Young & Freedman, 2009, pág. 228).

### 2.6.3.1. Fuerzas conservativas

Son aquellas que ofrecen la oportunidad de “conversión bidireccional entre energías cinética y potencial, ejemplos: la fuerza gravitacional, la de resorte, la fuerza eléctrica. Una característica fundamental de estas fuerzas es que su trabajo siempre es *reversible*, otra característica importante de estas fuerzas es que un cuerpo puede moverse del punto 1 al punto 2 siguiendo varios caminos pero el trabajo realizado por una fuerza conservativa es el mismo para todos.

El trabajo realizado por una fuerza conservativa siempre tiene estas propiedades:

- Puede expresarse como la diferencia entre los valores inicial y final de una función de energía potencial
- Es reversible
- Es independiente de la trayectoria del cuerpo y depende sólo de los puntos inicial y final
- Si los puntos inicial y final son el mismo, el trabajo total es cero

Si las únicas fuerzas que efectúan trabajo son conservativas, la energía mecánica total  $E_T = E_c + E_p$  es constante.” (Young & Freedman, 2009, pág. 229)

### 2.6.3.2. Fuerzas no conservativas

No todas las fuerzas son conservativas, como es el caso de la “fuerza de fricción: una caja que se desliza sobre una superficie inclinada, el cuerpo sube y al regresar al punto de partida se tiene que el trabajo total efectuado por la fricción no es cero, ya que al invertirse la dirección del movimiento se invierte también la fuerza de fricción generando trabajo negativo en ambas direcciones. Otro ejemplo es cuando un automóvil bloquea sus frenos y derrapa por el pavimento con rapidez y energía cinética decreciente, la energía cinética perdida no se puede recuperar invirtiendo el movimiento ni de ninguna manera y la energía mecánica no se conserva. No hay función de energía potencial para la fuerza de fricción.

La fuerza de resistencia a fluir de los fluidos tampoco es conservativa, cuando se lanza un balón hacia arriba la resistencia del aire hace que regrese al punto inicial con menor rapidez y menor energía cinética y no hay forma de recuperar esta energía mecánica perdida. Algunas fuerzas no conservativas hacen que se pierda o se disipe energía mecánica, son estas *fuerzas disipadoras*.” (Young & Freedman, 2009, pág. 229)

#### 2.6.4. Ley de la conservación de la energía

“Las fuerzas no conservativas no pueden representarse en términos de energía potencial; no obstante, se puede describir sus efectos en términos de energías distintas de la cinética y la potencial como *energía interna* (sin considerar la transferencia de calor). Cuando se eleva la temperatura de un cuerpo, aumenta su energía interna; si se reduce su temperatura, disminuye su energía interna. El aumento de la energía interna es igual al valor absoluto del trabajo efectuado por la fricción.” (Young & Freedman, 2009, pág. 231). Como en el ejemplo del automóvil que derrapa, dicha fricción produce que se caliente los neumáticos y la calzada.

$$\Delta E_{int} = -U_{otras}$$

En un proceso dado, la energía cinética, potencial e interna de un sistema puede cambiar pero la suma de todos los cambios siempre es cero. La fórmula general de la ley de conservación de la energía se expresa a continuación.

$$\Delta E_c + \Delta E_p + \Delta E_{int} = 0 \quad (2-94)$$

“Una disminución en una forma de energía se compensa con un aumento en las otras. La ecuación de la conservación de la energía dice que: *la energía nunca se crea ni se destruye, sólo cambia de forma*. No se ha observado aún una excepción a esta regla.

**Ejemplo:** *Cuando se quema un litro de gasolina en el motor de un automóvil.*

Se libera  $3.3 \times 10^7 J$  de energía interna. Por lo tanto  $\Delta E_{int} = -3.3 \times 10^7 J$ , donde el signo menos indica que disminuyó la cantidad de energía almacenada en la gasolina. Esa energía se puede convertir en energía cinética (para que aumente la rapidez del auto) o en energía potencial (para que el auto suba una cuesta)” (Young & Freedman, 2009, pág. 231).

Cuando existen ejercicios o problemas en los cuales se tenga que aplicar este principio, se debe entender que “si hay velocidad  $v$ , existe una energía cinética  $E_c$ , si hay altura  $h$ , hay energía potencial  $E_p$ . Si se asigna los subíndices 0 y f a los puntos inicial y final, respectivamente, se puede escribir la ecuación.” (Tippens, 2007, pág. 167)

*Energía total en el punto inicial = Energía total en el punto final*

$$E_{p_0} + E_{c_0} = E_{p_f} + E_{c_f}$$

En donde sustituyendo las fórmulas respectivas se tiene:

$$m * g * h_0 + \frac{1}{2} m v_0^2 = m * g * h_f + \frac{1}{2} m v_f^2 \quad (2-95)$$

Ecuación que se la puede utilizar en donde no hay fricción y donde no se apliquen energías al sistema, así se puede determinar la velocidad final de un cuerpo que cae desde el reposo.

$$m * g * h_0 = \frac{1}{2} m v_f^2 \quad (\text{despejando se tiene})$$

$$v_f = \sqrt{2 * g * h_0} \quad (2-96)$$

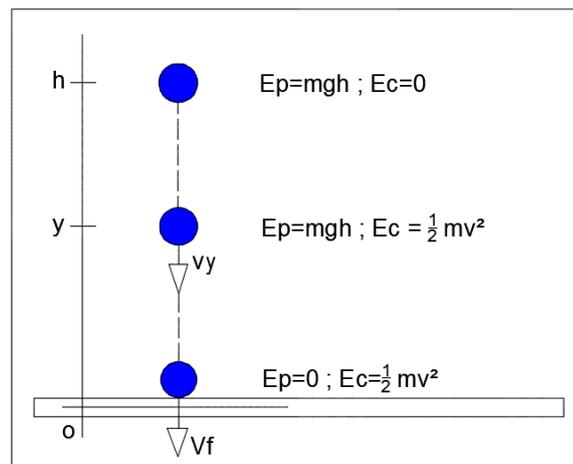


Figura 2.46. Conservación de la energía mecánica.

“Es importante señalar que la suma de  $E_c$  y  $E_p$  es la misma en cualquier punto durante la caída. En el ejemplo de una pelota que cae se dice que la energía mecánica se conserva. En la parte más alta la energía total es  $(m * g * h)$ , en tanto que en la parte más baja es  $\frac{1}{2} mv_f^2$  si se desprecia la resistencia del aire.” (Tippens, 2007, pág. 167)

$$E_{Total} = E_{cinetica} + E_{potencial} = constante$$

$$E = E_c + E_p = constante \quad (2-97)$$

### 2.6.5. Potencia

Se la puede definir como “la rapidez con que se efectúa trabajo; al igual que el trabajo y la energía, la potencia es una cantidad escalar.” (Young & Freedman, 2009, pág. 222). Si se tiene un cuerpo que se desplaza generando trabajo en un intervalo de tiempo se va a tener una potencia media que se la representa mediante la ecuación:

“Potencia es la razón de cambio con la que se realiza un trabajo” (Tippens, 2007, pág. 193).

$$P = \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}}$$

$$P_{med} = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad (2-98)$$

La ecuación de la potencia instantánea  $P$  se la aplica cuando” la rapidez de un trabajo no es constante, este siempre cuando  $\Delta t$  se aproxima a cero.” (Young & Freedman, 2009, pág. 222).

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt}$$

“Se tiene la representación de valor infinitesimal del trabajo invertido mediante  $dW$ . en la cual se tiene que  $dW = \vec{F} * d\vec{s}$ . En consecuencia, la potencia instantánea se escribe” (Serway & Jewett, 2008, pág. 242).

$$P = \frac{dU}{dt} = \vec{F} * \frac{d\vec{s}}{dt} = \vec{F} * \vec{v}$$

En donde  $\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt}$

Como unidades en el sistema internacional para la potencia se tiene al watt (W) en donde ( $1W = 1 \frac{J}{s}$ ), también se usa la unidad mayor como es (hp).

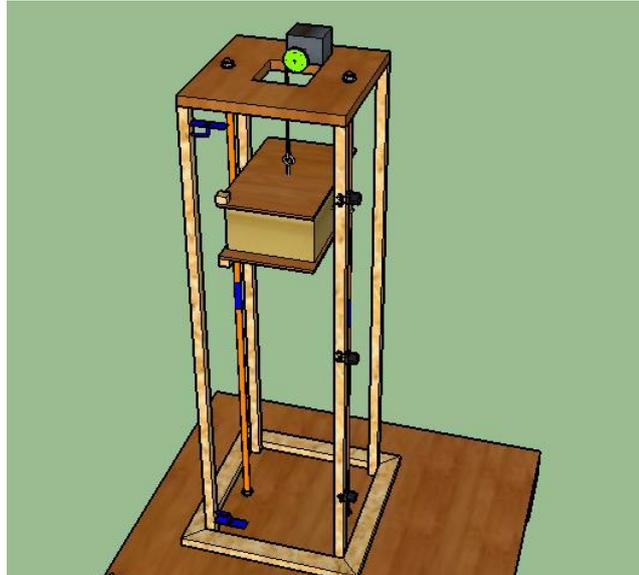


Figura 2.47. Fuerza, tensión y peso que intervienen para determinar la potencia del motor.

## 2.7. MECÁNICA DE FLUIDOS

Es una subcategoría de la Mecánica que estudia “el comportamiento de los fluidos en reposo (estática de los fluidos) o en movimiento (dinámica de los fluidos) y la interacción de éstos con sólidos o con otros fluidos en las fronteras” (Cengel, 2006, pág. 02).

La mecánica de fluidos abarca el estudio tanto de los fluidos como de los gases, ya sea que estén en reposo o en movimiento. “Al considerar varios tipos de fluidos en condiciones estáticas algunos presentan cambios muy pequeños en su densidad a pesar de estar sometidos a grandes presiones. Invariablemente estos fluidos se encuentran en estado líquido cuando presentan este comportamiento. En tales circunstancias, el fluido se denomina *incompresible* y se supone que su densidad es constante para los cálculos. El estudio de fluidos incompresibles en condiciones estáticas se conoce como *hidrostática*. Cuando la densidad no puede considerarse constante bajo condiciones estáticas como en un gas el fluido se denomina compresible y algunas veces se utiliza el término *aerostática* para identificar esta clase de problemas.

La clasificación de compresibilidad dada anteriormente está reservada para estática. En dinámica de fluidos, los casos en los cuales la densidad puede tratarse como una constante, involucran algo más que la naturaleza del fluido. En realidad esto depende principalmente de un determinado parámetro de flujo (el número de Mach). Cuando en un problema las variaciones en la densidad son insignificantes los gases (*aerodinámica*) y los líquidos (*hidrodinámica*) se analizan de la misma manera.” (Shames, 1995, pág. 04)

### 2.7.1. Fluidos

“Se define como una sustancia que cambia su forma continuamente siempre que esté sometida a un esfuerzo cortante, sin importar qué tan pequeño sea.” (Shames, 1995, pág. 03) A un fluido se lo conoce también “como una sustancia en fase líquida o gaseosa.” (Cengel, 2006, pág. 2)

### 2.7.2. Densidad

“Es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia denotado por la letra griega  $\rho$  (rho)” (Mott, 2006, pág. 14).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-99)$$

Donde V es el volumen de la sustancia que tiene masa m, las unidades más usadas son:

$$\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}, \frac{\text{slug}}{\text{pie}^3}$$

“Dos objetos hechos del mismo material tienen igual densidad aunque tengan masas y volúmenes diferentes, esto se debe a que la razón entre masa y volumen es la misma para ambos objetos.” (Young & Freedman, 2009, pág. 456) , como ejemplos se tiene a dos objetos con masas y volúmenes diferentes, pero con igual densidad.



Figura 2.48. Clavo de acero con igual densidad que la llave inglesa.

“La medición de la densidad es una técnica analítica importante.

***Por ejemplo:***

*Se puede determinar el nivel de carga de un acumulador midiendo la densidad de su electrolito que es una disolución de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Al descargarse la batería el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se combina con el plomo de las placas del acumulador para formar sulfato de plomo (PbSO<sub>4</sub>) insoluble, lo que reduce la concentración de la disolución. La densidad baja de cerca de  $1.30 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$  en un acumulador completamente cargado a  $1.15 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$  en uno descargado.” (Young & Freedman, 2009, pág. 457)*

**2.7.3. Peso específico**

“Es la cantidad de peso por la unidad de volumen de una sustancia, se denota por la letra griega  $\gamma$  (gamma)” (Mott, 2006, pág. 15).

$$\gamma = \frac{w}{V} \quad (2-100)$$

Donde V es el volumen de una sustancia que tiene peso w, las unidades más usadas son:

$$\frac{N}{m^3} , \frac{lb}{pie^3}$$

#### 2.7.4. Compresibilidad

“Un fluido es compresible cuando experimenta variación espontánea de su densidad; esto al aplicar la ley de conservación de la masa. En otras palabras; al ser la densidad función de la masa y el volumen, y al suponer que la masa permanece constante para un elemento de fluido, cualquiera que sea la condición en la que se encuentre, el cambio en la densidad depende exclusivamente de variaciones producidas en su volumen.

En los gases se puede distinguir dos tipos de compresión: una compresión a temperatura constante o isométrica y una compresión en un recinto aislado sin intercambio de calor o adiabática. Se incluye en este último las compresiones rápidas, ya que en ellas no hay tiempo para que se produzca intercambios de calor. En una compresión isotérmica, el volumen “ $V$ ” ocupa por una determinada masa gaseosa es inversamente proporcional a la presión “ $P$ ”, es decir el producto ( $P * V$ ) permanece constante. En una compresión adiabática es el producto ( $P * V^g$ ) el que permanece invariable, donde “ $g$ ” es una constante característica del gas y siempre es mayor que la unidad. Cuando un fluido se encuentra en estado líquido, su compresibilidad es mucho más baja que cuando se encuentra en estado gaseoso, por esta razón es común considerar a los líquidos como incompresibles a temperaturas y presiones ordinarias. El cociente entre el cambio de presión y la disminución relativa al volumen se denomina módulo de compresibilidad y se puede expresar como:” (Rockwood Iglesias & Cumbe Fárez , 2009, pág. 5)

$$B = - \frac{\Delta P}{\Delta V/V} \quad (2-101)$$

En donde:

$B$ : es el modulo de comprsibilidad de un fluido [ $Pa$ ]

$\Delta P$  : Es la variación de presión [ $Pa$ ]

$\Delta V/V$  : Es la disminución relativa al volumen [ $m^3$ ]

### 2.7.5. Viscosidad.

“Es una propiedad que representa la resistencia interna de un fluido al movimiento o a la *fluidez*” (Cengel, 2006, pág. 46) “Los fluidos para los cuales la razón de deformación es proporcional al esfuerzo cortante se llaman fluidos newtonianos en honor de sir Isaac Newton, quien lo expresó por primera vez en 1687. La mayoría de los fluidos comunes como el agua, el aire, la gasolina y los aceites son newtonianos. La sangre y los plásticos líquidos son ejemplos de fluidos no-newtonianos. Para un flujo unidimensional de fluidos newtonianos el esfuerzo cortante en función del coeficiente de viscosidad ( $\mu$ ) es:” (Cengel, 2006, pág. 47).

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad \left( \frac{N}{m^2} \right) \quad (2-102)$$

### 2.7.6. Presión

“Se define como una fuerza normal ejercida por un fluido por unidad de área. Su unidad de medida es el pascal (Pa)” (Cengel, 2006, pág. 66).

$$P = \frac{F}{A} \quad (2-103)$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{N}{m^2}$$

“La presión es una cantidad escalar porque es proporcional a la magnitud de la fuerza. Si la presión varía sobre un área la fuerza infinitesimal  $dF$  sobre un elemento de superficie infinitesimal de área  $dA$  es:

$$dF = P dA$$

“P es la presión en la posición del área  $dA$ . Para calcular la fuerza total que se ejerce sobre una superficie de un contenedor (recipiente) se debe integrar la ecuación sobre la superficie.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 390)

“La presión real que se encuentra en una posición dada se llama presión absoluta, y se mide en relación con el vacío absoluto (es decir, presión cero absoluta). La mayoría de los instrumentos para medir la presión se calibran para que den una lectura de cero en la atmósfera de modo que indican la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica local, esta diferencia se llama presión manométrica. Las presiones por abajo de la atmosférica se conocen como presiones de vacío y se miden con instrumentos de vacío que indican la diferencia entre la presión atmosférica y la absoluta. Las presiones absolutas, manométricas y de vacío son todas cantidades positivas y están interrelacionadas por la siguiente ecuación:” (Cengel, 2006, pág. 66)

$$P_{man} = P_{abs} - P_{atm}$$

$$P_{vac} = P_{atm} - P_{abs}$$

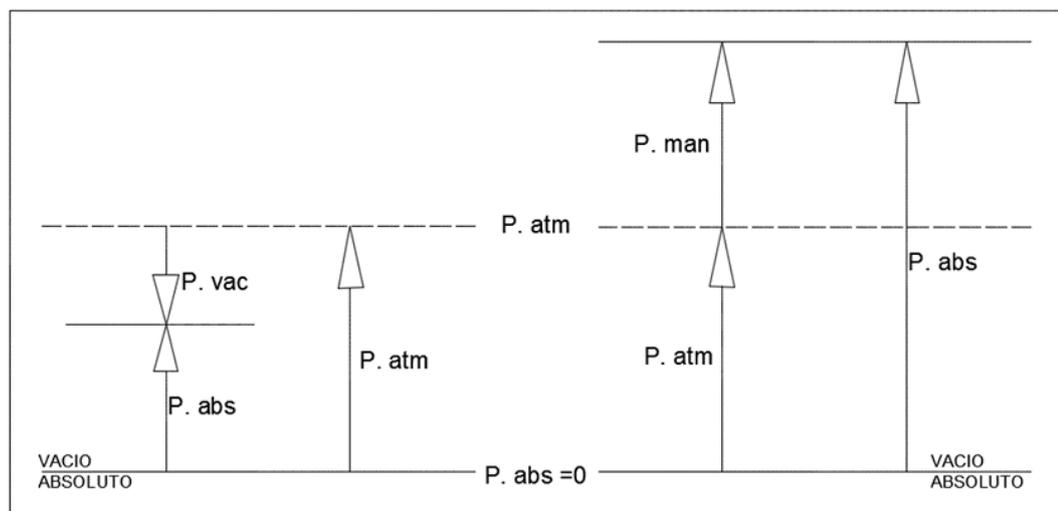


Figura 2.49. Presión absoluta, atmosférica, manométrica y vacío.

“La presión atmosférica  $P_{atm}$  es la presión de la atmósfera terrestre, es decir, la presión en el fondo de este “mar” de aire en que vivimos, esta presión varía con el estado del tiempo y con la altitud. La presión atmosférica normal al nivel del mar (valor medio) es 1 atmósfera (atm), definida exactamente como 101,325 Pa.” (Young & Freedman, 2009, pág. 458)

$$1 \text{ atm} = 1.013 * 10^5 \text{ Pa} = 1.013 \text{ bar}$$

“La presión atmosférica es menor a gran altitud que al nivel del mar, lo que obliga a presurizar la cabina de un avión que vuela a 35,000 pies. Al sumergirnos en agua profunda los oídos nos indican que la presión aumenta rápidamente al aumentar la profundidad.” (Young & Freedman, 2009, pág. 459)

Estas son claras muestras de que la presión varía dependiendo de la altura a la que se encuentra la partícula en el fluido, considerando como constantes la densidad ( $\rho$ ) y la gravedad ( $g$ ). Cuando se tiene dos puntos de referencia, siendo  $p_1$  y  $p_2$  las presiones en las alturas  $y_1$  y  $y_2$  correspondientes, la siguiente ecuación es muy útil ya que está expresada en términos de profundidad bajo la superficie de un fluido.

$$p_2 - p_1 = -\rho * g (y_2 - y_1) \quad (2-104)$$

(Presión en un fluido de densidad uniforme)

También se tiene otra ecuación que considera como uno de los dos puntos de referencia a la superficie del fluido en donde la presión es ( $p_0$ ), y a otro punto de referencia que está ubicado a una profundidad ( $h$ ).

$$p = p_0 + \rho * g * h \quad (2-105)$$

(Presión en un fluido de densidad uniforme)

En donde la presión  $p$  a una profundidad  $h$  es mayor que la presión en la superficie, también se deduce que la presión es la misma en dos puntos cualesquiera situados en el mismo nivel del fluido, sin tomar en cuenta la forma del recipiente, siempre y cuando se esté trabajando con depósitos (envases) abiertos. Para los casos donde el fluido está herméticamente cerrado se aplica la ley de pascal.

### Presión hidrostática

“En un fluido uniforme en reposo, la presión varía sólo con la distancia vertical y es independiente de la forma del recipiente. La presión en todos los puntos de un plano horizontal dado es la misma. La presión en el fluido aumenta con la profundidad.

Esto queda bien reflejado en la (Fig.: 2.50). La superficie libre del depósito está a la presión atmosférica y forma un plano horizontal. Los puntos  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  están a la misma profundidad e interconectados por el mismo fluido, agua; por tanto, todos ellos tienen la misma presión. Lo mismo ocurre con los puntos  $A$ ,  $B$  y  $C$  del fondo, todos los cuales tienen la misma presión, superior a la de  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$ . Sin embargo, el punto  $D$ , aunque está a la misma profundidad que  $A$ ,  $B$  y  $C$ , tiene distinta presión porque está debajo de un fluido diferente, mercurio.” (White, 2004, pág. 64)

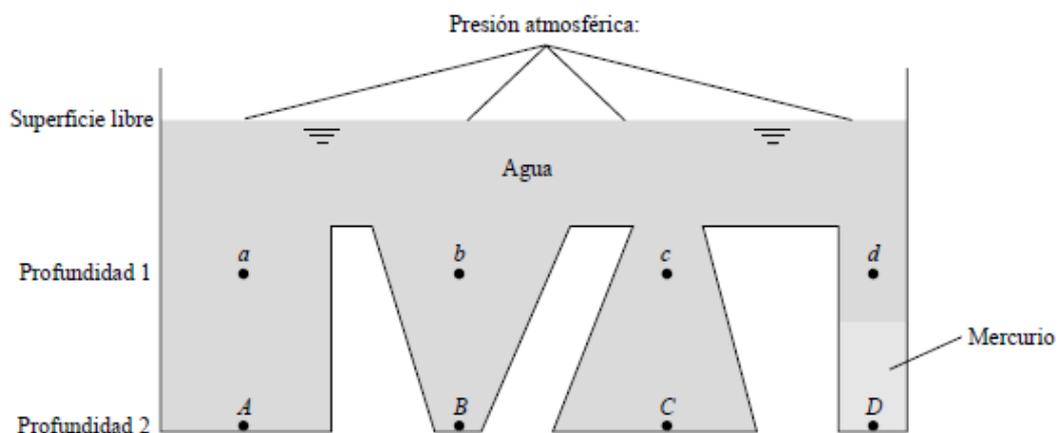


Figura 2.50. Ejemplo de presión hidrostática.

Fuente: (White F. M., 2004, pág. 64)

En la (Fig. 2.50.) se representa un ejemplo de la distribución de presión hidrostática.

### 2.7.7. Ley de Pascal

“Un cambio en la presión aplicada a un fluido se transmite sin disminución a todos los puntos del fluido y a las paredes del contenedor.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 392)

#### 2.7.7.1. Prensa hidráulica

“Una aplicación importante de la ley de Pascal es la prensa hidráulica que se ilustra en la (Fig. 2-54) Una fuerza de magnitud  $F_1$  se aplica a un pequeño pistón de área superficial  $A_1$ . La presión se transmite a través de un líquido incompresible a un pistón más grande de área superficial  $A_2$ , ya que la presión debe ser la misma en ambos lados,  $P = F_1/A_1 = F_2/A_2$ , en consecuencia la fuerza  $F_2$  es mayor que la fuerza  $F_1$  en un factor  $A_2/A_1$ .” (Serway & Jewett, 2008, pág. 393). El diseño de este tipo de máquinas aplica una gran fuerza de salida mediante una pequeña fuerza de entrada, este principio también se aplica en el sistema de frenado hidráulico de los vehículos, los gatos hidráulicos, el embrague, etc.

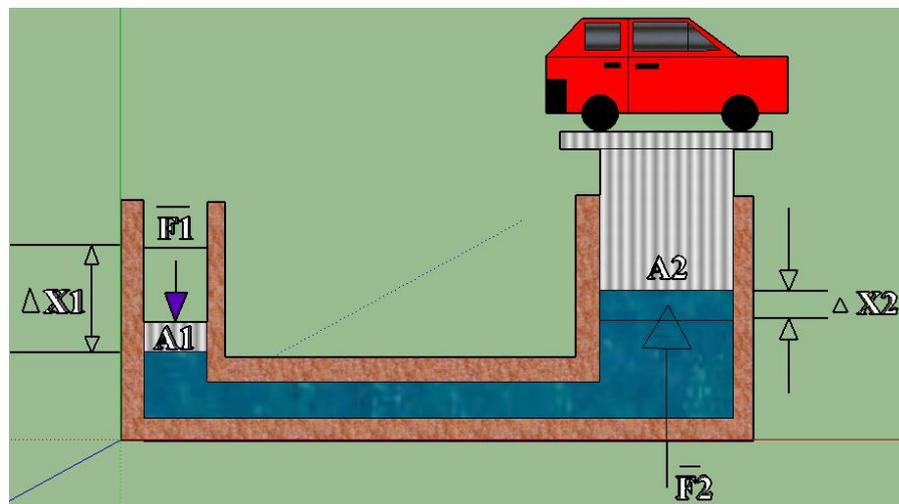


Figura 2.51. Principio de prensa hidráulica.

### 2.7.7.2. Vasos comunicantes

Se entiende por vasos comunicantes a cualquier conjunto de tubos comunicados entre sí (dos o más) los cuales pueden tener distintos diámetros y formas, el comportamiento de un fluido en reposo se rige por la variación de la presión con la profundidad, debido a la presión atmosférica que soportan alcanzan la misma altura en cualquiera de ellos. Dos puntos situados en distintas ramas de un vaso comunicante a la misma altura tienen la misma presión.

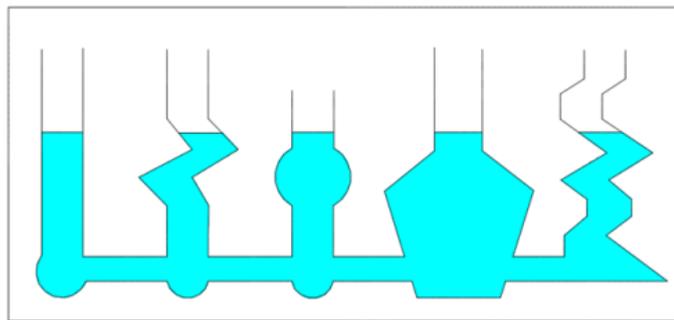


Figura 2.52. Vasos comunicadores.

### 2.7.8. Manómetros

Para medir diferencias en la presión se usa una columna de fluido. “Un instrumento que funciona según este principio se llama manómetro, es de uso común para medir diferencias en la presión, pequeñas y moderadas. Un **manómetro** consta principalmente de un tubo en “U” de vidrio o plástico que contiene uno o más fluidos como mercurio, agua, alcohol o aceite. Para mantener el tamaño del manómetro dentro de límites manejables se usan fluidos pesados, como el mercurio, si se prevén grandes diferencias en la presión.” (Cengel, 2006, pág. 71)

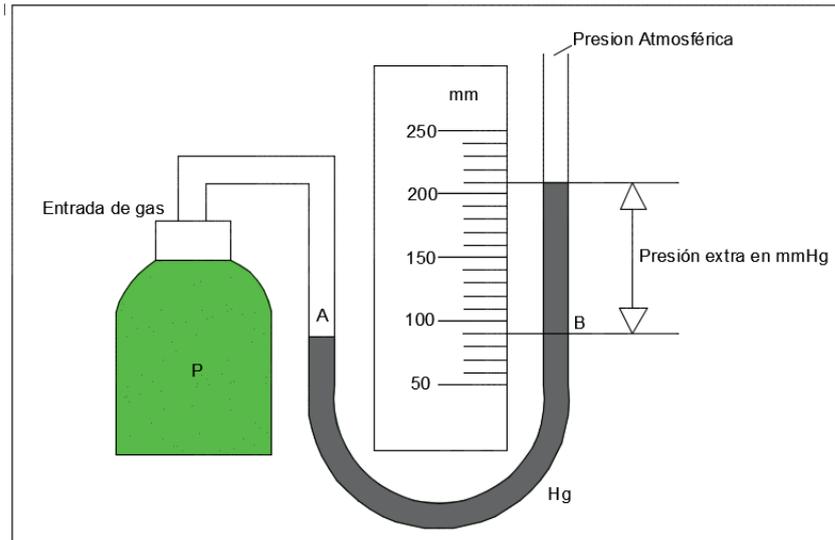


Figura 2.53. Manómetro.

El gas del recipiente empuja la columna de mercurio hasta que se equilibra la presión en ambas ramas, haciendo que la presión en los puntos A y B sea la misma. Si la altura de la columna de mercurio sobre el punto B es de 120 mm se tiene que la presión del Punto A es la presión del gas:

$$P_A = P_{gas}$$

La presión del Punto B será igual a la presión atmosférica más 120, lo que marca la regla en el dibujo:  $P_B = P_{atm} + 120$ . Sabiendo que la presión atmosférica es 760 mm HG y sustituyendo, se tiene:

$$P_{atm} = 760 \text{ mm Hg}$$

$$P_B = 760 + 120 = 880 \text{ mm Hg}$$

Obteniendo que la presión del gas será:  $P_{gas} = P_B = 880 \text{ mmHg}$

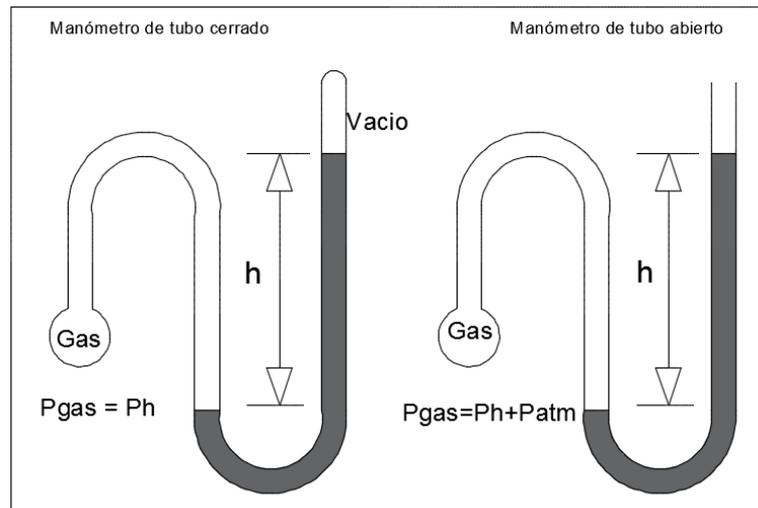


Figura 2.54. Manómetro de tubo abierto y cerrado.

Existen dos tipos de manómetros: el manómetro de tubo o rama cerrada y el manómetro de tubo o rama abierta. El manómetro de tubo cerrado se utiliza comúnmente para medir presiones menores a la presión atmosférica, mientras que el manómetro de tubo abierto es más adecuado para medir presiones iguales o mayores que la presión atmosférica.

### 2.7.9. Barómetros

Un barómetro es un “instrumento utilizado para medir la presión atmosférica. Un barómetro sencillo consta en un tubo largo de vidrio, cerrado uno de sus extremos se llena el inicio con mercurio, después se sumerge el extremo abierto bajo la superficie del mercurio que se encuentra en un contenedor y permite que alcance el equilibrio. En el extremo superior del tubo se produce un vacío casi perfecto que contiene vapor de mercurio a una presión de solo  $0.17 P_a$  a  $20^\circ\text{C}$ .

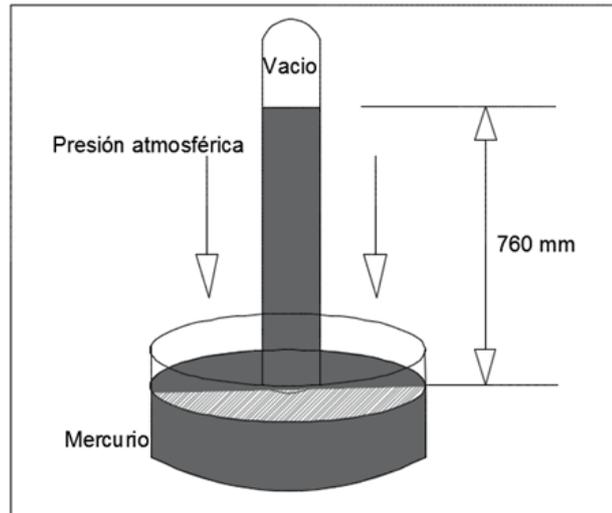


Figura 2.55. Barómetro.

Debido a que el peso específico del mercurio es aproximadamente constante, un cambio en la presión atmosférica ocasionará un cambio en la altura de la columna de mercurio. Es frecuente que esta altura se reporte como la presión barométrica. Las escalas más conocidas vienen dadas en milibares (mb), milímetros de mercurio (mmHg) y pulgadas de mercurio (pulgHg), estos deben manejarse con precaución debido al peligro potencial que representa el mercurio para el medio ambiente. Los rangos de las escalas de los barómetros comerciales son:

*870 a 1100 mb*

*650 a 825 mmHg*

*25.5 a 32.5 inHg*

El barómetro usado frecuentemente es el *anerodie*, inventado por Lucien Vidie en Francia alrededor de 1840. Este instrumento mecánico proporciona la lectura de la presión barométrica por medio de un apuntador en una escala circular como se puede ver en los barómetros de uso doméstico, su mecanismo incorpora una cámara vacía sellada y flexible que cambie su altura según se modifica la presión atmosférica.” (Mott, 2006, pág. 68)

### 2.7.10. Principio de Arquímedes

“Si un cuerpo está parcial o totalmente sumergido en un fluido, éste ejerce una fuerza hacia arriba sobre el cuerpo igual al peso del fluido desplazado por el cuerpo.”  
(Young & Freedman, 2009, pág. 463)

Cuando un cuerpo está sumergido totalmente en un fluido de densidad ( $\rho$ ), con una aceleración debido a la gravedad ( $g$ ), dicho fluido genera una presión hacia abajo ejercida sobre la parte superior del cuerpo (Fig. 2-59) adicional a esta se debe sumar la presión externa (*presión atmosférica*) para así obtener la presión total ejercida sobre la parte superior del disco, que está determinada por la siguiente ecuación:

$$P = P_{atm} + \rho * g * h_1 \text{ (Hacia abajo)} \quad (2-106)$$

Siendo ( $h_1$ ) la profundidad a la parte superior del disco. De forma similar la presión ejercida hacia arriba en la parte inferior del disco está dado por:

$$P = P_{atm} + \rho * g * h_2 \text{ (Hacia arriba)} \quad (2-107)$$

Siendo  $h_2$ , la profundidad de la superficie a la parte inferior del cuerpo.

#### 2.7.10.1. Fuerza de empuje ( $F_B$ )

“Es la fuerza neta hacia arriba ejercida por el fluido sobre el cuerpo, está dada por la ecuación siguiente:

$$F_B = p * g(h_2 - h_1) = A * \rho * g * H$$

Siendo ( $H$ ) el espesor del cuerpo y ( $A$ ) el área (Fig. 2-59), en función del volumen se tiene que:

$$F_B = \rho * g * V = m * g \quad (2-108)$$

Esta fuerza nos permite calcular únicamente cuando un cuerpo está sumergido totalmente en un fluido, éste genera una fuerza hacia arriba denominada *Fuerza de empuje*.” (Tippens, 2007, pág. 312)

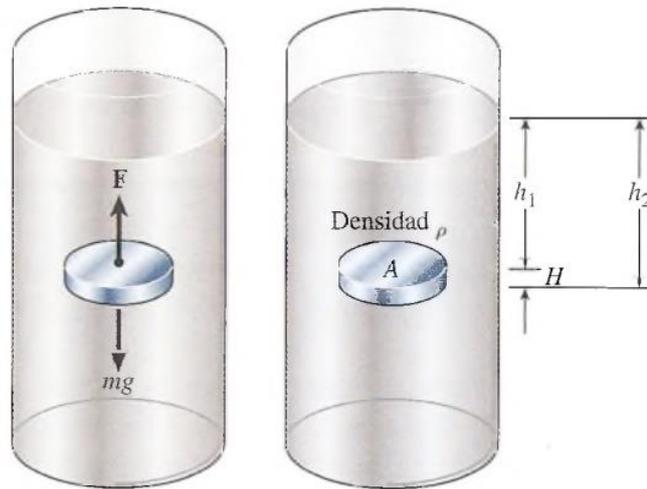


Figura 2.56. Principio de Arquímedes.

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 312)

### 2.7.11. Hidrodinámica

Hasta el momento se estudió los fluidos en estado de reposo, a partir de ahora se analizarán los fluidos en movimiento.

#### 2.7.11.1. Flujo laminar

“Cuando el fluido está en movimiento, su flujo se caracteriza como uno de dos tipos principales. Se dice que el fluido es *estable*, o *laminar*, si cada partícula del fluido sigue una trayectoria uniforme de tal modo que las trayectorias de diferentes partículas nunca se cruzan unas con otras, como se aprecia en la siguiente imagen (fig. 2-57).



Figura 2.57. Ejemplo de flujo laminar en un vehículo.

Fuentes: (Serway & Jewett, 2008, pág. 399)

En el flujo estable todas las partículas de fluido que llegan a un punto dado tienen la misma velocidad.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 399)

### 2.7.11.2. Flujo turbulento

“Sobre cierta rapidez crítica, el flujo de fluido se vuelve turbulento. El flujo turbulento es flujo irregular que se caracteriza por pequeñas regiones con forma de remolino” (Serway & Jewett, 2008, pág. 399) , como se muestra en la siguiente figura:

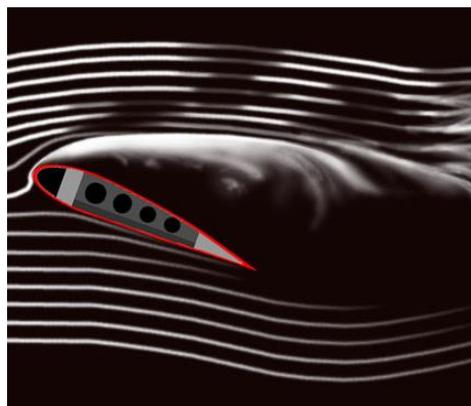


Figura 2.58. Ejemplo de flujo turbulento.

Fuente: (Gómez, 2016)

Este tipo de flujo se produce cuando las líneas de corriente se rompen “generando remolinos, los cuales absorben gran parte de la energía del fluido, incrementando el arrastre por fricción a través del fluido.” (Tippens, 2007, pág. 315)

### 2.7.11.3. Razón de flujo del fluido

Conocido también como “gasto o caudal”, para definirlo se debe considerar que “los fluidos son incompresibles y que no presentan una fricción interna apreciable, a lo largo de una tubería o de otro recipiente. Siendo el gasto el volumen de fluido que pasa a través de cierta sección transversal en una unidad de tiempo” (Tippens, 2007, pág. 315), con dichas consideraciones se dice que el caudal es constante y se lo puede calcular partiendo de la siguiente ecuación:

$$R = v * A \quad (2-109)$$

Siendo: R=caudal, v=velocidad del fluido, A=sección transversal, las unidades del gasto se expresan en unidades de volumen en la unidad de tiempo, como por ejemplo  $m^3/s$ ,  $lt/s$ ,  $gal/min$ , etc. Si se quiere saber qué es lo que pasa cuando varía la sección transversal de la trayectoria del fluido se puede responder que el “líquido fluye con más rapidez a través de una sección estrecha de tubería y más lentamente a través de secciones más amplias” (Tippens, 2007, pág. 316)

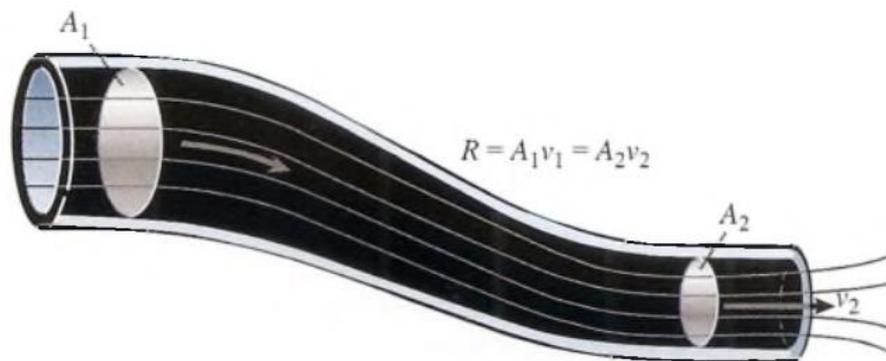


Figura 2.59. Fluidez de un líquido.

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 316)

#### 2.7.11.4. Presión y velocidad

Se mencionó que la velocidad de un fluido varía dependiendo de la sección transversal por donde atraviesa. “Un incremento en la velocidad únicamente se puede deber a la presencia de una fuerza de aceleración. Para acelerar un líquido que entra al angostamiento, la fuerza de empuje proveniente de la sección transversal amplia debe ser mayor que la fuerza de resistencia del angostamiento” (Tippens, 2007, pág. 317), esto quiere decir que la presión de ingreso en la sección amplia debe ser mayor a la presión en la parte angosta.

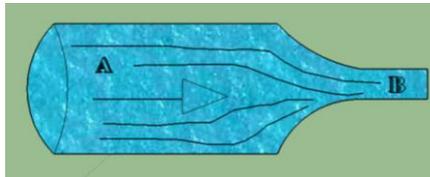


Figura 2.60. Presión en A es menor que presión en B.

#### 2.7.11.5. Ecuación de continuidad

“La masa de un fluido en movimiento no cambia al fluir. Esto conduce a una relación cuantitativa importante llamada *ecuación de continuidad*.” (Young & Freedman, 2009, pág. 466), para la explicación se considera una variación en la sección transversal de un elemento tubular como se muestra en la figura 2.61:

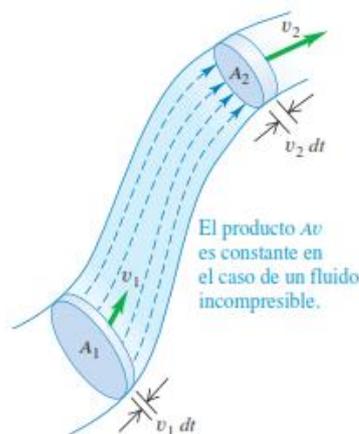


Figura 2.61. Fluido continuo.

Fuente: (Young & Freedman, 2009, pág. 467)

“Considerando la porción de un tubo de flujo entre las dos secciones transversales  $A_1$  y  $A_2$ , los valores de la rapidez del fluido en estas secciones son  $v_1$  y  $v_2$ , respectivamente. El fluido no fluye a través de los costados del tubo porque la velocidad del fluido es tangente a la pared en todos sus puntos. Durante un breve intervalo de tiempo  $dt$  el fluido en  $A_1$  se mueve una distancia  $v_1 dt$ , así que un cilindro de fluido de altura  $v_1 dt$  y volumen  $dV_1 = A_1 v_1 dt$  fluye hacia el tubo a través de  $A_1$ . Durante ese mismo lapso un cilindro de volumen  $dV_2 = A_2 v_2 dt$  sale del tubo a través de  $A_2$ .

### 2.7.11.5.1. Ecuación de continuidad para un fluido incompresible

“Considerando un fluido incompresible cuya densidad  $\rho$  tiene el mismo valor en todos los puntos, la masa  $dm_1$  que fluye al tubo por  $A_1$  en el mismo tiempo  $dt$  es  $dm_1 = \rho A_1 v_1 dt$ . De manera similar, la masa  $dm_2$  que sale por  $A_2$  en el mismo tiempo es  $dm_2 = \rho A_2 v_2 dt$ . En flujo estable, la masa total en el tubo es constante, así que  $dm_1 = dm_2$ , y  $\rho A_1 v_1 dt = \rho A_2 v_2 dt$ .” (Young & Freedman, 2009, pág. 467). De donde se tiene la ecuación de continuidad para un fluido incompresible:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2-110)$$

El producto  $Av$  es la *tasa de flujo de volumen*  $dV/dt$ , en otras palabras, la rapidez con que el volumen cruza una sección del tubo:

$$\frac{dV}{dt} = Av \quad (2-111)$$

La tasa de flujo de masa es el flujo de masa por unidad de tiempo a través de una sección transversal y es igual a la densidad  $\rho$  multiplicada por la tasa de flujo del volumen  $dV/dt$ .

### 2.7.11.5.2. Ecuación de continuidad para un fluido compresible

“Si  $\rho_1$  y  $\rho_2$ , son las densidades en las secciones 1 y 2 en la figura anterior, entonces la siguiente ecuación corresponde a la ecuación de continuidad para un fluido compresible.

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (2-112)$$

Si el fluido es más denso en el punto 2 que en el punto 1, la tasa de flujo de volumen en el punto 2 será menor que en el punto 1”. (Young & Freedman, 2009, pág. 467)

### 2.7.12. Ecuación de Bernoulli

Esta ecuación proporciona una “relación entre la presión, la densidad, la velocidad y la altura, es muy famosa y tiene numerosas aplicaciones, se debe ser muy cuidadoso y tener siempre en cuenta sus restricciones, ya que todos los fluidos son viscosos y, por tanto, todos los flujos tienen algún efecto de la fricción. Para emplear correctamente la ecuación de Bernoulli hay que limitar su aplicación a regiones del flujo en las que la fricción sea despreciable.” (White, 2004, pág. 177)

“Puesto que un fluido tiene masa, debe obedecer a las mismas leyes de la conservación establecidas para los sólidos. En consecuencia, el trabajo necesario para mover cierto volumen de fluido a lo largo de la tubería debe ser igual al cambio total en energía potencial y cinética.” (Tippens, 2007, pág. 318)

#### 2.7.12.1. Deducción de la ecuación de Bernoulli

Para deducir la ecuación de Bernoulli se aplica el teorema del trabajo y la energía al fluido en una sección de un tubo de flujo. En la (figura 2-62) se considera el elemento de fluido que en algún instante inicial está entre las dos secciones transversales a y c. Los valores de la rapidez en los extremos inferior y superior son

$v_1$  y  $v_2$ . En un pequeño intervalo de tiempo  $dt$  el fluido que está en  $a$  se mueve a  $b$  una distancia  $ds_1 = v_1 dt$ , y el fluido que está inicialmente en  $c$  se mueve a  $d$  una distancia  $ds_2 = v_2 dt$ . Las áreas transversales en los dos extremos son  $A_1$  y  $A_2$ , como se indica. El fluido es incompresible, por la ecuación de continuidad el volumen de fluido  $dV$  que pasa por cualquier sección transversal durante el tiempo  $dt$  es el mismo. Es decir  $dV = A_1 ds_1 = A_2 ds_2$

Para calcular el trabajo efectuado sobre este elemento de fluido durante  $dt$ . Se debe suponer que la fricción interna del fluido es despreciable (es decir, no hay viscosidad), que las únicas fuerzas no gravitacionales que efectúan trabajo sobre el elemento fluido se deben a la presión del fluido circundante. Las presiones en los dos extremos son  $p_1$  y  $p_2$ ; la fuerza sobre la sección transversal en  $a$  es  $p_1 A_1$ , y la fuerza en  $c$  es  $p_2 A_2$ . El trabajo neto  $dW$  efectuado sobre el elemento por el fluido circundante durante este desplazamiento es, por lo tanto:

$$dW = p_1 A_1 ds_1 - p_2 A_2 ds_2 = (p_1 - p_2) dV$$

El segundo término tiene signo negativo porque la fuerza en  $c$  se opone al desplazamiento del fluido. El trabajo  $dW$  se debe a fuerzas distintas de la fuerza de gravedad conservadora que es igual al cambio en la energía mecánica total (energía cinética más energía potencial gravitacional) asociada al elemento fluido. La energía mecánica para el fluido entre las secciones  $b$  y  $c$  no cambia. Al principio de  $dt$ , el fluido entre  $a$  y  $b$  tiene volumen  $A_1 ds_1$ , masa  $\rho A_1 ds_1$  y energía cinética  $\frac{1}{2} \rho (A_1 ds_1) v_1^2$ . Al final de  $dt$ , el fluido entre  $c$  y  $d$  tiene energía cinética  $\frac{1}{2} \rho (A_2 ds_2) v_2^2$ . El cambio neto de energía cinética  $dK$  durante  $dt$  es:

$$dU = \rho dV g (y_2 - y_1)$$

Combinando las ecuaciones anteriores en la ecuación de la energía  $dW = dK + dU$ , se obtiene:

$$(p_1 - p_2)dV = \frac{1}{2}\rho dV(v_2^2 - v_1^2) + \rho dVg(y_2 - y_1)$$

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g(y_2 - y_1) \quad (2-113)$$

Ésta es la **ecuación de Bernoulli** y dice que el trabajo efectuado sobre una unidad de volumen de fluido por el fluido circundante es igual a la suma de los cambios de las energías cinética y potencial por unidad de volumen que ocurren durante el flujo. También se puede interpretar la ecuación en términos de presiones. El primer término de la derecha es la diferencia de presión asociada al cambio de rapidez del fluido; el segundo término a la derecha es la diferencia de presión adicional causada por el peso del fluido y la diferencia de altura de los dos extremos.

También se puede expresar la **ecuación de Bernoulli** en una forma más práctica:

$$p_1 + \rho gy_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho gy_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad (2-114)$$

En vista de que los subíndices 1 y 2 se refieren a dos puntos cualesquiera del tubo de flujo, la ecuación de Bernoulli se puede enunciar en una forma más simple” (Young & Freedman, 2009, pág. 469), así:

$$p + \rho gy + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{constante} \quad (2-115)$$

$$\frac{p}{\rho g} + y + \frac{v^2}{2g} = \text{constante}$$

“La ecuación de Bernoulli se aplica en casi todos los aspectos del flujo de fluidos. La presión **p** debe reconocerse como la presión absoluta y no la presión manométrica. Hay que recordar que **ρ** es la densidad y no el peso específico del fluido. Observe que las

unidades de cada término de la ecuación de Bernoulli son unidades de presión.” (Tippens, 2007, pág. 320).

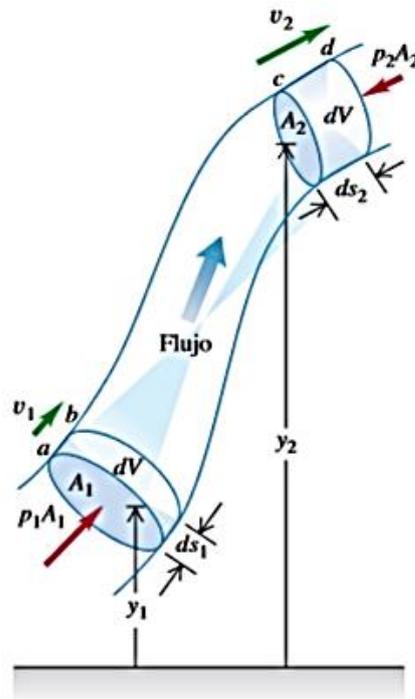


Figura 2.62. Teorema de Bernoulli.

Fuente: (Young & Freedman, 2009, pág. 468)

### 2.7.13. Pérdida de carga

“En el Análisis y Diseño de las instalaciones hidráulicas es necesario conocer las expresiones que relacionan el aumento o disminución de energía hidráulica (Bernoulli) que sufre el fluido al atravesar el elemento o componente con el caudal.

Es muy habitual designar a las pérdidas de energía hidráulica que sufre el fluido como **Pérdidas de Carga**, siendo éstas debidas a la *fricción* entre fluido y las paredes sólidas o también por la fuerte disipación de energía hidráulica que se produce cuando el flujo se ve perturbado por un cambio en su dirección, sentido o área de paso debido a la presencia de componentes tales como adaptadores, codos y curvas, válvulas u otros accesorios.” (Rivas & Sánchez , 2008)

“El diseño de la hidráulica requería una ecuación que predijera las pérdidas por fricción como función del fluido la velocidad, el diámetro de la tubería y el tipo de

material. **Weisbach** propuso la ecuación que se utiliza hoy en día. Esta ecuación solo cubre y predice las pérdidas debidas a la fricción fluida sobre las paredes de la tubería y a los efectos de la viscosidad del fluido y no incluye las pérdidas menores en entradas codos y otros accesorios. El factor de fricción es una función compleja de la velocidad del flujo, de la densidad y la viscosidad, del diámetro y la rugosidad de la tubería. Cuando se trata de conductos cerrados simples, el único tipo de energía que puede perderse por razón del movimiento del fluido es la energía de presión, ya que la energía cinética debe permanecer constante si el área es constante, la energía potencial solo depende de la posición y la energía de presión, expresada como energía por unidad de peso del fluido tiene unidades de altura (h).” (Cruz Pérez & Parra Molano, 2008).

$$h_f = f \frac{l V^2}{d 2g} \quad (2-116)$$

En donde:

$h_f$  : Energía por unidad de peso perdida por fricción

$f$  : Factor de fricción de Darcy

$l$  : Longitud del tramo de la tubería en el cual se pierde  $h_f$

$d$  : Diámetro de la tubería

$\bar{V}$  : Velocidad media

#### 2.7.14. Teorema de Torricelli

En gran número de situaciones físicas, la velocidad, la altura o la presión de un fluido son constantes. En tales casos, la ecuación de Bernoulli adquiere una forma más simple. Por ejemplo, cuando un líquido es estacionario tanto  $v_1$  como  $v_2$  valen cero. La ecuación de Bernoulli nos muestra que la diferencia de presiones es:

$$p_2 - p_1 = \rho g(h_1 - h_2)$$

Otro resultado se presenta cuando no hay cambio de presión  $p_1 = p_2$

En la siguiente figura un líquido sale de un orificio situado cerca del fondo de un tanque abierto. Su velocidad al salir del orificio puede determinarse a partir de la ecuación de Bernoulli. Se debe suponer que el nivel del líquido en el tanque desciende lentamente en comparación con la velocidad de salida, de tal modo que la velocidad  $v_2$  en la parte superior puede considerarse cero, además debe tomarse en cuenta que la presión del líquido tanto en la parte superior como en el orificio es igual a la presión atmosférica. Entonces,  $p_1 = p_2$  y  $v_2 = 0$ , lo que reduce la ecuación de Bernoulli a lo que se conoce como el **Teorema de Torricelli**:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (2-117)$$

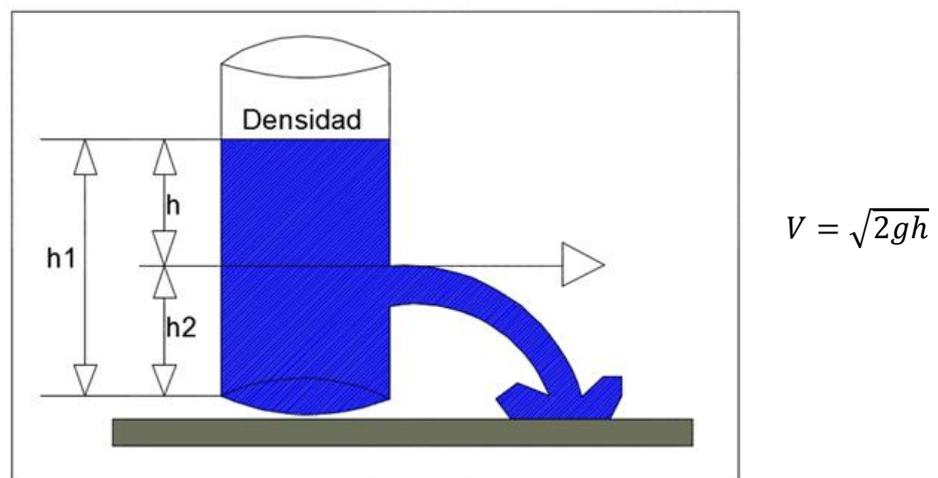


Figura 2.63. Teorema de Torricelli.

El gasto al cual un líquido fluye desde un orificio está dada por  $vA$  según la siguiente ecuación:

$$R = vA = A\sqrt{2gh} \quad (2-118)$$

La relación de Torricelli nos permite expresar el gasto en términos de la altura del líquido sobre el orificio.

### 2.7.15. Medidor de Venturi

El efecto Venturi (también conocido tubo de Venturi) consiste en que “la velocidad de un fluido aumenta cuando fluye a través de un angostamiento. Un incremento en la velocidad únicamente se puede deber a la presencia de una fuerza de aceleración. Para acelerar un líquido que entra al angostamiento, la fuerza de empuje proveniente de la sección transversal amplia debe ser mayor que la fuerza de resistencia del angostamiento, en otras palabras la presión en el punto  $A_1$  en la (Fig 2-67) debe ser mayor que la presión en  $A_2$ . Los tubos insertados en la tubería sobre dichos puntos indican claramente la diferencia de presión. El nivel del fluido en el tubo situado sobre la parte angosta es más bajo que el nivel en las áreas adyacentes. Si “h” es la diferencia de altura, la diferencia de presión está dada por:

$$P_A - P_B = \rho * g * h \quad (2-119)$$

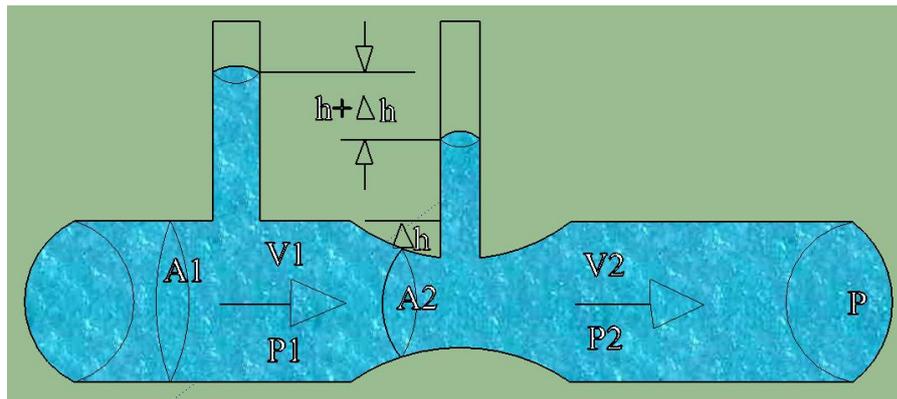


Figura 2.64. Medidor de Venturi.

Esto es cierto si se supone que la tubería está en posición horizontal y que no se producen cambios de presión debido al cambio de energía potencial. Como se muestra en la (Fig. 2-67), muestra el principio del **Medidor Venturi**. Partiendo de la determinación de la diferencia de la presión, este dispositivo hace posible el cálculo de la velocidad del agua en una tubería horizontal.” (Tippens, 2007, pág. 318)

“El efecto Venturi tiene muchas otras aplicaciones tanto para líquidos como para gases. El carburador de un automóvil utiliza el principio Venturi para mezclar vapor

de gasolina y aire. El aire que pasa a través de un angostamiento en su camino hacia los cilindros origina un área de baja presión a medida que aumenta su velocidad. La disminución en la presión se usa para enviar combustible a la columna de aire, donde se vaporiza rápidamente.” (Tippens, 2007, pág. 318)

## **2.8. TEMPERATURA Y CALOR**

### **2.8.1. Temperatura**

La temperatura se puede definir distinguiendo si los elementos o cuerpos están calientes o fríos, como ejemplo se tiene a un motor: cuando aún no se enciende éste estará frío y cuando se le da arranque se calienta, es decir que aumenta su temperatura que será mayor a la inicial, por lo tanto “muchas propiedades de la materia que se puede medir como por ejemplo: la variación de la viscosidad del aceite, la longitud de una barra de metal, la presión de vapor en una caldera, la capacidad de un alambre para conducir corriente eléctrica, el color de un objeto brillante muy caliente, etc., todo esto depende de la temperatura.” (Young & Freedman, 2009, pág. 571)

### **2.8.2. Energía interna**

“La magnitud que designa la energía almacenada por un sistema de partículas se denomina energía interna ( $U$ ). La energía interna es el resultado de la contribución de la energía cinética de las moléculas o átomos que lo constituyen, de sus energías de rotación, traslación y vibración, además de la energía potencial intermolecular debida a las fuerzas de tipo gravitatorio, electromagnético y nuclear.

La energía interna es una función de estado: su variación entre dos estados es independiente de la transformación que los conecte, sólo depende del estado inicial y del estado final.” (Martín Blas & Serrano Fernández, 2011)

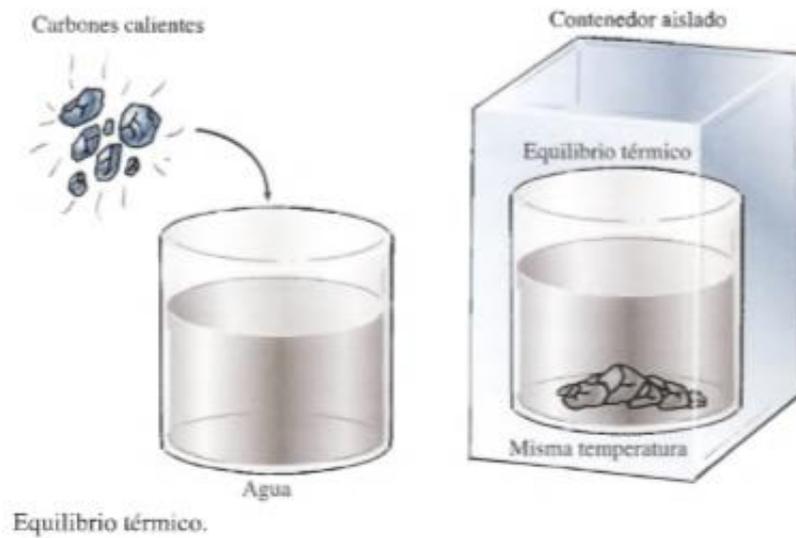


Figura 2.65. Equilibrio térmico.

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 330)

“La energía térmica se transferirá de los carbones al agua hasta que el sistema alcance una condición estable llamada equilibrio térmico.” (Tippens, 2007, pág. 330)

### 2.8.3. Escalas térmicas

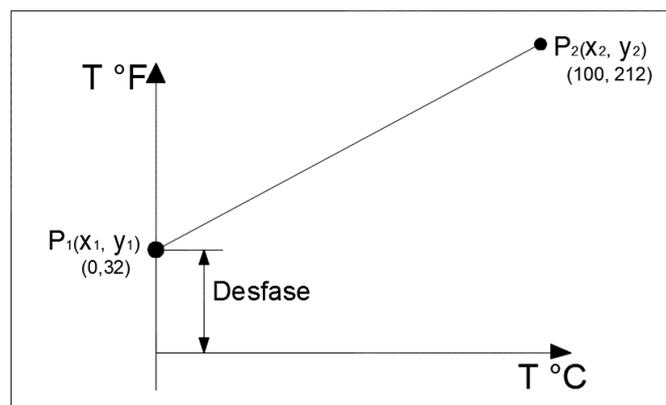


Figura 2.66. Ejemplo para obtener las transformaciones térmicas.

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$$

$$^{\circ}F - 32 = \frac{212 - 32}{100 - 0} (x - 0)$$

$$^{\circ}F - 32 = \frac{180}{100} ^{\circ}C$$

$$^{\circ}F = \frac{9}{5} ^{\circ}C + 32$$

### 2.8.3.1. Escala Celsius

Se tiene un intervalo de 0 a 100 partes iguales que se denominan grados, el punto cero representa el punto de congelación del agua y el cien representa el punto de ebullición a una presión atmosférica de 101325 Pa. “El resultado es la escala de temperatura Celsius (antes llamada centígrada). La temperatura en la escala Celsius para un estado más frío que el agua al momento de congelarse es un número negativo. La escala Celsius se usa, tanto en la vida cotidiana como en la ciencia e industria en casi todo el mundo.” (Young & Freedman, 2009, pág. 573)

### 2.8.3.2. Escala Fahrenheit

En esta escala “la temperatura de congelación del agua es 32°F y el de ebullición 212°F . Esta escala se divide en 180°” (Young & Freedman, 2009, pág. 573). Para la temperatura en grados Fahrenheit se tiene que:”

$$T_F = \frac{9}{5} T_C + 32^{\circ} \quad (2-120)$$

De Fahrenheit se tiene:

$$T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32^{\circ}) \quad (2-121)$$

Para la resolución de problemas se debe tener en cuenta que  $100^{\circ}C = 212^{\circ}F$ .

### 2.8.3.3. Escala Kelvin o de temperatura absoluta

“La escala de temperatura Kelvin, llamada así por el físico inglés Lord Kelvin (1824-1907). Las unidades tienen el mismo tamaño que las escalas Celsius pero el cero se desplaza de modo que  $0\text{K} = -273.15^\circ\text{C}$  y  $273.15\text{K} = 0^\circ\text{C}$ ” (Young & Freedman, 2009, pág. 574) es decir:

$$T_K = T_C + 273.15 \quad (2-122)$$

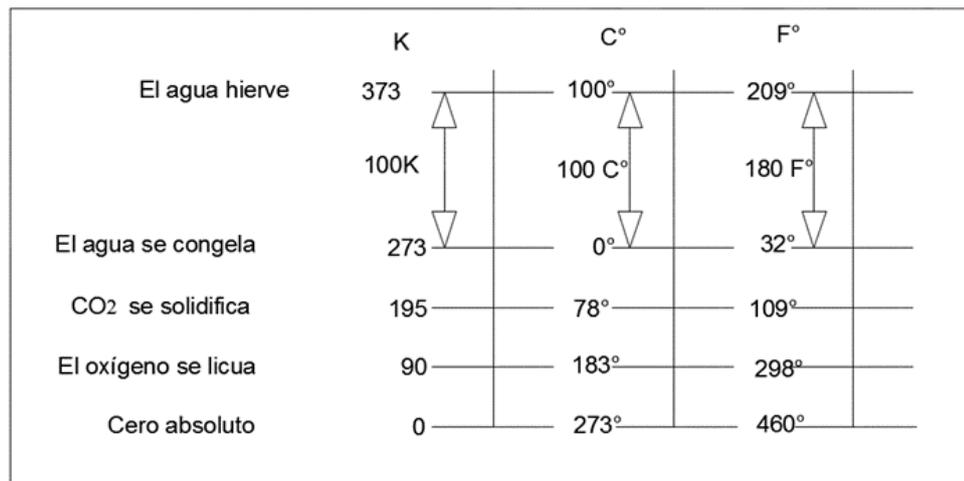


Figura 2.67. Escala de temperatura.

### Cero absoluto

“El cero absoluto es la temperatura teórica más baja posible y se caracteriza por la total ausencia de calor. Es la temperatura a la cual cesa el movimiento de las partículas. Aquí el nivel de energía es el más bajo posible. El cero absoluto (0 K) corresponde aproximadamente a la temperatura de  $-273.16^\circ\text{C}$ . Nunca se ha alcanzado tal temperatura y la termodinámica asegura que es inalcanzable.” (Chamorro & Rodríguez, 2000)

### 2.8.3.4. Temperatura absoluta

Las escalas Celsius y Fahrenheit tienen una seria limitación. Ni  $0^\circ\text{C}$  ni  $0^\circ\text{F}$  representan realmente una temperatura de 0. En consecuencia, para temperaturas mucho más bajas que el punto de congelación resulta una temperatura negativa.

“Partiendo de los estudios de Fahrenheit, se buscó establecer un punto de temperatura mínima. En 1848 William Thomson Kelvin, determinó la temperatura mínima a través de cálculos, que lo llevaron a la conclusión de que no puede existir una temperatura más baja que  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , así Kelvin colocó el punto cero de su escala en el punto cero absoluto, en el cual se piensa, cesa el movimiento molecular. Por razones prácticas conservó el tamaño de las divisiones fijado por la escala Celsius. La escala Kelvin o termodinámica que es la utilizada en las ciencias, comúnmente se le llama escala de temperatura absoluta. Temperaturas medidas sobre esta escala son designadas como kelvin (K) y no como grados.” (Medrano Guerrero, 2002).

Para una mejor comprensión se tiene el siguiente ejemplo “Los puntos A y B (Fig. 2-72) corresponden al volumen de cierto gas a las temperaturas de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivamente. Una línea recta que une estos dos puntos y se extiende a izquierda y derecha proporciona una descripción matemática del cambio de volumen en función de la temperatura, se observa que la recta puede prolongarse indefinidamente a la derecha lo que indica que no hay límite superior para la temperatura, sin embargo no se puede extender la recta indefinidamente a la izquierda porque finalmente se cruzará con el eje de la temperatura. En este punto teórico el gas tendría un volumen de cero, extender la recta aún más indicaría un volumen negativo lo cual no tiene sentido, por lo tanto el punto en el que la recta corta el eje de la temperatura se llama el cero absoluto de temperatura. (En realidad cualquier gas real se licúa antes de alcanzar ese punto. El cero absoluto se define con una extrapolación del volumen igual a cero.” (Tippens, 2007, pág. 336)

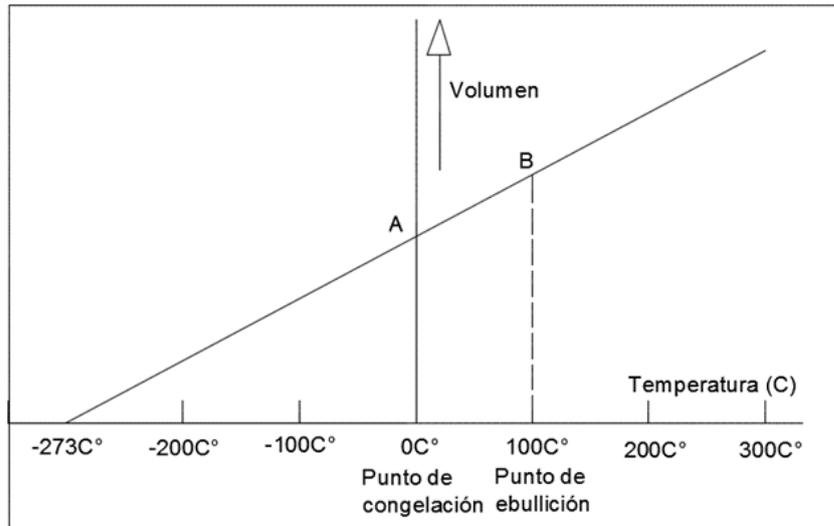


Figura 2.68. Escala de temperatura absoluta.

## 2.8.4. Dilatación

### 2.8.4.1. Dilatación lineal

Al aumentar la temperatura aplicada a un elemento u objeto sólido tiende a cambiar o variar su tamaño. “A cualquier temperatura los átomos vibran con cierta frecuencia y amplitud. A medida que la temperatura aumenta, se incrementa la amplitud (desplazamiento máximo) de las vibraciones atómicas, lo que da por resultado un cambio total en las dimensiones del sólido.” (Tippens, 2007, pág. 339)

Una varilla a la cual se le aplica o se somete a una temperatura varía su tamaño denominándolo como dilatación lineal.

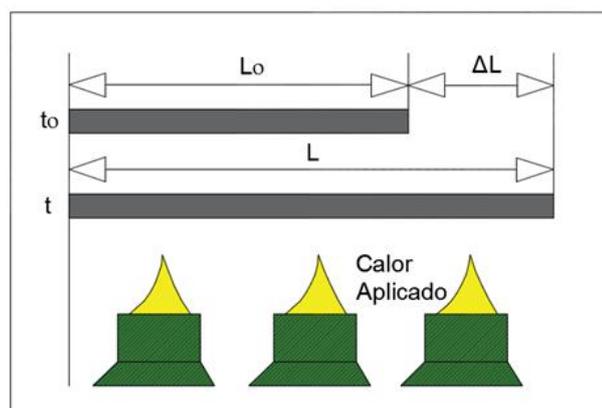


Figura 2.69. Dilatación lineal.

La variación de la longitud está dado por:

$$\Delta L = \alpha * L_0 * \Delta T \quad (2-123)$$

En donde se tiene que:

$\Delta L$ , cambio de la longitud

$\alpha$ , coeficiente de dilatación lineal

$L_0$ , longitud original

$\Delta T$ , cambio de temperatura

Se tiene el coeficiente de dilatación de varios elementos en la siguiente tabla.

Tabla 2-5. Coeficientes de dilatación lineal.

Sustancia	$\alpha$	
	$10^{-5}/C^0$	$10^{-5}/F^0$
Acero	1.2	0.66
Aluminio	2.4	1.3
Cinc	2.6	1.44
Cobre	1.7	0.94
Concreto	0.7-1.2	0.4-0.7
Hierro	1.2	0.66
Latón	1.8	1.0
Plata	2.0	1.1
Plomo	3.0	1.7
Vidrio, pírex	0.3	0.17

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 339)

Para obtener la longitud final de un objeto solido se tiene:

$$L = L_0 + \alpha * L_0 * \Delta T \quad (2-124)$$

Se tiene la aplicación de la dilatación lineal a la ingeniería mecánica en donde “los ingenieros empleen juntas de dilatación o rodamientos para brindar tolerancia a la dilatación y a la contracción.” (Tippens, 2007, pág. 340). Se utiliza también para abrir o cerrar interruptores o termostatos, control del estrangulador de un carburador (bimetálicos).

#### 2.8.4.2. Dilatación superficial

Un claro ejemplo de este tipo de dilatación se puede encontrar en el momento que se amplía una fotografía, se observa que cada parte de la imagen se agranda o aumenta sus medidas, es decir “si el material tiene un agujero, el área de éste se dilata en la misma razón que si estuviera relleno de materia” (Tippens, 2007, pág. 341). Por lo tanto el ancho y longitud del objeto viene dado mediante:

$$L = L_0(1 + \alpha * \Delta T)$$

$$W = W_0(1 + \alpha * \Delta T) \quad (2-125)$$

Se tiene también el área inicial y original de un objeto, representada mediante la ecuación:

$$A = A_0(1 + 2\alpha * \Delta T)$$

Que simplificando se tiene:

$$\Delta A = 2\alpha * A_0 * \Delta T$$

El coeficiente de dilatación superficial será el doble de la dilatación lineal:

$$\gamma = 2\alpha$$

Reemplazando las ecuaciones anteriores se tiene las ecuaciones para la dilatación superficial:

$$\Delta A = \gamma * A_0 * \Delta T$$

$$A = A_0 + \gamma * A_0 * \Delta T \quad (2-126)$$

A continuación se puede apreciar un ejemplo donde el agujero se agranda en la misma proporción que el material.

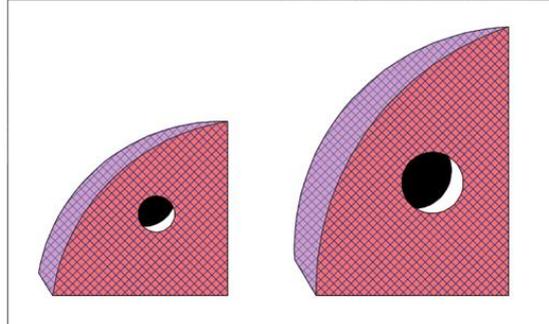


Figura 2.70. Dilatación superficial.

### 2.8.4.3. Dilatación volumétrica

En este caso la dilatación del material sometido a una temperatura asignada será la misma en todas las direcciones, “por tanto, el volumen de un líquido, gas o sólido tendrá un incremento en volumen predecible al aumentar la temperatura.” (Tippens, 2007, pág. 342). Las fórmulas para la dilatación volumétrica son:

$$\Delta V = \beta * A_0 * \Delta T$$

$$V = V_0 + \beta * A_0 * \Delta T \quad (2-127)$$

Se representa ( $\beta$ ) para los cálculos con el triple de la dilatación lineal.

$$\beta = 3\alpha$$

Tabla 2-6. Coeficiente de dilatación volumétrico.

Líquido	$\beta$	
	$10^{-4}/C^{\circ}$	$10^{-4}/F^{\circ}$
Agua	2.1	1.2
Alcohol etílico	11	6.1
Benceno	12.4	6.9
Glicerina	5.1	2.8
Mercurio	1.8	1.0

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 343)

#### 2.8.4.4. Dilatación en los líquidos

“Como la forma de un fluido no está definida, solamente tiene sentido hablar del cambio del volumen con la temperatura. La respuesta de los gases a los cambios de temperatura o de presión es muy notable, en tanto que el cambio en el volumen de un líquido, para cambios en la temperatura o la presión, es muy pequeño.  $\beta$  representa el coeficiente de dilatación volumétrica de un líquido.

$$\beta = \frac{1}{V} \left( \frac{\Delta V}{\Delta t} \right)$$

Los líquidos se caracterizan por dilatarse al aumentar la temperatura, siendo su dilatación volumétrica unas diez veces mayor que la de los sólidos. Sin embargo, el líquido más común, el agua, no se comporta como los otros líquidos.” (Corace, 2009)

#### Dilatación anómala del agua

En un intervalo “de 0° a 4° Celsius el agua tiende a contraerse al aumentar la temperatura y su coeficiente de expansión es negativo, en consecuencia el agua tiene mayor densidad cuando se encuentra a una temperatura de 4° C. El agua también se expande tanto cuando se calienta como cuando se congela.” (Tippens, 2007, pág. 344)

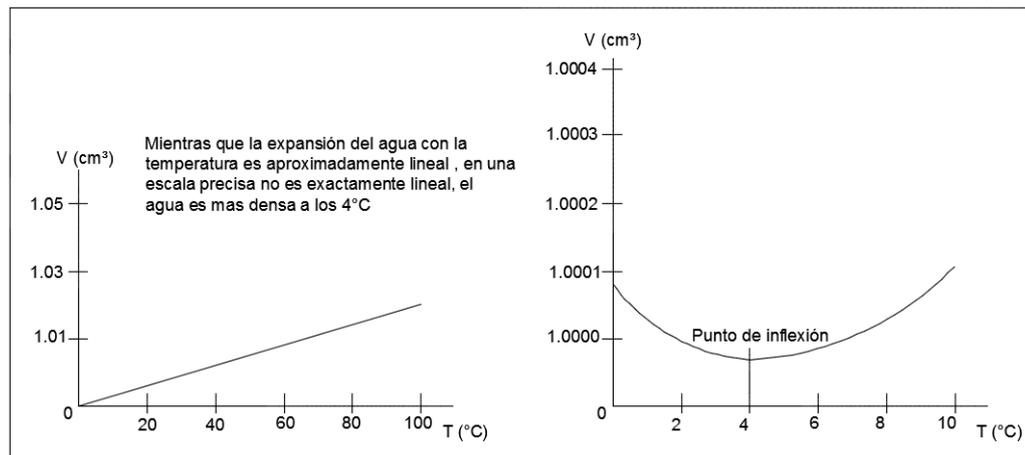


Figura 2.71. Ejemplo de expansión del agua.

## 2.9. CALOR

Se debe recalcar la diferencia entre energía interna y calor: “energía interna es toda la energía de un sistema que se asocia con sus componentes microscópicos, átomos y moléculas, cuando se ve desde un marco de referencia en reposo respecto del centro de masa del sistema; **calor** es la transferencia de energía a través de la frontera de un sistema debido a una diferencia de temperatura entre el sistema y sus alrededores.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 554)

El motor de un vehículo se encuentra a una determinada temperatura, mayor a la temperatura del líquido refrigerante, cuando éste circule por todos los conductos de refrigeración va a ganar energía, del mismo modo se le llama calor a la cantidad de energía transferida por este método. “El calor como el trabajo son formas de cambiar la energía de un sistema.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 554)

Como unidades del calor se tiene a la **caloría (cal)**, denominada como cantidad de transferencia de energía, se la designa también con la letra “**C**” y en el sistema estadounidense será el “**BTU**” (British Thermal Unit).

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

“La transferencia de energía que se da exclusivamente por una diferencia de temperatura se denomina flujo de calor o transferencia de calor, en tanto que la energía así transferida se llama calor.” (Young & Freedman, 2009, pág. 582)



Figura 2.72. Ejemplo de calor.

Fuente: (Young & Freedman, 2009, pág. 582)

### 2.9.1. Cantidad de calor

“Una caloría (cal) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en un grado Celsius. Una kilocaloría (kcal) es la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de un kilogramo de agua en un grado Celsius (1 kcal = 1 000 cal). La unidad térmica británica (Btu) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra patrón (lb) de agua en un grado Fahrenheit.” (Tippens, 2007, pág. 351)

Sus equivalencias son:

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ K cal} = 4186 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ Btu} = 778 \text{ ft} \cdot \text{lb}$$

$$1 \text{ Btu} = 1055.06 \text{ Joule}$$

### 2.9.2. Calorimetría

Si se calienta un objeto o alguna muestra de cualquier elemento a una determinada temperatura  $T_A$  y luego a esta la sumergimos en un recipiente con agua que tenga masa conocida y una temperatura  $T_B < T_A$  luego de un tiempo vamos a tener un equilibrio de temperatura, logrando definir a este proceso como **calorimetría**. “Si el sistema de la muestra y el agua está aislado, el principio de conservación de energía requiere que la cantidad de energía que sale de la muestra (de calor específico desconocido) sea igual a la cantidad de energía que entra al agua. La conservación de energía permite escribir la representación matemática de este enunciado energético como”: (Serway & Jewett, 2008, pág. 558)

$$Q \text{ frio} = -Q \text{ caliente}$$

$$\text{calor perdido} = \text{calor ganado}$$

Teniendo en cuenta que:

$$Q = m * \Delta t * c \quad (2-128)$$

### 2.9.3. Calor específico

Una de las propiedades de un objeto es la capacidad calorífica, “para que sea una propiedad del material se define la capacidad calorífica por unidad de masa. A esta propiedad se le llama calor específico (o capacidad calorífica específica) y se simboliza con *c*.” (Tippens, 2007, pág. 354) Al calor específico también se lo define como la cantidad de calor necesaria para elevar un grado de temperatura de una unidad de masa, la misma que en forma de ecuación es:

$$c = \frac{Q}{m * \Delta t} \quad (2-129)$$

que despejando se tiene  $Q = m * \Delta t * c$

Unidades a utilizar:

*Masa = kilogramo; Calor = Joule; Temperatura = kelvin.*

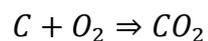
Tabla 2-7. Calores específicos de varias sustancias.

Sustancia	$\frac{J}{(Kg * C^0)}$	$\frac{cal}{(g * C^0)}$ <sup>o</sup> $\frac{Btu}{(Lb * F^0)}$
Acero	480	0.114
Agua	4186	1.00
Alcohol etílico	2500	0.60
Aluminio	920	0.22
Cobre	390	0.093
Hielo	2090	0.5
Latón	390	0.094
Mercurio	140	0.033
Oro	130	0.03
Plata	230	0.056
Plomo	130	0.031
Trementina	1800	0.42
Vapor	2000	0.48
Hierro	470	0.113
Vidrio	840	0.20
Zinc	390	0.092

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 355)

#### 2.9.4. Poder calorífico de un combustible

“Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico de combustible al oxidarse en forma completa. Es decir cuando el carbono pase a anhídrido carbónico. (Fernandez, 2009)



Sus unidades de medidas son:

$$\frac{kcal}{kg} ; \frac{kcal}{m^3} ; \frac{BTU}{lb} ; \frac{BTU}{pie^3}$$

## El poder calorífico de un combustible puede ser Superior o Inferior.

### Poder calorífico superior (P.C.S.)

“El poder calorífico superior se define suponiendo que todos los elementos de la combustión (combustible y aire) son tomados a 0°C y los productos (gases de combustión) son llevados también a 0°C después de la combustión, por lo que el vapor de agua se encontrará totalmente condensado.

Vapor de agua que proviene de:

- la humedad propia del combustible y
- el agua formada por la combustión del hidrógeno del combustible.

De esta manera al condensar el vapor de agua contenido en los gases de combustión se obtiene un aporte de calor de:

597 kcal / kg vapor de agua condensado.” (Fernandez, 2009)

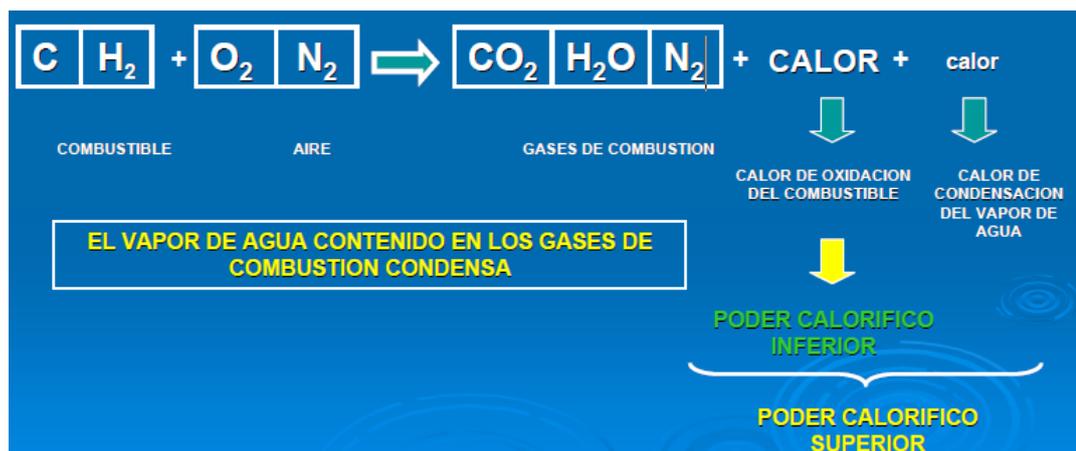


Figura 2.73. Interpretación gráfica del poder calorífico superior.

Fuente: (Fernandez, 2009).

### Poder calorífico inferior (P.C.I.)

“El poder calorífico inferior considera que el vapor de agua contenido en los gases de la combustión no condensa. Por lo tanto no hay aporte adicional de calor por condensación del vapor de agua. Solo se dispondrá del calor de oxidación del combustible, al cual por definición se denomina: Poder Calorífico Inferior del Combustible.

Para obtener el Poder Calorífico de un combustible es necesario que todo el carbono (C) se oxide en forma completa pasando a anhídrido carbónico ( $CO_2$ ).” (Fernandez, 2009)

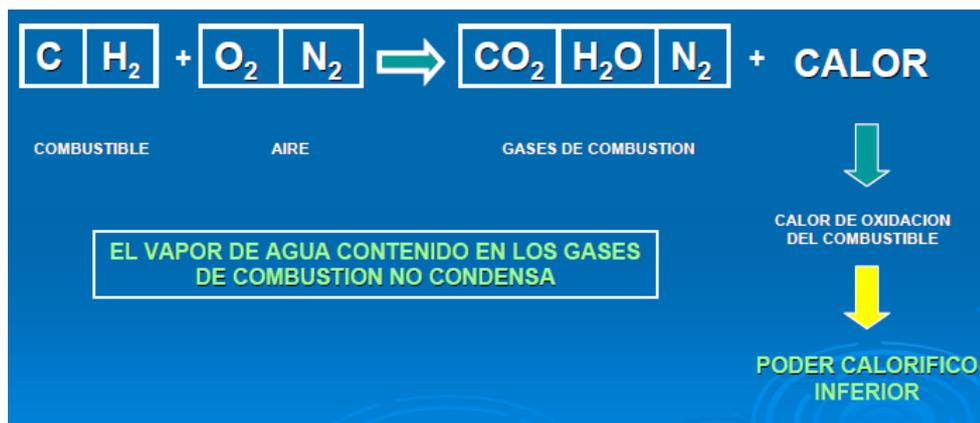


Figura 2.74. Interpretación gráfica del poder calorífico inferior.

Fuente: (Fernandez, 2009).

### Relación entre los poderes caloríficos

$$PCI = PCS - 597 \times G \quad (2-130)$$

“Donde:

PCI = Poder calorífico inferior (kcal / kg comb)

PCS = Poder calorífico superior (kcal / kg comb)

597 = Calor de condensación del agua a 0°C (kcal / kg agua)

$G$  = Porcentaje en peso del agua formada por la combustión del  $H_2$  más la humedad propia del combustible (kg agua/ kg comb).  $G = 9H + H_{20}$

Siendo:

9: Son los kilos de agua que se forman al oxidar un kilo de hidrógeno.

H: Porcentaje de hidrógeno contenido en el combustible.

$H_2O$ : Porcentaje de humedad del combustible.” (Fernandez, 2009)

Por lo tanto la ecuación anterior queda:

$$PCI = PCS - 597 * (9H + H_2O)$$

### **Determinación del poder calorífico**

“Existen dos procedimientos para la determinación del poder calorífico de los combustibles, que son: El método analítico y el método práctico.” (Fernandez, 2009).

#### **Método analítico**

“El Método Analítico consiste en aplicar el Principio de Conservación de la Energía, que expresa:

"El poder calorífico de un cuerpo compuesto es igual a la suma de los poderes caloríficos de los elementos simples que lo forman, multiplicados por la cantidad centesimal en que intervienen, descontando de la cantidad de hidrógeno total del combustible la que se encuentra ya combinada con el oxígeno del mismo”.

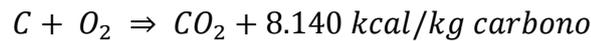
Por lo tanto para la aplicación del presente procedimiento es necesario efectuar previamente un ANALISIS ELEMENTAL del combustible cuyo poder calorífico deseamos determinar:” (Fernandez, 2009)

$$C \% - H \% - O_2 \% - S \% - Humedad \%$$

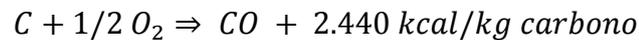
**Poder calorífico del carbono**

“Y el carbono (C) se combina con suficiente cantidad de oxígeno quema totalmente formando anhídrido carbónico con desprendimiento de calor.

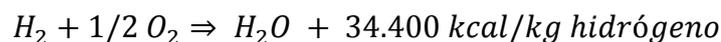
La reacción química de la combustión completa del carbono es:



Si el oxígeno disponible para la combustión no fuera suficiente, el carbono se oxida formando monóxido de carbono con liberación de calor en mucho menos cantidad, según la siguiente reacción:” (Fernandez, 2009)

**Poder calorífico del hidrógeno****Poder calorífico superior**

“El Hidrógeno se combina con el oxígeno en forma total, dando como resultado agua con desprendimiento de calor.



Este valor incluye el calor cedido por la condensación del vapor de agua formado en la combustión, por lo que de acuerdo a lo explicado anteriormente, corresponde al poder calorífico superior del hidrógeno:” (Fernandez, 2009)

$$PCS = 34.400 \text{ kcal/kg hidrógeno}$$

**Poder calorífico inferior**

“En el caso de que no se pueda aprovechar ese calor de condensación, al calor liberado en la oxidación del hidrógeno habrá que descontarle el calor que pierde al

no condensar el vapor de agua, con lo cual se obtendría el poder calorífico inferior del hidrógeno.

$$PCI = PCS - 600 * (9H + H_2O) \quad (2-131)$$

Considerando:

$H_2O = 0$  por considerar que no existe humedad en el combustible

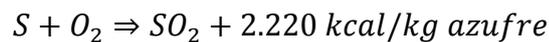
H = 1 kg hidrógeno” (Fernandez, 2009)

Resulta:

$$PCI = 34.400 - 600 * 9 = 34.400 - 5.400 = 29.000 \text{ kcal/kg hidrógeno}$$

### **Poder calorífico del azufre**

“El azufre es un contaminante del combustible y su presencia es indeseable, no obstante cuando éste elemento está presente y se oxida libera calor de acuerdo a la siguiente reacción química:” (Fernandez, 2009)



### **Fórmula de Dulong**

#### **“Poder calorífico superior de un combustible seco**

Por el principio de conservación de la energía, el físico DULONG expresa el poder calorífico superior de un combustible seco, sólido o líquido, que contenga carbono, hidrógeno y azufre en su composición, por la expresión:

$$PCS = 8.140 * C + 34.400 * (H - O/8) + 2.220 * S \quad (2-132)$$

Donde:

C: cantidad centesimal de carbono en peso por kilogramo combustible

H: cantidad centesimal de hidrógeno total en peso por kilogramo de combustible

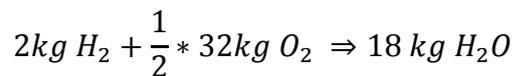
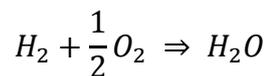
O: cantidad centesimal de oxígeno en peso por kilogramo de combustible

S: cantidad centesimal de azufre en peso por kilogramo de combustible

O/8: cantidad centesimal de hidrógeno en peso que se encuentra combinado con el oxígeno del mismo combustible dando "agua de combinación"

(H-O/8): cantidad centesimal de "hidrógeno disponible", en peso realmente disponible para que se oxide con el oxígeno del aire, dando "agua de formación".

Recuerde la oxidación del hidrógeno:



Ecuación que dice que: 8 kg de oxígeno se van a combinar con 1 kg de hidrógeno para "formar" 9 kg de agua." (Fernandez, 2009)

### **Fórmula de Dulong: poder calorífico inferior de un combustible seco**

$$PCI = 8.140 * C + 29.000 * \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2.220 * S \quad (2-133)$$

### **Fórmula de Dulong: poder calorífico inferior de un combustible húmedo**

$$PCI = 8.140 * C + 29.000 * \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2.220 * S - 600 * H_2O \quad (2-134)$$

**Fórmula de Hutte: poder calorífico inferior de un combustible húmedo**

$$PCI = 8.100 * C + 29.000 * \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2.500 * S - 600 * H_2O \quad (2-135)$$

**Fórmula de la asociación de ingenieros alemanes: poder calorífico inferior de un combustible húmedo**

$$PCI = 8.080 * C + 29.000 * \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2.500 * S - 600 * H_2O \quad (2-136)$$

**Método práctico**

“El Método Práctico consiste en el empleo de "Calorímetros" mediante los cuales se puede determinar en forma directa en el laboratorio el poder calorífico de los combustibles.

Los métodos calorimétricos consisten en quemar una cierta cantidad de combustible y medir la cantidad de calor producida a través de la energía térmica ganada por un líquido conocido, agua, el que, de acuerdo el método a utilizar, puede estar contenida en un recipiente, o permanecer en continua circulación durante el proceso.”  
(Fernandez, 2009)

En un proceso ideal se cumplirá que:

$$\text{Calor liberado por el combustible} = \text{Calor ganado por el agua}$$

$$Q_{comb} = Q_{agua}$$

$$Q_{comb} = m_a * c_{pa} * (T_{final} - T_{inicial})$$

**Calorímetro de MAHLER Y KROEKER**

“PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO: El procedimiento de cálculo se basa en suponer que al no existir intercambio térmico con el medio, el calor generado dentro

de la bomba calorimétrica ( $Q$ ) es entonces absorbido por los elementos que rodean la misma que son:

- El agua contenida en el calorímetro
- El agitador
- El termómetro
- La bomba y
- El recipiente calorimétrico

$$Q = Q_{\text{agua}} + Q_{\text{agitador}} + Q_{\text{termómetro}} + Q_{\text{bomba}} + Q_{\text{recipiente}}.$$

$$Q = m_{\text{agua}} * c_{p_{\text{agua}}} * \Delta t + m_{\text{termómetro}} * c_{p_{\text{termómetro}}} * \Delta t + m_{\text{agitador}} * c_{p_{\text{agitador}}} * \Delta t + m_{\text{recipiente}} * c_{p_{\text{recipiente}}} * \Delta t + m_{\text{bomba}} * c_{p_{\text{bomba}}} * \Delta t$$

Como para distintos ensayos en un mismo aparato, tanto el agitador, como el termómetro, la bomba y el recipiente son comunes, se puede agrupar de la siguiente manera:

$$Q = \Delta t * (m_{\text{agua}} * c_{p_{\text{agua}}} + m_{\text{termómetro}} * c_{p_{\text{termómetro}}} + m_{\text{agitador}} * c_{p_{\text{agitador}}} + m_{\text{recipiente}} * c_{p_{\text{recipiente}}} + m_{\text{bomba}} * c_{p_{\text{bomba}}})$$

Ecuación que se puede indicar como:

$$Q = m_{\text{agua}} * c_{p_{\text{agua}}} * \Delta t + E_{\text{aparato}} * \Delta t \text{'' (Fernandez, 2009)}$$

$$Q = (m_{\text{agua}} * c_{p_{\text{agua}}} + E_{\text{aparato}}) * \Delta t \quad (2-137)$$

### **Determinación del poder calorífico superior**

“Como el calor total liberado de la bomba calorimétrica es el cedido por la combustión del combustible y la del alambre, resulta:” (Fernandez, 2009)

$$Q = Q_{combustible} + Q_{alambre}$$

Despejando:

$$Q_{combustible} = Q - Q_{alambre}$$

Siendo:

$$Q = (m_{agua} * cp_{agua} + E_{aparato}) * \Delta t$$

$$Q_{alambre} = m_{alambre} * C_{alambre}$$

Siendo:

$$C_{alambre} = \text{calor de fusión del alambre (kcal/kg)}$$

$$m_{alambre} = \text{peso del alambre (kg)}$$

$$Q_{combustible} = (m_{agua} + E_{aparato}) * \Delta t - m_{alambre} * C_{alambre}$$

$$PCS = \frac{Q_{combustible}}{G_{combustible}}$$

$$PCS = \frac{(m_{agua} + E_{aparato}) * \Delta t - m_{alambre} * C_{alambre}}{G_{combustible}} \quad (2-138)$$

### Determinación del poder calorífico inferior

$$PCI = PCS - 600 (9H + H_2O)$$

“En la práctica se emplea otro procedimiento mucho más dinámico

$$PCI = PCS - 600 * \frac{G_{agua}}{G_{combustible}} \quad (2-139)$$

Donde:

$G_{agua}$  = Representa el peso del total de agua existente (kg.agua)

$G_{combustible}$  = Es el peso de combustible quemado (kg.comb)” (Fernandez, 2009)

Siendo:

$$G_{agua} = \text{Peso papel húmedo} - \text{Peso papel seco (kg.agua)}$$

### 2.9.5. Cambios de fase

Si una sustancia absorbe una cantidad de calor la rapidez de sus moléculas aumenta y su temperatura se eleva. “Dependiendo del calor específico de la sustancia, la elevación de temperatura es directamente proporcional a la cantidad de calor suministrado e inversamente proporcional a la masa de la sustancia” (Tippens, 2007, pág. 358).

“No obstante cuando se funde un elemento solido vamos a observar que la temperatura se mantiene hasta que se funda por completo, al igual que cuando todo un líquido hierve.

Para comprender lo que le sucede a la energía aplicada considere el modelo simple de la Fig. 2-75. En las condiciones apropiadas de temperatura y presión, todas las sustancias pueden existir en tres fases, sólida, líquida o gaseosa. En la fase sólida las moléculas se mantienen unidas en una estructura cristalina rígida, de tal modo que la sustancia tiene una forma y volumen definidos, a medida que se suministra calor las energías de las partículas del sólido aumentan gradualmente y su temperatura se eleva.

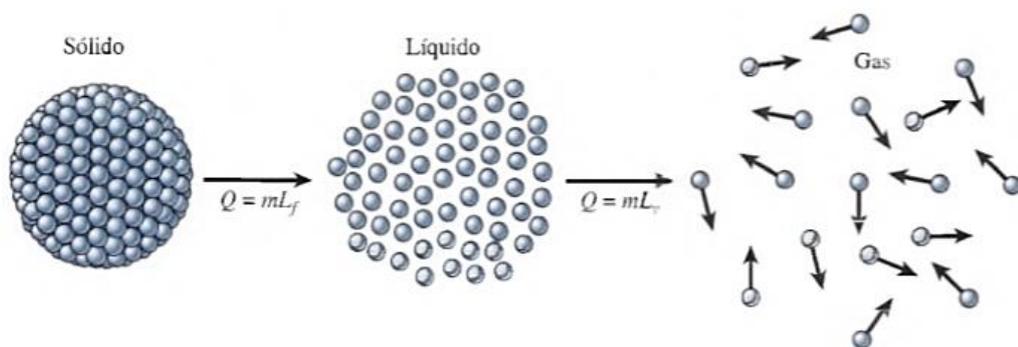


Figura 2.75. Representación de una sustancia en tres fases.

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 358)

Luego de un tiempo la energía cinética se vuelve tan grande que algunas de las partículas rebasan las fuerzas elásticas que las mantenían en posiciones fijas, la

mayor separación entre ellas les da la libertad de movimiento que se asocia con la fase líquida. En este punto la energía absorbida por la sustancia se usa para separar más las moléculas que en la fase sólida, la temperatura no aumenta durante tal cambio de fase.

El cambio de fase de sólido a líquido se llama *fusión* y la temperatura a la cual se produce ese cambio se conoce como el *punto de fusión*. La cantidad de calor requerido para fundir una unidad de masa de una sustancia en su punto de fusión se llama el *calor latente de fusión* de esa sustancia.

### 2.9.5.1. El calor latente de fusión ( $L_f$ )

En una sustancia es el calor por unidad de masa necesario para cambiar de la fase sólida a la líquida su temperatura de fusión. El término latente surge del hecho de que la temperatura permanece constante durante el proceso de fusión” (Tippens, 2007, pág. 359).

$$L_f = \frac{Q}{m} \quad (2-140)$$

Despejando se tiene:  $Q = m * L_f$

Unidades expresadas: *Joule por kilogramo*  $\frac{J}{Kg}$ , *Calorías por gramo*  $\frac{cal}{g}$ , *Btu por libras*  $\frac{Btu}{lb}$ .

“Después de que todo el sólido se funde, la energía cinética de las partículas del líquido resultante aumenta de acuerdo a su calor específico y la temperatura se incrementa de nuevo. Finalmente la temperatura llegará a un nivel en el que la energía térmica se usa para cambiar la estructura molecular, formándose un gas o vapor. El cambio de fase de un líquido a vapor se llama **vaporización** y la temperatura asociada con este cambio se llama el punto de ebullición de la sustancia.

La cantidad de calor necesaria para evaporar una unidad de masa se llama **calor latente de vaporización**.

### 2.9.5.2. El calor latente de vaporización ( $L_v$ ).

En una sustancia es el calor por unidad de masa necesario para cambiar la sustancia de líquido a vapor.”: (Tippens, 2007, pág. 359)

$$L_v = \frac{Q}{m} \quad (2-141)$$

Despejando se tiene:

$$Q = m * L_v \quad (2-142)$$

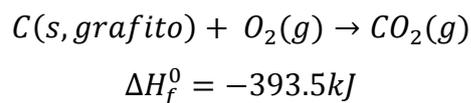
Unidades expresadas:

*Joule por kilogramo*  $\frac{J}{Kg}$ , *Calorías por gramo*  $\frac{cal}{g}$ , *Btu por libras*  $\frac{Btu}{lb}$ .

### Entalpía estándar de formación

“La entalpía estándar de formación,  $\Delta H_f^0$ , es igual al cambio de entalpía de la reacción de formación de un mol de compuesto en condiciones estándar, a partir de sus elementos también en condiciones estándar.

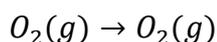
Por ejemplo, la formación de  $CO_2$  en condiciones estándar de temperatura y presión se representa con la siguiente ecuación química:



El cambio en la entalpía de esta reacción es el cambio en la entalpía de formación estándar, porque es la reacción de formación del  $CO_2$  a partir de las formas

estables de carbono (grafito) y oxígeno ( $O_2$ ), y porque está en condiciones estándar de temperatura y presión.

Cuando se habla de los elementos en sus condiciones estándar, la entalpía de formación estándar es cero porque es la formación del elemento a partir del mismo elemento. Por ejemplo el oxígeno, la reacción de formación estándar se define como:” (Garritz, Gasque, & Matínez, 2005, pág. 327)



$\Delta H_f^0$  : es cero.

Las **condiciones estándar** se refieren a 1 atm de presión y una determinada temperatura. Cuando ésta no se especifica, entonces se asume que es igual a 25°C.

Tabla 2-8. Calores de fusión y vaporización de algunas sustancias.

Sustancia	Punto de fusión $C^0$	Calor de fusión		Punto de ebullición $C^0$	Calor de vaporización	
		$\frac{J}{Kg}$	$\frac{cal}{g}$		$\frac{J}{Kg}$	$\frac{cal}{g}$
Alcohol etílico	-117.3	$104 * 10^3$	24.9	78.5	$854 * 10^3$	204
Amoniaco	-75	$452 * 10^3$	108.1	-33.3	$1370 * 10^3$	327
Cobre	1080	$134 * 10^3$	32	2870	$4730 * 10^3$	1130
Helio	-269.6	$5.23 * 10^3$	1.25	-268.9	$20.9 * 10^3$	5
Plomo	327.3	$24.5 * 10^3$	5.86	1620	$871 * 10^3$	208
Mercurio	-39	$11.5 * 10^3$	2.8	358	$296 * 10^3$	71
Oxigeno	-218.8	$13.9 * 10^3$	3.3	-183	$213 * 10^3$	51
Plata	960.8	$88.3 * 10^3$	21	2193	$2340 * 10^3$	558
Agua	0	$334 * 10^3$	80	100	$2256 * 10^3$	540
Cinc	420	$100 * 10^3$	24	918	$1990 * 10^3$	475

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 360)

“Si se toma del congelador una cierta cantidad de hielo a  $-20^{\circ}\text{C}$  y se calienta, su temperatura se incrementará gradualmente hasta que el hielo empiece a fundirse a  $0^{\circ}\text{C}$ . Por cada grado que se eleva la temperatura cada gramo de hielo absorberá 0.5 cal de energía calorífica. Durante el proceso de fusión la temperatura permanecerá constante y cada gramo de hielo absorberá 80 cal de energía calorífica en la formación de 1 g de agua. Una vez que se ha fundido todo el hielo la temperatura empieza a elevarse de nuevo con una rapidez uniforme hasta que el agua empieza a hervir a  $100^{\circ}\text{C}$ . Por cada grado de incremento en la temperatura cada gramo absorbe 1 cal de energía térmica. Durante el proceso de vaporización la temperatura permanece constante, cada gramo de agua absorbe 540 cal de energía térmica en la formación de 1 g de vapor de agua a  $100^{\circ}\text{C}$ . Si el vapor de agua que resulta se almacena y continúa el calentamiento hasta que toda el agua se evapore, la temperatura de nuevo comenzará a elevarse. El calor específico del vapor es 0.48 cal/g  $^{\circ}\text{C}$ .” (Tippens, 2007, pág. 360).

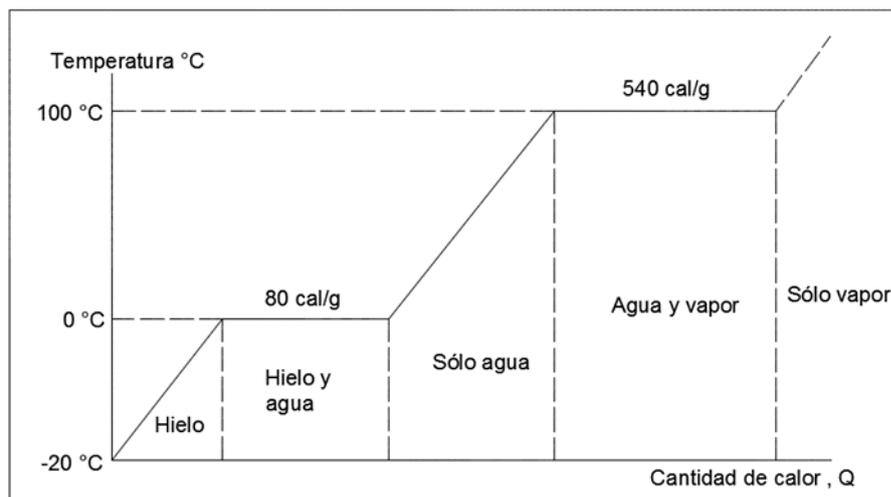


Figura 2.76. Variación de temperatura debida a un cambio de la energía térmica del agua.

“Cuando se extrae calor de un gas su temperatura cae hasta que alcanza la temperatura a la cual hirvió, si se sigue extrayendo calor el vapor retorna a la fase líquida; a este proceso se conoce como condensación. Al condensarse un vapor libera una cantidad de calor equivalente al calor requerido para evaporarlo, por tanto, el calor de condensación es equivalente al calor de vaporización, la diferencia radica

únicamente en la dirección del calor transferido. En forma similar, cuando se extrae calor de un líquido su temperatura disminuirá hasta que alcance la temperatura a la cual se funde, si se sigue extrayendo calor el líquido retorna a su fase sólida; este proceso se conoce como congelación o solidificación. El calor de solidificación es exactamente igual al calor de fusión, la única diferencia entre la congelación y la fusión es la liberación o absorción de calor.

En las condiciones apropiadas de temperatura y presión es posible que una sustancia cambie directamente de la fase sólida a la fase gaseosa sin pasar por la fase líquida, este proceso se conoce como *sublimación*. El dióxido de carbono sólido (hielo seco), el yodo y el alcanfor (bolas de naftalina) son ejemplos de sustancias que se sabe que se subliman a temperaturas normales. La cantidad de calor absorbido por unidad de masa al cambiar de sólido a vapor se llama calor de sublimación, en cualquier mezcla la cantidad de calor absorbido debe ser igual a la cantidad de calor liberado. Este principio se sostiene incluso si ocurre un cambio de fase” (Tippens, 2007, pág. 362).

### 2.9.6. Estados de la materia

A los distintos estados de cuerpos “se les denomina **estados de agregación** por las diferentes formas como se *agregan* las partículas. Los estados de agregación que son familiares en la experiencia cotidiana son el sólido, líquido y gaseoso, fácilmente diferenciables por sus propiedades, sin embargo existe un cuarto estado de la materia denominado plasma y el condensado de Bose-Einstein o conocido como el cubo de hielo cuántico o quinto estado de la materia.

**Estado sólido:** La materia en estado sólido tiene forma propia y definida debido a que sus partículas están ordenadas y sólo vibran en un punto fijo, se mueven pero no se desplazan unas sobre otras. Los sólidos necesitan bastante energía para fundirlos debido que las partículas se mantienen unidas por importantes fuerzas de atracción.

**Estado líquido:** La materia en estado líquido no tiene forma definida y se vierte con facilidad (son fluidos), las partículas no están ordenadas de forma regular (formas agregadas) y pueden desplazarse unas sobre otras. Los líquidos tienen volumen fijo debido a que las partículas están juntas porque las fuerzas de atracción entre ellas, aunque débiles, no permiten que se separen.

**Estado gaseoso:** La materia en estado gaseoso no tiene forma definida, adoptan la del recipiente que los contiene, las partículas se mueven libremente y las interacciones (fuerzas de atracción) entre ellas son débiles (casi nulas), los gases no tienen volumen fijo, por lo tanto son fácilmente compresibles.” (Cruz Guardado , Osuna Sánchez , & Ortiz Robles , 2008, pág. 29)

### ***El plasma***

El plasma se lo conoce como un “cuarto estado de la materia, se presenta cuando un gas se calienta a temperaturas cercanas a los 10 000°K, la energía cinética de las moléculas aumenta lo suficiente para que, al vibrar y chocar, las moléculas se rompan en átomos. A temperaturas más altas, los electrones se separan de los átomos y la sustancia se convierte en una mezcla de electrones e iones positivos: **un plasma altamente ionizado**, este estado de agregación aparentemente poco común resulta no serlo pues ocupa el 99% de la totalidad de la materia del universo. Lo podemos encontrar en la tierra presente en el fuego, en la lava volcánica, en las bombillas eléctricas, en los tubos fluorescentes y en la “ionósfera” (una capa de la atmósfera terrestre que se extiende entre los 80 y los 500 km de altitud aproximadamente.)” (Cruz Guardado , Osuna Sánchez , & Ortiz Robles , 2008, pág. 24). Si una materia se encuentra en estado sólido y “se le adiciona energía esta pasa del estado sólido al líquido, si se continúa aumentando los niveles de energía pasa del líquido al gaseoso y si el nivel de energía es aún mayor pasa del gaseoso al **plasma**.

Michael Faraday, en 1830, desarrolló el tubo de descarga eléctrica de alto voltaje con corriente directa lo que dio inicio al estudio de la sustancia que se obtenía como resultado de dichas descargas. Más tarde, en 1879, William Crookes identificó dicha sustancia como el **cuarto estado de la materia**. El término **plasma** fue introducido

por Iving Langmuir en 1928, el plasma era conocido como una mezcla de electrones, iones, átomos y neutrones con la propiedad de casi neutralidad eléctrica y con una sensibilidad apreciable a la presencia de campos eléctricos y magnéticos. (García , Montero , Calle , Quinde , & Sarmiento , 2016)

### **Aplicaciones del plasma**

“La primera aplicación práctica del plasma fue para realizar polimerización de estireno, obteniendo de esto el poliestireno o polímero termoplástico. Este hecho ocurrió en 1960 y fue llevado a cabo por Goodman, marcando una nueva área de investigación relacionada al plasma.” (García , Montero , Calle , Quinde , & Sarmiento , 2016)

El campo del plasma “encuentra una visión amplia e interesante en lo que se refiere a las aplicaciones, se tiene el aislamiento en reactores de fusión como lámparas, y pantallas de plasma. Los plasmas encuentran un uso bien establecido en aplicaciones industriales, por ejemplo: Modificación de la superficie, los láseres, la iluminación etc.” (Sanz & Tanarro, 2016)

### **Lámparas**

“Existen varios tipos de luz basados en plasma de descarga de gas de las cuales se encuentran las lámparas con electrodos convencionales y los tipos más recientes de lámparas de descarga sin electrodos, ambos pueden funcionar como baja presión, como ejemplo se tiene a las lámparas fluorescentes.” (Sanz & Tanarro, 2016)

### **Plasmas displays**

Hasta ahora el mercado de la televisión “ha estado dominado por el voluminoso tubo de rayos catódicos (tecnología que permite ver las imágenes mediante un haz de luz de rayos catódicos) los cuales han surgido y que ofrecen en grandes tamaños, de peso ligero, monitores planos de televisión. Ambos se basan en pequeñas descargas de gas.” (Sanz & Tanarro, 2016)

### **Aplicaciones medioambientales**

“El ozono es la generación de una aplicación típica de descargas de barras dieléctricas (DBD), la misma que sirve como reactor químico para producir ozono. Un uso similar pero con diferentes reacciones hace el plasma (tanto térmica y no térmicos) interesante para aplicaciones ambientales.

Los ICP (plasma de acoplamiento inductivo) son plasmas térmicos que ofrecen algunas ventajas únicas para la destrucción de desechos peligrosos en comparación con la combustión clásica. Los plasmas no térmicos utilizados para aplicaciones ambientales son principalmente las descargas de alta presión tales como (DBD).” (Sanz & Tanarro, 2016)

### **Industrial**

“Entre las primeras aplicaciones del plasma a nivel industrial se encontraban el corte, la soldadura y la síntesis de partículas ultra finas, no obstante en la década de los noventa estas aplicaciones se ampliaron considerablemente a industrias tan sofisticadas como la eléctrica, electrónica, industria aeroespacial, farmacéutica etc.” (Garcia , Montero , Calle , Quinde , & Sarmiento , 2016)

### **Aplicaciones biomédicas**

“Otro campo de aplicaciones (cada vez mayor) de emisiones de gases, sobre todo en presiones atmosféricas, es para aplicaciones biomédicas. Los plasmas se utilizan para mejorar la biocompatividad de los materiales. Las superficies de los biomateriales polímeros empleados en productos biomédicos son materiales típicos modificados por plasma.” (Sanz & Tanarro, 2016).

**Tipos de plasma**

En la (Fig. 2-77) se muestra “los plasmas naturales más representativos de la tierra y en el universo. Se encuentran los plasmas altamente ionizados como son **el sol** y las **estrellas, rayos** o los que se encuentran en los núcleos de los reactores de fusión termonuclear. Los plasmas de ionización débil corresponden a la **ionosfera de la tierra**, descargas *luminiscentes* y los plasmas que se encuentran en el espacio interestelar.

Un **crystal de silicio** (no plasma) se lo conoce también como plasma frío, en donde las temperaturas de electrones en plasmas fríos a menudo son más alto que los de los plasmas calientes.

El plasma se vuelve altamente conductivo cuando existe una descarga de arco eléctrico, una *luminiscente anormal, resplandor normal.*” (Sanz & Tanarro, 2016)

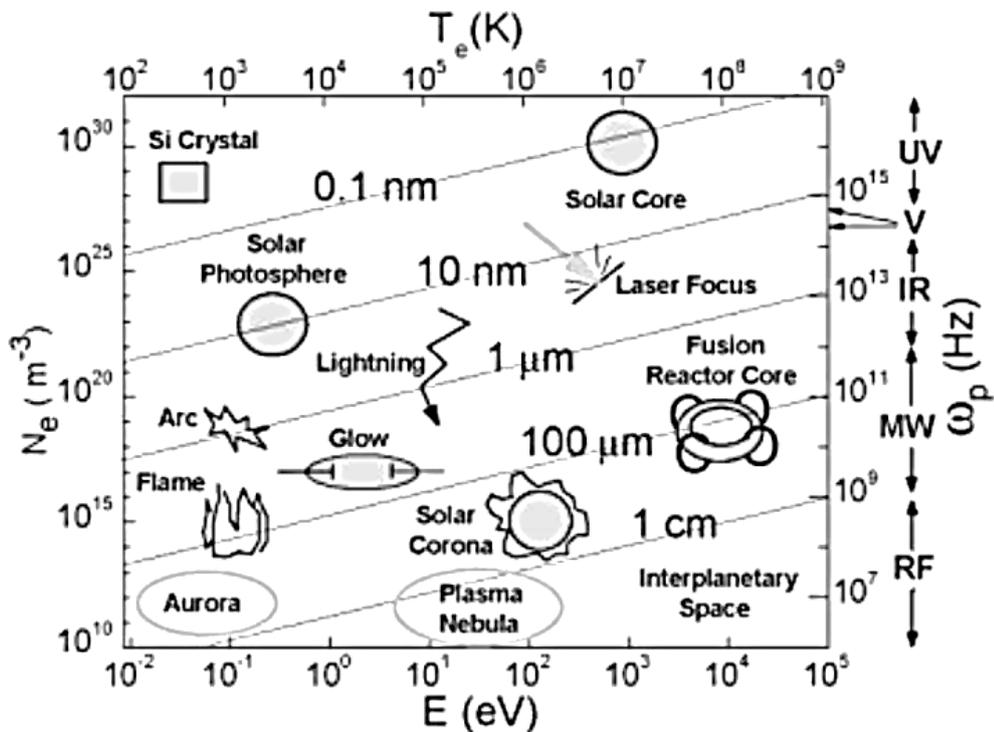


Figura 2.77. Diferentes tipos de plasma natural y artificial.

Fuente: (Sanz & Tanarro, 2016)

### ***Condensado de Bose-Einstein***

Si en lugar de calentar se lleva la materia a una temperatura cercana al cero absoluto, es decir a un estado donde la inmovilidad fuera casi total, se tendrá un quinto estado de la materia denominado el condensado de Bose-Einstein o el cubo de hielo cuántico.

En 1924 el físico Satyendra Nath Bose y Albert Einstein predijeron en conjunto el quinto estado de la materia. Según esta teoría todos los átomos se encuentran en un mismo lugar pero no uno sobre el otro sino todos ocupando el mismo espacio físico. Es difícil imaginar macroscópicamente este quinto estado de la materia, para hacernos una idea de lo que sería un objeto cotidiano en el estado de Bose-Einstein (CBE) imagine diez pelotas en un mismo recipiente pero no cada una sobre otra sino literalmente todas en el mismo recipiente, ocupando el mismo espacio en el mismo momento. El estado de CBE sólo puede ser posible a temperaturas muy bajas, a la cual los átomos lleguen a cero movimiento y las ondas de los átomos enfriados se sobrepongan, formando una única onda y alcanzando el estado de condensado de Bose-Einstein.

Los estadounidenses Eric A. Cornell y Carl E. Weiman, y el alemán Wolfgang Ketterle fueron galardonados con el Premio Nóbel de Física 2001, según informó la Real Academia Sueca de Ciencias. El galardón se les concedió por haber descubierto el quinto estado físico de la materia, la condensación Bose-Einstein, un estado extremo de la materia en el cual los átomos dejan de comportarse de manera “normal”. Este fenómeno pronosticado por Albert Einstein hace 70 años fue realizado y observado por vez primera en 1995 por los tres científicos *laureados*.

Einstein predijo que cuando las partículas se desaceleran y se aproximan entre si producen un nuevo estado de ***agregación*** de la materia distinto del sólido, el líquido, el gaseoso y el plasma. En el nuevo estado de la materia los átomos pierden su identidad propia y forman una sola onda cuántica de partículas. Tal como los fotones

en un láser óptico, todos los átomos del condensado se hallan en la misma longitud de onda y laten en la misma frecuencia. A este quinto estado de la materia se le profetiza una serie de aplicaciones: el condensado Bose Einstein hará aún más exactos instrumentos de medición y relojes atómicos y podrá almacenar información en las futuras computadoras cuánticas. Es fácil de lograr con aparatos de 50 a 100 mil dólares, hay más de veinte equipos investigadores que lo han fabricado en todo el mundo, su aplicación mayor será en un “láser atómico” que en lugar de fotones, emita un rayo de átomos vibrando en el mismo estado mecánico cuántico. Tal láser atómico podría, por ejemplo, permitir construir pequeñísimas estructuras con precisión hasta hoy inédito, técnica de la cual podrían aprovecharse la nanotecnología y la industria de computadoras. El Premio Nóbel de Física fue entregado el 10 de diciembre del 2001 por el rey Carlos Gustavo de Suecia.” (Cruz Guardado , Osuna Sánchez , & Ortíz Robles , 2008, pág. 25).

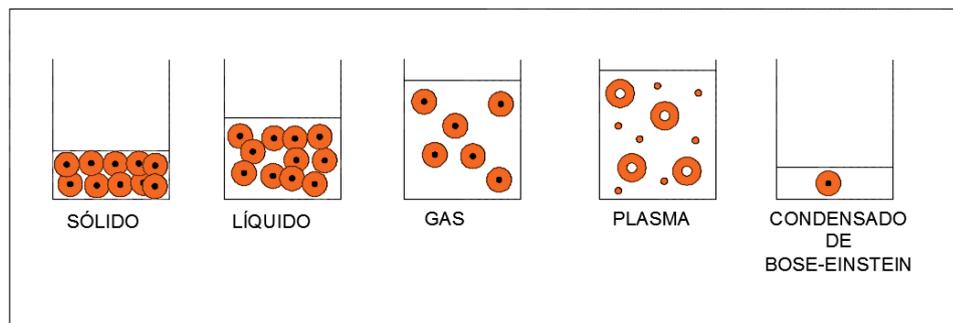


Figura 2.78. Condensado de Bose-Einstein.

*En un recipiente con agua caliente, las partículas del interior circulan por todo el recipiente. Cuando el agua se enfría, estas partículas tienden a ir en reposo hacia el fondo. Si las partículas a una temperatura ambiente están a diferentes niveles de energía se tendría que a temperaturas bajas estas se van a agrupar en el nivel inferior (fondo del recipiente), este efecto es conocido como Condensado de Bose Einstein.*

## **2.10. TRANSFERENCIA DE CALOR**

En el campo automotriz existen varios elementos y/o sistemas que se encuentran expuestos a la variación de temperatura durante su funcionamiento, elementos como los discos freno, radiador, cilindros de líquido de freno y más.

“El calor se refiere a una transferencia de energía, cuando el calor fluye de un objeto caliente a uno más frío, es energía lo que se transfiere del objeto caliente al frío. Por lo tanto el calor es energía transferida de un objeto a otro debido a una diferencia en temperatura.” (Giancoli, Física para Ciencias e Ingeniería, 2008, pág. 497)

“La transferencia de calor que se da de un cuerpo a otro se da por tres diferentes formas y estas son: conducción, convección y radiación.” (Giancoli, Física para Ciencias e Ingeniería, 2008, pág. 515)

### **2.10.1. Conductividad y resistencia térmica**

#### **2.10.1.1. Conductividad térmica**

“Es una característica del material, el calor se transfiere en la dirección de la temperatura decreciente.” (Incropera & De Witt, 1999, pág. 3)

“La conductividad térmica de un cuerpo es la cantidad de calor que atraviesa un metro cuadrado del cuerpo considerado (espesor de 1 metro) por hora y la diferencia de temperatura de 1°C entre las dos caras.” (Rougeron , 1977, pág. 45)

#### **2.10.1.2. Resistencia Térmica**

“O aislamiento térmico de un elemento se caracteriza por la suma de resistencias de los diversos componentes así como de las superficiales, dado que este coeficiente define las pérdidas por unidad de superficie, es decir la cantidad de calor que

atraviesa una superficie de un  $1m^2$  por grado de diferencia de temperatura entre dos ambientes.” (Margarida , 1983, pág. 34).

### 2.10.2. Transferencia de calor por conducción



Figura 2.79. Sistema de escape BMW M3.

Fuente: (Ulla, 2007) .

“La conducción es la transferencia de energía asociada a movimientos moleculares aleatorios, desde las partículas más energéticas hacia las partículas menos energéticas, como resultado de sus interacciones mutuas. Puesto que la temperatura es una medida de la energía molecular, cuando las moléculas vecinas en un cuerpo colisionan, ocurre una transferencia de energía en la dirección de disminución de la temperatura. Este tipo de transmisión de calor es el único posible en sólidos opacos y fluidos en reposo.” (Desantes & Payri, 2011, pág. 93)

Para entender cómo se da la transferencia de calor por conducción se tiene como ejemplo el sistema de escape de un vehículo, ya que éste evacua los gases producidos por el motor durante la etapa de combustión. El calor se va a transferir por medio del colector como se aprecia en la (figura 2-79), la parte de color rojo más intenso es donde la temperatura es mayor y va descendiendo conforme se aleja de la fuente de calor (el motor).

“Los metales generalmente son buenos conductores del calor. Una varilla metálica a 20 °C se siente más fría que un trozo de madera a 20 °C porque el calor puede fluir más fácilmente de la mano al metal. Sólo hay transferencia de calor entre regiones que están a diferente temperatura, la dirección de flujo siempre es de la temperatura más alta a la más baja.” (Young & Freedman, 2009, pág. 592)

$$H = \frac{dQ}{dt} = kA \frac{T_H - T_C}{L} \quad (2-143)$$

Se tiene que:

$$H = \frac{dQ}{dt} \text{ Corriente de calor}$$

$$\frac{T_H - T_C}{L} \text{ Gradiente de temperatura}$$

(A) Area transversal del material.

(k) Constante de la conductividad termica del material.

(L) longitud de la trayectoria de flujo del calor .

Como unidades se utiliza  $1 \text{ Watt} = 1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{\text{s}}$  y las unidades para “k” se las establecerá como  $\frac{\text{W}}{\text{m}} * K$  en diferentes tablas.

En el caso de que la temperatura varía de manera no uniforme en todo el material, se implanta una coordenada (x) a lo largo del material y trasciende el gradiente de temperatura como  $\frac{dT}{dx}$ , lo cual se tiene que:

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2-144)$$

“El signo negativo indica que el calor siempre fluye en la dirección de temperatura decreciente.” (Young & Freedman, 2009, pág. 593)

La resistencia térmica de un material con área “A” viene representada con la letra “R”, en donde se puede establecer la corriente de calor “H” mediante la ecuación:

$$H = \frac{A(TH - TC)}{R} \quad (2-145)$$

“(L) es el espesor de la placa. La unidad SI para (R) es  $1m^2 * \frac{W}{K}$ . En las unidades empleadas para materiales aislantes comerciales en Estados Unidos (H) se da en  $\frac{Btu}{h}$ , (A) en  $ft^2$  y (TH – TC) en  $^{\circ}F$ . Las unidades de (R) son entonces:

$ft^2 * ^{\circ}F * \frac{h}{Btu}$  Aunque los valores de R suelen citarse sin unidades.” (Young & Freedman, 2009, pág. 593)

### 2.10.3. Transferencia de calor por convección

A este tipo de transferencia de calor se la conoce “como el proceso por el que el calor es transferido por medio del movimiento real de la masa de un medio material” (Tippens, 2007, pág. 375)

“Este modo de transferencia de calor se produce entre fluidos y sólidos en los que existe tanto una diferencia de temperatura (hecho fundamental para que exista proceso de transferencia térmica) como un movimiento del fluido. Atendiendo al modo en cómo se produce este movimiento se diferencia entre dos tipos de convección: libre o forzada. La primera de ellas (libre) se da cuando el movimiento del fluido es causado exclusivamente por la diferencia de densidad producida en el seno del fluido por la diferencia de temperatura. Por el contrario, se habla de convección forzada cuando el movimiento del fluido es provocado por un elemento exterior tal como un ventilador o una bomba.” (Desantes & Payri, 2011, pág. 93)

En un motor de combustión interna tenemos un sistema de enfriamiento en el cual el líquido refrigerante es impulsado por una bomba y su enfriamiento se daría en este caso mediante una **convección forzada**.

“La corriente de calor causada por convección es directamente proporcional al área superficial, esto explica las áreas superficiales grandes de los radiadores y las aletas de enfriamiento.” (Young & Freedman, 2009, pág. 595)

Se tiene también la **convección natural** que se da mediante el ascenso del aire caliente, es decir cuando el aire está sometido a fuego, por ejemplo: la estufa encendida en una casa.

“Se da corrientes de convección en una habitación calentada por un radiador” (Serway & Jewett, 2008, pág. 576)

La transferencia de calor por convección se expresa con la Ley del enfriamiento de Newton:

$$\frac{dQ}{dt} = h A_s (T_s - T_{inf}) \quad (2-146)$$

“h” es el coeficiente de convección (o coeficiente de película),  $A_s$  es el área del cuerpo en contacto con el fluido,  $T_s$  es la temperatura en la superficie del cuerpo y  $T_{inf}$  es la temperatura del fluido lejos del cuerpo.

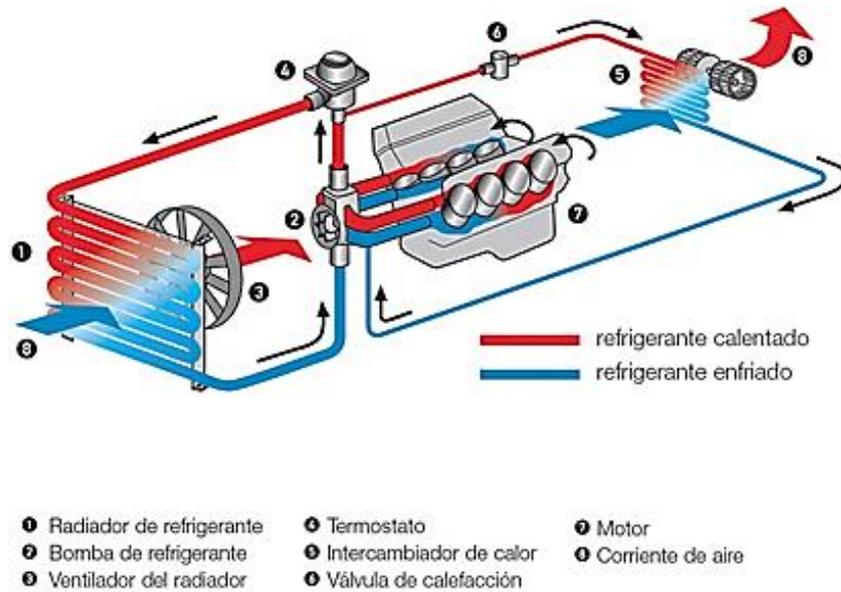


Figura 2.80. Transferencia de calor por convección (Radiador de un motor).

Fuente: (Segovia & Valverde, 2014).

“Dentro de los motores de combustión interna alternativos, la transmisión de calor por convección se puede encontrar en cualquier interfaz sólido-fluido, tal como entre el gas y las paredes de la cámara de combustión (pistón, culata y cilindro), entre las partes solidas del motor y el fluido refrigerante (donde también se incluye la posible función refrigerante del aceite lubricante), entre el aire de admisión o los gases de escape y las paredes de sus respectivos colectores, y finalmente la superficie externa del motor y el ambiente. Además, la convección también está presente en todos los intercambiadores de calor presentes en el motor o sus circuitos auxiliares (radiador, enfriador del aire de la admisión, refrigerador del EGR, etc.). Cuando el motor está en funcionamiento, la convección es forzada prácticamente en todos los casos.” (Desantes & Payri, 2011, pág. 94)

#### 2.10.4. Trasferencia de calor por radiación

Este mecanismo de transferencia de calor conocida también como **radiación térmica** se produce mediante *ondas electromagnéticas*, producidas por vibraciones térmicas de las moléculas, que se encuentran en varios dispositivos o elementos entre los cuales están a las bobinas, los calentadores eléctricos, o la radiación solar, entre otros. El calor se transmite a través del vacío o de un material en contacto entre la

fuente de calor y el receptor. “La rapidez a la que un objeto radia energía es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta” (Serway & Jewett, 2008, pág. 576).

A este comportamiento se lo conoce como la **ley de Stefan-Boltzmann**, misma que se la representa mediante la ecuación:

$$\dot{P} = \sigma * A * e * T^4 \quad (2-147)$$

En donde se tiene que:

$\dot{P}$ : Potencia en watts de las ondas electromagnéticas radiadas de la superficie del objeto

$\sigma$ , Constante de Stefan-Boltzmann igual a  $5.6696 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$

A: área superficial del objeto en metros

e: Representa a la *emisividad* que varía entre cero y uno

T: Temperatura superficial (kelvin)

Si se tiene dos temperaturas en las cuales la una representa la del objeto y la otra representa a los alrededores del mismo se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\dot{P}_{net} = \sigma * A * e * (T^4 - T_0^4) \quad (2-148)$$

“Cuando un objeto y lo que lo circunda tienen la misma temperatura, la energía radiante emitida es la misma que la absorbida.” (Tippens, 2007, pág. 378)

“En un motor, la transferencia de calor por radiación proviene de dos fuentes: radiación del gas y la radiación de las nubes de partículas de hollín que se forman en la combustión. En los motores de combustión homogénea la cantidad de hollín producida es pequeña y, por ello, la radiación del gas es la que predomina. Por el contrario, en los motores Diésel la radiación del gas representa solo una pequeña

fracción del calor transferido, siendo dominante la radiación de las partículas.”  
(Desantes & Payri, 2011, pág. 95)

### 2.10.5. Ley de Prevost del intercambio de calor

*“Un cuerpo que se halla a la misma temperatura que sus alrededores irradia y absorbe calor con la misma razón”* (Tippens, 2007, pág. 378).

“Se puede calcular la transferencia neta de energía radiante emitida por un objeto rodeado por paredes a diferentes temperaturas. Considere un delgado filamento de alambre de una lámpara que está cubierto con una envoltura, este se enfría más rápidamente a temperatura ambiente cuando se interrumpe el suministro de energía eléctrica; no se sigue enfriando, puesto que al llegar a este punto el filamento está absorbiendo energía radiante a la misma razón que la está emitiendo.

Al denotar la temperatura del filamento con  $T_1$  y la del recubrimiento con  $T_2$ , la emisividad del filamento es “ $e$ ” y sólo se considerará los procesos radiantes positivos. En este ejemplo se advierte que:

*Razón de radiación neta = Razón de emisión de energía – Razon de absorcion de energía*

$$R = e\sigma T_1^4 - e\sigma T_2^4)$$

$$R = e\sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad (2-149)$$

Esta ecuación puede aplicarse a cualquier sistema para calcular la energía neta emitida por un radiador a temperatura  $T_1$  y emisividad  $e$  en presencia de los alrededores a temperatura  $T_2$ .” (Tippens, 2007, pág. 378)

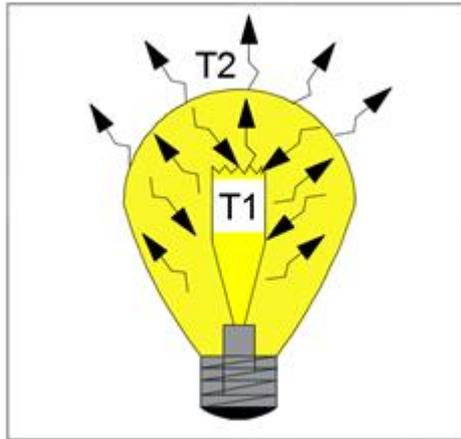


Figura 2.81. Ejemplo de radiación por ondas electromagnéticas.

## 2.11. MOVIMIENTO ONDULATORIO

### 2.11.1. Movimiento armónico simple

#### 2.11.1.1. Movimiento periódico

*“El movimiento periódico es aquel en el que un cuerpo se mueve de un lado a otro, sobre una trayectoria fija, y regresa a cada posición y velocidad después de un intervalo de tiempo definido.”* (Tippens, 2007, pág. 280).

“Siempre que se deforma un objeto aparece en él una fuerza elástica de restitución proporcional a la deformación. Cuando la fuerza deja de actuar el objeto vibra de un lado a otro respecto de su posición de equilibrio, por ejemplo: después de que un clavadista salta del trampolín éste continúa vibrando de arriba abajo de su posición normal durante cierto tiempo. Se dice que este tipo de movimiento es periódico porque la posición y la velocidad de las partículas en movimiento se repiten en función del tiempo, puesto que la **fuerza de restitución (recuperadora)** disminuye después de cada vibración, tarde o temprano el trampolín volverá al estado de reposo.” (Tippens, 2007, pág. 280)

Algunos ejemplos de movimiento periódico son: un columpio, el péndulo de un reloj, la aguja de una máquina de coser, una polea adherida al eje de un motor, el pistón de

un motor de carro, las aspas de un ventilador, un resorte que vibra, el corazón, la luz, el sonido, entre otros.

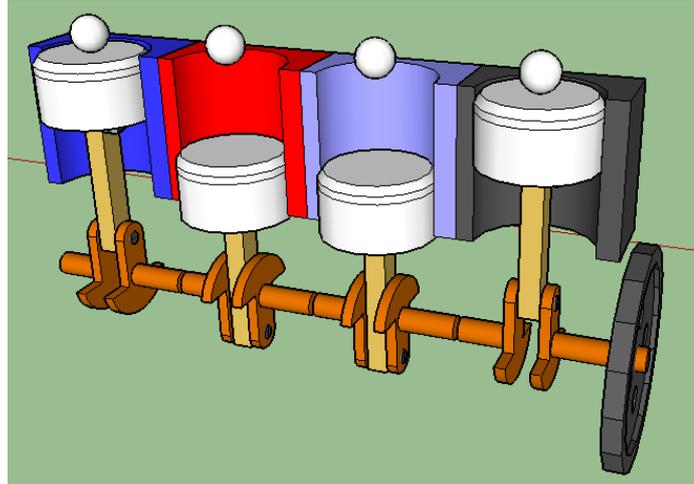


Figura 2.82. Esquema de los elementos que forman un motor.

### 2.11.1.2. Movimiento de un objeto unido a un resorte

Considere un cuerpo de masa “**m**” que está sujeto a un resorte que al moverse no tenga fricción, es decir que esté libre de moverse sobre una superficie horizontal. Se tiene que si el resorte no está estirado ni comprimido, el cuerpo estará en equilibrio teniendo que  $x = 0$  o en reposo, (fig. 2-83). Cuando “el bloque se desplaza a una posición “**x**”, el resorte ejerce sobre el bloque una fuerza que es proporcional a la posición y se conoce por la **ley de Hooke**” (Serway & Jewett, 2008, pág. 419).

$$F_s = -k * x \quad (2-150)$$

En donde **k** (constante del resorte) se representa:

$$F_s = -k * x = m * g$$

$$k = \frac{m * g}{x} \quad (2-151)$$

### 2.11.1.3. Fuerza recuperadora ( $F_c$ )

Una fuerza **recuperadora** o restauradora es “aquella que se opone al desplazamiento del sistema, es necesaria para que ocurra una vibración. En otras palabras, es una fuerza cuya dirección siempre es tal que empuja o jala el sistema a su posición de equilibrio (reposo normal). En el caso de una masa en el extremo de un resorte, al estirar el resorte, este tira de la masa hacia atrás hasta llevarla a la posición de equilibrio mientras que un resorte comprimido la empuja hacia atrás hasta llevarla también a la posición de equilibrio.” (Bueche & Hecht, 2004, pág. 165)

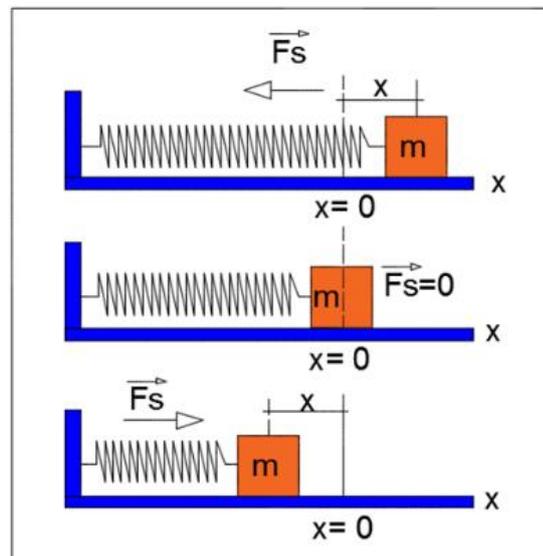


Figura 2.83. Fuerza recuperadora.

“Si la fuerza de restitución es directamente proporcional al desplazamiento con respecto al equilibrio, la oscilación se denomina **Movimiento Armónico Simple.**” (Young & Freedman, 2009, pág. 421)

Al Movimiento Armónico Simple también se la describe como “**M.A.S.**”, y su representación en forma de ecuación es:

$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x \quad (2-152)$$

#### 2.11.1.4. Movimiento armónico simple – Proyección movimiento circular

“Para explorar las propiedades del movimiento armónico simple se debe expresar el desplazamiento “ $x$ ” del cuerpo oscilante en función del tiempo,  $x(t)$ . La segunda derivada de esta función,  $d^2x/dt^2$ , debe ser igual a  $(-k/m)$  multiplicado por la función misma.” (Young & Freedman, 2009, pág. 422)

Aprovechando la notable similitud entre el **M.A.S.** y el movimiento circular, se demuestra que el movimiento de un bloque unido a un resorte y la proyección sobre una línea recta del movimiento circular de un punto fijo sobre un disco **son idénticas**, siempre y cuando la amplitud de oscilación del bloque sea igual al radio del disco.

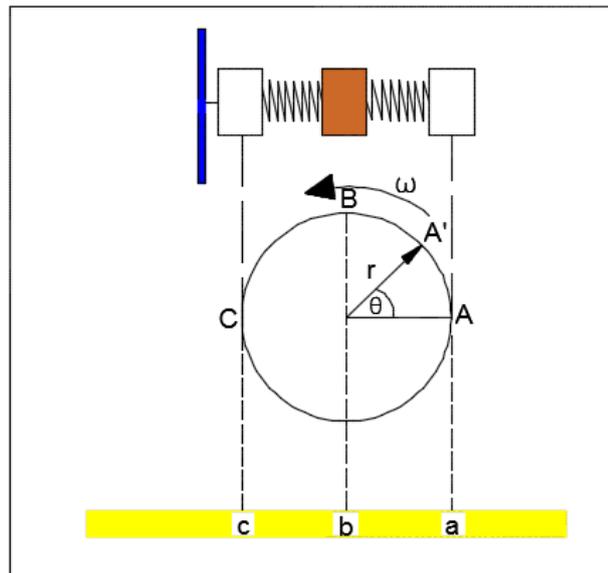


Figura 2.84. Movimiento Armónico Simple (M.A.S.).

En el movimiento circular (Fig.2-84) el *punto A* de la circunferencia gira con rapidez angular constante  $\omega$  (rad/s), pasando por las *posiciones B, C*; su proyección, una partícula sobre la línea recta que se desplaza desde la posición *a*, pasando por *b*, llegando al extremo *c* y retornando al punto *a* pero antes pasando nuevamente por *b*.

“Si la amplitud de la oscilación de la partícula es igual al radio de la circunferencia y la frecuencia angular  $2\pi f$  de la partícula ( $\mathbf{a}$ ) es igual a la rapidez angular  $\omega$  del punto A, entonces el movimiento realizado por el punto  $\mathbf{a}$ , es un **(M.A.S.) movimiento armónico simple**.

Se puede comprobar la afirmación anterior calculando la aceleración del punto móvil  $\mathbf{a}$  y comparándola con la aceleración de un cuerpo en M.A.S., debido a que  $\mathbf{A}$  está en movimiento circular uniforme su vector de aceleración  $\vec{a}_A$  siempre apunta hacia  $\mathbf{O}$ , su magnitud es constante y es igual a la velocidad angular al cuadrado multiplicada por el radio de la circunferencia.

$$a_A = \omega^2 r$$

El **ángulo de fase** nos indica en qué punto del ciclo se encontraba el movimiento cuando  $t=0$ , la posición en ese punto es  $x_0$ . Analizando la componente de la aceleración  $a_{Ax}$ , (que también es la aceleración del punto  $\mathbf{a}$ ), en el punto  $A^1$ , se tiene:

$$\begin{aligned} a_{Ax} &= -a_A \cos\theta = -\omega^2 r \cos\theta \\ a_{Ax} &= -\omega^2 x \end{aligned} \quad (2-153)$$

Siempre que la rapidez angular  $\omega$  del punto de referencia  $A^1$ (fig. 2.84) esté relacionada con la constante de fuerza  $k$  y la masa  $m$  del cuerpo oscilante, se tiene:

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad \text{o} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2-154)$$

Reemplazando en la formula anterior se tiene:

$$a_{Ax} = -\frac{k}{m} x \quad (2-155)$$

Esta ecuación es la misma que la del M.A.S. en la fuerza recuperadora.

Las ecuaciones de frecuencia y el periodo en el M.A.S. son: (Young & Freedman, 2009, pág. 424).

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2-156)$$

### 2.11.1.5. Amplitud (A)

En la fig. (2-85) se tiene un elemento sujetado a un resorte y el otro extremo del resorte unido a un punto fijo, “el desplazamiento máximo a partir de la posición de equilibrio  $x = \pm A$  se llama **amplitud**” (Tippens, 2007, pág. 281). A la amplitud se la designa también con la letra “A”, “su unidad de medida en el SI es el metro. Una vibración completa, o *ciclo*, es un viaje redondo (de ida y vuelta), esto quiere decir de +A a -A, y regresando a +A, o bien de O a +A, regresando por O hasta -A y volviendo a O. El movimiento de un lado al otro (de +A a -A) es medio ciclo” (Young & Freedman, 2009, pág. 420).

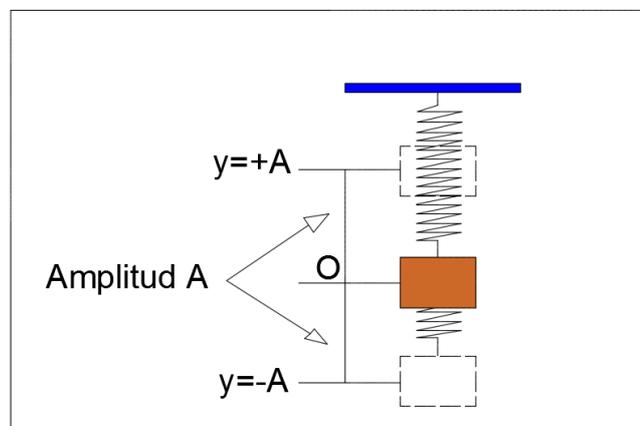


Figura 2.85. Análisis de M.A.S. de un sistema masa-resorte.

### 2.11.1.6. Periodo (T)

Al periodo también se lo describe con la letra T, “es el tiempo que tarda un ciclo, siempre es positivo. La unidad del periodo en el SI es el segundo, aunque a veces se expresa como (segundos por ciclo)” (Tippens, 2007, pág. 420).

Se tiene como ecuación del periodo en M.A.S. la siguiente:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2-157)$$

### 2.11.1.7. Frecuencia (f)

“El inverso del periodo se llama frecuencia “**f**” del movimiento. Mientras que el periodo es el intervalo de tiempo por oscilación, **la frecuencia** representa el número de oscilaciones que experimenta la partícula por unidad de intervalo de tiempo” (Serway & Jewett, 2008, pág. 422), para el M.A.S. se tiene:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2-158)$$

$$1\text{hertz} = 1\text{ Hz} = 1 \frac{\text{ciclo}}{\text{s}} = 1\text{s}^{-1}$$

### 2.11.1.8. Frecuencia angular ( $f\omega$ )

“Representa la rapidez de cambio de una cantidad angular (no necesariamente relacionada con un movimiento rotacional) que siempre se mide en rad/s.” (Young & Freedman, 2009, pág. 420).

“Es una medida de qué tan rápido se presentan las oscilaciones; mientras más oscilaciones por unidad de tiempo haya, más alto es el valor de  $\omega$ ” (Serway & Jewett, 2008, pág. 421), la frecuencia angular en términos característicos m y k en M.A.S. se tiene:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2-159)$$

A la frecuencia angular también se la puede describir como dos veces la frecuencia f del movimiento circular (rapidez angular) de la siguiente manera:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (2-160)$$

“Se usa el mismo símbolo  $\omega$  para la rapidez angular y la frecuencia angular, debido a que estas cantidades son iguales, en un mismo sistema la rapidez angular completa una revolución en un tiempo  $T$ , y la frecuencia angular completa un ciclo oscilación en el mismo tiempo  $T$ , siendo  $T$  el periodo de la oscilación.” (Young & Freedman, 2009, pág. 423)

### 2.11.1.9. Ecuaciones adicionales en un “M.A.S.”

La frecuencia es mayor cuando un objeto está sujeto a un resorte más rígido, es decir el valor de la constante “ $k$ ” es mayor. En el sistema del “M.A.S.” se puede obtener la velocidad y aceleración en función del tiempo para un oscilador armónico derivando, la ecuación del desplazamiento del M.A.S.

Desplazamiento M.A.S.:

$$x = A \cos(\omega t + \phi) \quad (2-161)$$

Velocidad M.A.S.:

$$v = \frac{d_x}{d_t} = -\omega A \sin(\omega t + \phi) \quad (2-162)$$

Aceleración M.A.S.:

$$a = \frac{d^2_x}{dt^2} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi) \quad (2-163)$$

$\phi$  = constante de fase o ángulo de fase inicial

$(\omega t + \phi)$  = fase del movimiento

“Puesto que las funciones seno y coseno de la velocidad oscilan entre  $\pm 1$ , los valores extremos de la velocidad  $v$  son  $\pm \omega A$ , del mismo modo, la ecuación de la aceleración muestra que los valores extremos de la aceleración  $a$  son  $\pm \omega^2 A$ . En consecuencia, los valores máximos de las magnitudes de la velocidad y la aceleración son:” (Serway & Jewett, 2008, pág. 422)

$$v_{max} = \omega A = \sqrt{\frac{k}{m}} A \quad (2-164)$$

$$a_{max} = \omega^2 A = \frac{k}{m} A \quad (2-165)$$

Si se conoce la posición y velocidad iniciales  $x_0$  y  $v_{0x}$  del cuerpo oscilante, se puede determinar la amplitud  $A$  y el ángulo de fase  $\phi$  como sigue.  $v_{0x}$ , es la velocidad inicial en  $t=0$ ; si se sustituye  $v_x = v_{0x}$  y  $t=0$  en la ecuación de la velocidad del M.A.S. se tiene que:

$$v_{0x} = -\omega A \sin \phi \quad (2-166)$$

Para calcular  $\phi$ , se realiza la siguiente división, en donde se elimina  $A$ , generando una ecuación en la cual se puede despejar  $\phi$ .

$$\frac{v_{0x}}{x_0} = \frac{-\omega A \sin \phi}{A \cos \phi} = -\omega \tan \phi$$

Ángulo de fase del M.A.S.:

$$\phi = \tan^{-1}\left(-\frac{v_{0x}}{\omega x_0}\right) \quad (2-167)$$

Amplitud del M.A.S.:

$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_{0x}^2}{\omega^2}} \quad (2-168)$$

### 2.11.2. Energía en el movimiento armónico simple

Si se observa detenidamente el sistema masa –resorte (Fig.2-83) se verifica que el bloque está aislado porque la superficie de este no tiene fricción, y para esto se debe esperar que la energía total del sistema sea constante.

“La fuerza del resorte es la única fuerza horizontal que actúa sobre el cuerpo. La fuerza ejercida por un resorte ideal es *conservativa* y las fuerzas verticales no efectúan trabajo, así que se conserva la energía mecánica total del sistema. No hay fuerzas no conservativas que efectúen trabajo, así que se conserva la energía mecánica total” (Young & Freedman, 2009, pág. 428).

$$E = K + U$$

$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_{0x}^2}{\omega^2}} \quad (2-169)$$

Se tiene que  $v^2 = v_x^2$  ya que el movimiento del sistema es unidimensional, además se recalca que la energía mecánica total también está relacionada con la amplitud, es decir “cuando  $x = A$  (o bien,  $-A$ ),  $v_x = 0$ . Aquí, la energía es sólo potencial, y  $E = \frac{1}{2}kA^2$  puesto que  $E$  es constante, esta cantidad es igual a  $\frac{1}{2}kA^2$  en cualquier otro punto.” (Young & Freedman, 2009, pág. 429).

Combinando las ecuaciones se tiene:

Energía cinética del bloque en “M.A.S.”:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t + \phi) \quad (2-170)$$

Energía potencial en “M.A.S.”:

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t + \phi) \quad (2-171)$$

Como energía total de un “M.A.S.”:

$$E = K + U = \frac{1}{2}kA^2[\text{sen}^2(\omega t + \phi) + \text{cos}^2(\omega t + \phi)] \quad (2-172)$$

Como por trigonometría se tiene que  $\text{sen}^2\phi + \text{cos}^2\phi = 1$  se tiene que:

$$E = \frac{1}{2}kA^2 \quad (2-173)$$

“La energía mecánica total de un oscilador armónico simple es una constante del movimiento y es proporcional al cuadrado de la amplitud.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 426).

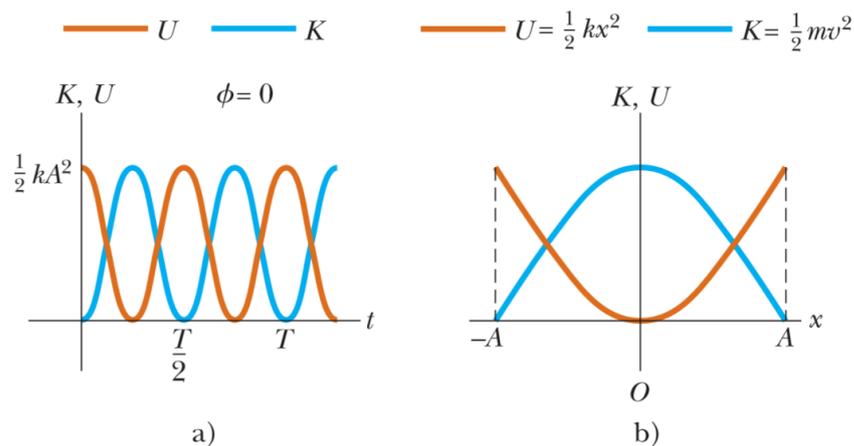


Figura 2.86. Energía en un movimiento armónico simple.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 426).

### 2.11.3. Péndulo simple

Un ejemplo para la explicación de un **péndulo simple**: Suponga que se tiene un cuerpo sujeto a una cuerda o varilla y el otro extremo a un punto fijo, si este tiende a suspenderse debido a la masa se puede observar que su movimiento es próximo a un “M.A.S.” (Fig. 2-84).

“El movimiento se presenta en el plano vertical y es impulsado por la fuerza gravitacional. Se demostrará que siempre que el ángulo  $\theta$  sea pequeño (menor que

aproximadamente  $10^\circ$ ), el movimiento será muy cercano al de un oscilador armónico simple.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 432). Se puede visualizar “que el desplazamiento  $x$  del cuerpo suspendido no se produce a lo largo de una línea recta sino que sigue un arco subtendido por el ángulo  $\theta$ , la longitud del desplazamiento es simplemente el producto del ángulo  $\theta$  y la longitud de la cuerda” (Tippens, 2007, pág. 293).

Entonces se tiene que:

$$x = L * \theta \quad (2-174)$$

Si el movimiento que realiza el péndulo correspondiera a un movimiento armónico simple entonces la fuerza de restitución para este sería:

$$F = -kx = -kL\theta \quad (2-175)$$

“En el movimiento de un lado a otro del cuerpo suspendido, la fuerza de restitución necesaria la proporciona la componente tangencial del peso” (Tippens, 2007, pág. 293).

Teniendo que:

$$F = -m * g * \text{sen}\theta \quad (2-176)$$

En definición se tiene que “la fuerza de restitución es proporcional a  $\text{sen}\theta$  y no a  $\theta$ , la conclusión es que no oscila con “M.A.S.”, sin embargo, si estipulamos que el ángulo  $\theta$  es pequeño,  $\text{sen}\theta$  será aproximadamente igual al ángulo  $\theta$  en radianes” (Tippens, 2007, pág. 293).

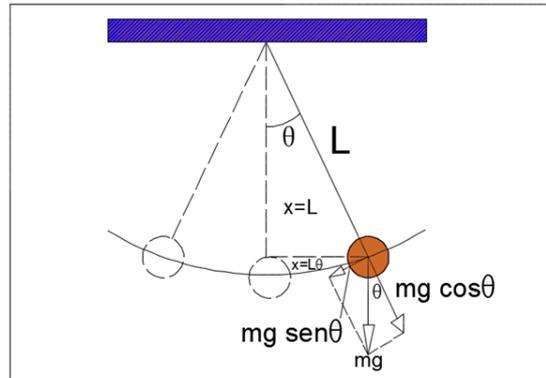


Figura 2.87. Péndulo simple.

Si  $\text{sen}\theta \approx \theta$  tenemos que:

$$F = -m * g * \text{sen}\theta = -m * g * \theta$$

Comparando con la ecuación anterior de la fuerza de restitución se tiene:

$$F = -kL\theta = -m * g * \theta \quad (2-177)$$

Se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{m}{k} = \frac{L}{g} \quad (2-178)$$

Si a esta expresión se la sustituye en la ecuación del periodo del “M.A.S.” se obtiene el periodo en un péndulo simple así:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2-179)$$

#### 2.11.4. Movimiento ondulatorio

Al escuchar este término de movimiento ondulatorio rápidamente se puede imaginar en el movimiento en forma de onda de algunos elementos o sustancias, ya sea en el

movimiento del aire cuando está haciendo un efecto de huracán o cuando se deja caer algún cuerpo en un recipiente con agua, generando ondas en el líquido.

Como ejemplo en el área automotriz se tiene que: Los mecánicos automotrices para el diagnóstico de un vehículo optan por el uso del scanner, empleándolo para verificar el flujo de aire el M.A.P. apreciando en ese instante un movimiento ondulatorio.

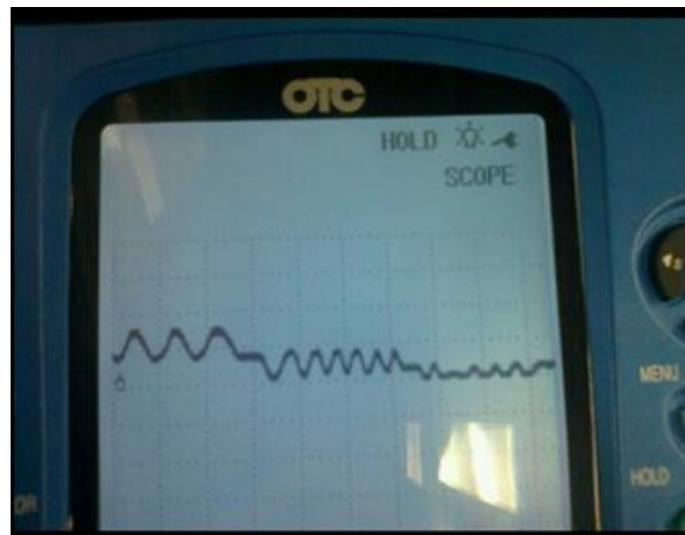


Figura 2.88. Ejemplo de movimiento ondulatorio.

Imagine un “objeto que flota sobre el agua: Se hizo que el objeto se moviera en un punto en el agua al dejar caer una piedra en otra posición, el objeto ganó energía cinética a causa de esta acción, así que la energía se debió transferir desde el punto donde se dejó caer la piedra hasta la posición del objeto. Esta característica es central del movimiento ondulatorio: la energía se transfiere a través de una distancia, pero la materia no” (Serway & Jewett, 2008, pág. 449).

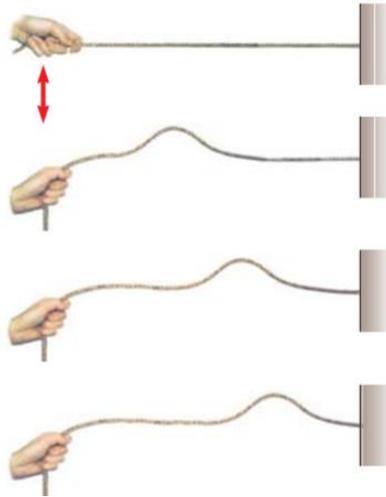


Figura 2.89. Movimiento ondulatorio.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 449)

En la (Fig. 2-88) se puede apreciar un ejemplo claro de movimiento ondulatorio en el cual se aprecia un “chichón” o comúnmente llamado **pulso**, el cual se dirige a lo largo de la cuerda con una rapidez constante.

#### 2.11.4.1. Onda transversal

“Todas las ondas mecánicas requieren **1)** alguna fuente de perturbación, **2)** un medio que contenga elementos que sean factibles de perturbación y **3)** algún mecanismo físico a partir del cual los elementos del medio puedan influirse mutuamente” (Serway & Jewett, 2008, pág. 450).

A una **onda** se la considera también como una perturbación periódica que viaja a través de un medio, al sacudir la cuerda de arriba hacia abajo se genera una **onda viajera**.

“Una onda viajera o pulso que hace que los elementos del medio perturbado se muevan perpendiculares a la dirección de propagación se llama **onda transversal**.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 451).

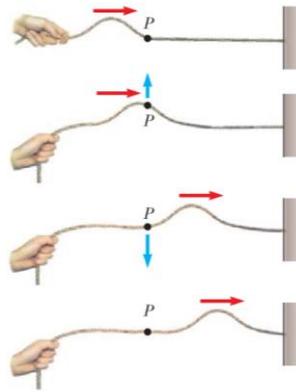


Figura 2.90. Pulso y onda viajera.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 451)

#### 2.11.4.2. Onda longitudinal

Para este caso se tiene que el pulso u onda viajera se da a lo largo de un resorte en donde se ocasionará un empuje y un jalón según como actúe la onda. “La región comprimida viaja a lo largo del resorte (Fig. 2-90). Observe que la dirección del desplazamiento de las espiras es paralela a la dirección de propagación de la región comprimida. Una onda viajera o pulso que mueve a los elementos del medio en paralelo a la dirección de propagación se llama **onda longitudinal**” (Serway & Jewett, 2008, pág. 451).



Figura 2.91. Pulso y onda a lo largo de un resorte.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 451).

Las ondas tridimensionales que viajan desde un punto abajo de la superficie de la Tierra donde se presenta un terremoto, son de ambos tipos: transversales y longitudinales.

“Las **ondas longitudinales** son las más rápidas de las dos y viajan con magnitudes de velocidad en el intervalo de 7 a 8  $\frac{km}{s}$  cerca de la superficie, se llaman **ondas P**, donde “P” es por primarias, viajan más rápido que las **ondas transversales** y llegan primero a un sismógrafo (el dispositivo que se usa para detectar ondas debidas a terremotos). Las **ondas transversales** más lentas, llamadas **ondas S**, donde “S” es para secundarias, viajan a través de la Tierra a 4 o 5  $\frac{km}{s}$  cerca de la superficie.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 451).

Las ecuaciones que nos ayudan a expresar el pulso son:

Pulso que viaja hacia la derecha

$$y(x, t) = f(x - vt) \quad (2-180)$$

“En los pulsos hacia la izquierda se tiene que las posiciones transversales de los elementos de la cuerda se describen mediante” (Serway & Jewett, 2008, pág. 452):

$$y(x, t) = f(x + vt) \quad (2-181)$$

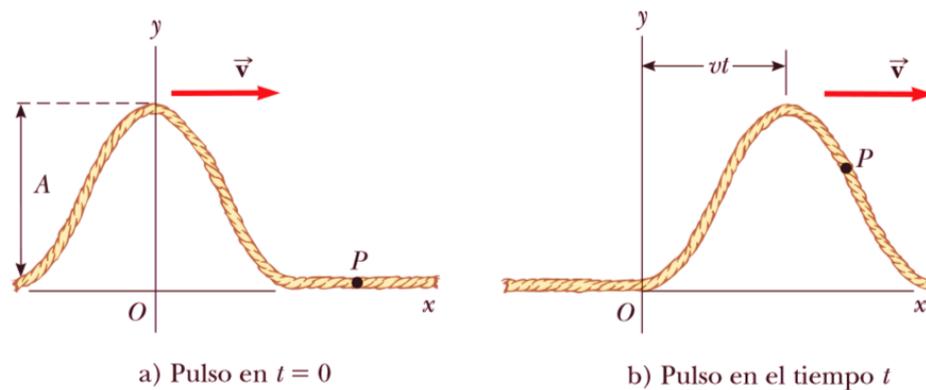


Figura 2.92. Pulso unidimensional.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 452).

“La función de onda  $y(x, t)$  representa la coordenada “y”, la posición transversal de cualquier elemento ubicado en la posición “x” en cualquier tiempo “t”. Además, si t

es fijo (como en el caso de tomar una instantánea del pulso), la función de onda  $y(x)$ , a veces llamada **forma de onda**, define una curva que representa la **forma geométrica** del pulso en dicho tiempo.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 452)

### 2.11.4.3. Tren de ondas

Como una definición clara del tren de ondas se la puede explicar cómo una serie continua de ondas, es decir varias ondas generadas por un largo tiempo.

“La partícula oscila en movimiento armónico simple con amplitud  $A$ , frecuencia  $f$  y frecuencia angular  $\omega = 2\pi f$ . La notación  $y(x = 0, t)$  nos recuerda que el movimiento de esta partícula es un caso especial de la función de onda  $y(x, t)$  que describe toda la onda.” (Young & Freedman, 2009, pág. 492)

Onda senoidal que avanza en  $+x$  ya que  $\cos(-\theta) = \cos \theta$

$$y(x, t) = A \cos \left[ \omega \left( \frac{x}{v} - t \right) \right] = A \cos 2\pi f \left( \frac{x}{v} - t \right) \quad (2-182)$$

Onda senoidal que avanza en  $-x$

$$y(x, t) = A \cos 2\pi f \left( \frac{x}{v} + t \right) = A \cos 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T} \right) = A \cos(kx + \omega t) \quad (2-183)$$

“Se puede expresar también en función del periodo  $T = \frac{1}{f}$  y la longitud de onda  $\lambda = \frac{v}{f}$ . (Young & Freedman, 2009, pág. 493)

$$y(x, t) = A \cos 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) \quad (2-184)$$

Para obtener el número de ondas, se tiene la siguiente ecuación.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2-185)$$

Ecuación para la onda periódica:

$$\omega = vk \quad (2-186)$$

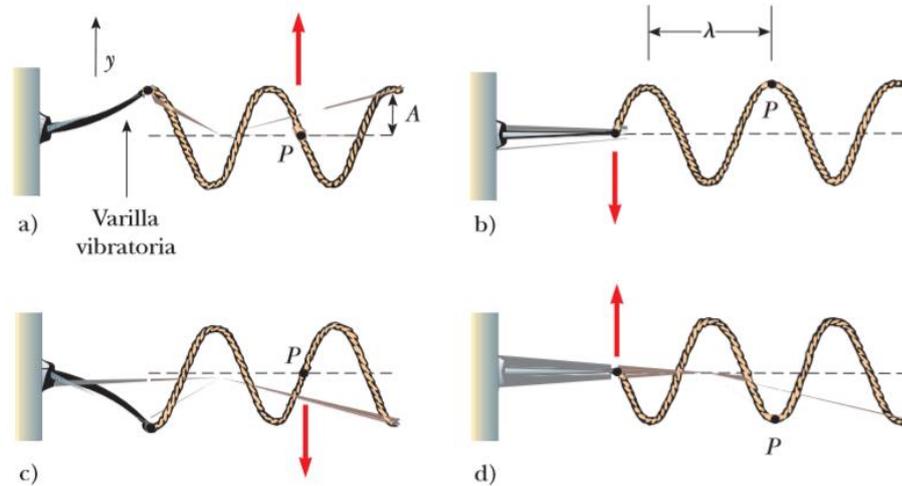


Figura 2.93. Onda senoidal.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 463).

#### 2.11.4.4. Velocidad de propagación de onda en diferentes medios

Si bien se tiene entendido como se propaga una onda, ahora se necesita saber con qué velocidad se desplaza ésta a lo largo de su trayectoria.

“Un punto en la Fig. (2-93) en que el desplazamiento del elemento de su posición normal está más alto se llama **cresta** de la onda. El punto más bajo se llama **valle**. La distancia de una cresta a la siguiente se llama **longitud de onda  $\lambda$** , de manera más general la longitud de onda es la distancia mínima entre dos puntos cualesquiera en ondas adyacentes.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 454)

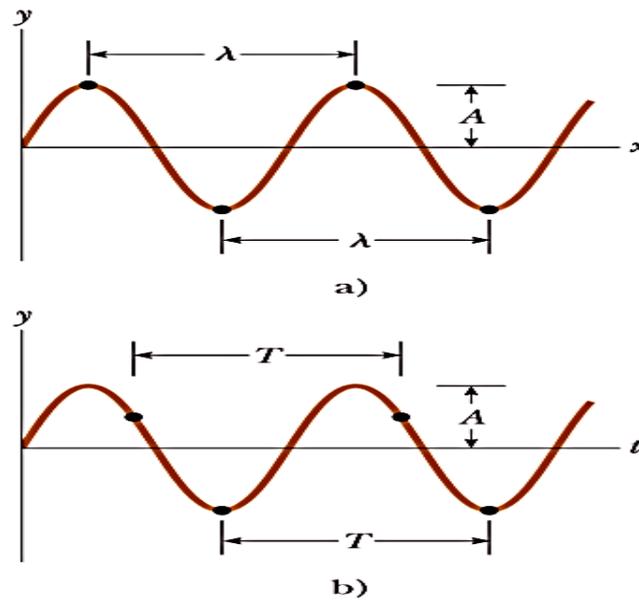


Figura 2.94. Pulso y onda.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 454).

En una onda también se debe medir el **periodo T**, que consiste en el tiempo requerido para que dos puntos idénticos de ondas adyacentes pasen por un punto. y en cuanto a la **frecuencia f** se puede describir que es el inverso del periodo, es decir “la frecuencia de una onda periódica es el número de crestas (o valles o cualquier otro punto en la onda) que pasa un punto determinado en un intervalo de tiempo unitario.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 454)

Para su ecuación de cálculo esta tendrá relación con el periodo así:

$$f = \frac{1}{T} \quad (2-187)$$

“La onda viaja a través de un desplazamiento  $\Delta x$  igual a una longitud de onda  $\lambda$  en un intervalo de tiempo  $\Delta t$  de un periodo T. Por tanto, la rapidez de onda, la longitud de onda y el periodo se relacionan mediante la expresión:” (Serway & Jewett, 2008, pág. 455)

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} \quad (2-188)$$

Su frecuencia angular en una onda sería:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (2-189)$$

Las formas alternativas de la rapidez de onda serán:

$$v = \frac{\omega}{k} = \lambda f \quad (2-190)$$

### 2.11.4.5. Onda sinusoidal en cuerda

En la onda sinusoidal se puede apreciar en la Fig. (2-94) como una varilla vibra sacudiendo de arriba hacia abajo la cuerda y generando un sinnúmero de pulsos u ondas. “Ya que el extremo de la varilla oscila en movimiento armónico simple, cada elemento de la cuerda, como el que se encuentra en P, también oscila verticalmente con movimiento armónico simple.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 457)

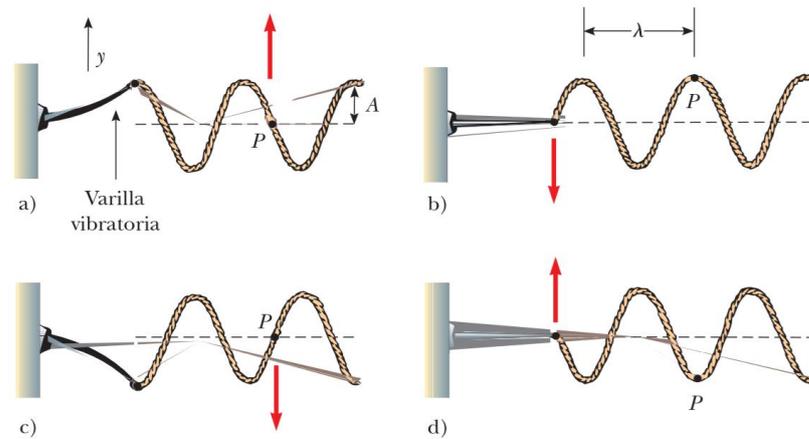


Figura 2.95. Onda sinusoidal en una cuerda.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 457).

Por lo tanto “Un elemento en el punto P (o cualquier otro elemento de la cuerda) se mueve sólo verticalmente, y de este modo su coordenada  $x$  permanece constante, por lo tanto: **la rapidez transversal  $v_y$  (no confundir con la rapidez de onda  $v$ )** y la **aceleración transversal  $a_y$**  de los elementos de la cuerda son:” (Serway & Jewett, 2008, pág. 458)

$$v_y = -\omega A \cos(kx - \omega t) \quad (2-191)$$

$$a_y = -\omega^2 A \sin(kx - \omega t) \quad (2-192)$$

Los valores absolutos de las funciones *sen* y *cos* son el resultado de la aceleración máxima y velocidad máxima así:

$$v_{y.max} = \omega A \quad (2-193)$$

$$a_{y.max} = \omega^2 A \quad (2-194)$$

Cuando  $y = 0$  se da la velocidad máxima

Cuando  $y = \pm A$  se da la aceleración máxima.

#### 2.11.4.6. Ondas en cuerdas

La rapidez de onda en una cuerda “depende de la elasticidad del medio y de la inercia de las partículas del mismo. Los materiales más elásticos producen mayores fuerzas de restitución cuando se distorsionan. Los materiales menos densos se resisten menos a moverse. En ambos casos, la capacidad de las partículas para propagar una perturbación a las partículas vecinas es mejor, y el pulso viajará en ese caso a **mayor rapidez**” (Tippens, 2007, pág. 429).

“La rapidez de la onda debe disminuir a medida que aumente la masa por unidad de longitud de la cuerda. Si la tensión en la cuerda es  $T$  y su masa por unidad de longitud es  $\mu$  (letra griega mu), la rapidez de onda es:” (Serway & Jewett, 2008, pág. 458).

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (2-195)$$

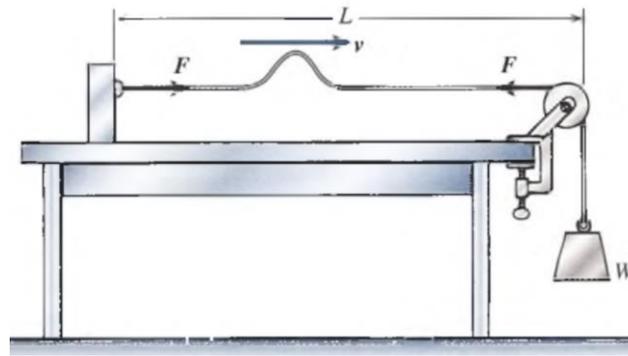


Figura 2.96. Rapidez de onda en una cuerda.

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 429).

#### 2.11.4.7. Principio de superposición

En la (Fig. 2-96) se puede apreciar los pulsos u ondas individuales, los cuales realizan un desplazamiento acorde a su movimiento, pero si a este desplazamiento se los combina en cada punto para obtener el desplazamiento real, se tiene un ejemplo claro de una **superposición**, es decir: “cuando dos ondas se traslapan, el desplazamiento real de cualquier punto de la cuerda en cualquier instante se obtiene sumando el desplazamiento que tendría el punto si sólo estuviera presente la primera onda, con el desplazamiento que tendría si sólo estuviera presente la segunda.” (Young & Freedman, 2009, pág. 506)

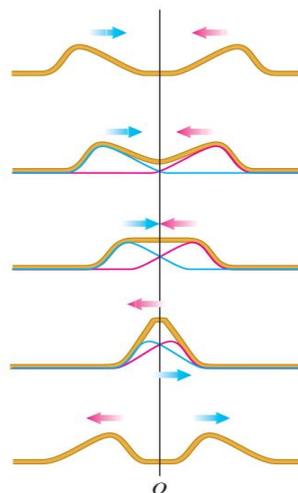


Figura 2.97. Traslape de los pulsos.

Fuente: (Young & Freedman, 2009, pág. 506).

La ecuación o función de onda es  $y(x, t)$ , se obtiene sumando las dos funciones de las ondas individuales lo siguiente:

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) \quad (2-196)$$

“Puesto que este principio depende de la linealidad de la ecuación de onda y la propiedad de combinación lineal correspondiente de sus soluciones, también se denomina principio de superposición lineal.” (Young & Freedman, 2009, pág. 506)

#### 2.11.4.8. Ondas estacionarias

Para tener un ejemplo claro de ondas estacionarias, se aprecia en la (Fig. 2-97) en donde dichas bocinas están una en frente de otra y emitirán el sonido con la misma frecuencia y amplitud de onda, entonces se tiene que “dos ondas idénticas viajan en direcciones opuestas en el mismo medio. Dichas ondas se combinan de acuerdo con el modelo de ondas en interferencia.

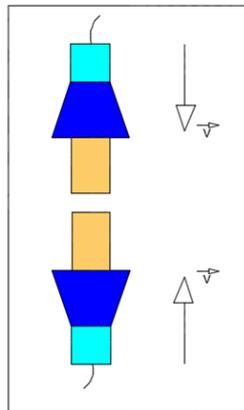


Figura 2.98. Formación de ondas estacionarias.

Para tal situación se consideran funciones de onda para dos ondas sinusoidales transversales que tengan la misma amplitud, frecuencia y longitud de onda pero que viajen en direcciones opuestas en el mismo medio.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 505).

Ecuaciones de ondas:

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t)$$

$$y_2 = A \sin(kx + \omega t)$$

En donde  $y_1$  = onda que viaja en la dirección de  $+x$

En donde  $y_2$  = onda que viaja en la dirección de  $-x$

Para obtener la función de onda resultante “ $y$ ”, sume las dos ecuaciones y al usar “la identidad trigonométrica  $(a \pm b) = \sin a \cos b \pm \cos a \sin b$ ”, esta expresión se reduce a:” (Serway & Jewett, 2008, pág. 505).

$$y = (2A \sin kx) \cos \omega t \quad (2-197)$$

*Ecuación de una onda estacionaria*

“Una onda estacionaria, como la de una cuerda que se muestra en la (Fig. 2-98), es un patrón de oscilación con un contorno estacionario que resulta de la superposición de dos ondas idénticas que viajan en direcciones opuestas.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 505).

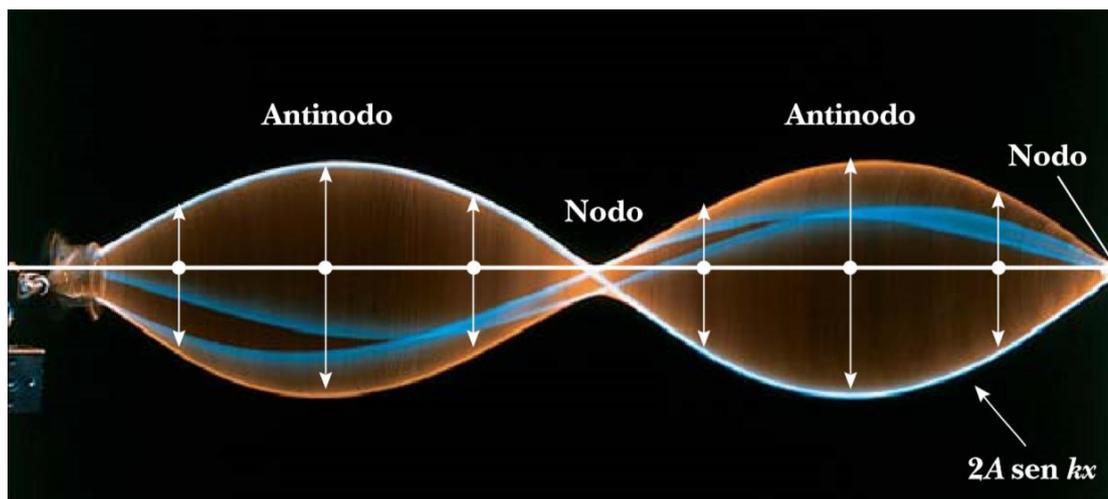


Figura 2.99. Ejemplo de ondas estacionarias.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 505).

A los nodos se los define como puntos de amplitud cero, así:

Si satisfacen:  $kx = 0, \pi, 2\pi, 3\pi \dots$

Entonces la posición de los nodos será:

$$x = 0, \frac{\lambda}{2}, \lambda, \frac{3\lambda}{2} \dots \dots = \frac{n\lambda}{2} = 0,1,2,3.. \quad (2-198)$$

“El elemento del medio con el mayor desplazamiento posible desde el equilibrio tiene una amplitud de  $2A$  que se define como la amplitud de la onda estacionaria. Las posiciones en el medio donde se presenta este desplazamiento máximo se **llaman antinodos.**” (Serway & Jewett, 2008, pág. 506)

**Si satisface la ecuación**  $kx = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}$ .

La posición de los antinodos será:

$$x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4} \dots \dots = \frac{n\lambda}{4} \quad n = 1,3,5.. \quad (2-199)$$

#### 2.11.4.9. Frecuencias características

Para las frecuencias características se debe tener claro que “la onda estacionaria más sencilla posible se presenta cuando las longitudes de onda de las ondas incidentes y reflejadas son equivalentes al doble de la longitud de la cuerda. La onda estacionaria consiste en un bucle que tiene puntos nodales en cada extremo, como se ve en la Fig. (2-89). Este patrón de vibración se conoce como el modo fundamental de oscilación. Los modos superiores de oscilación se producirán para longitudes de onda cada vez más cortas. En la figura se observa que las longitudes de onda permitidas son las siguientes.” (Tippens, 2007, pág. 435).

$$\frac{2L}{1}, \frac{2L}{2}, \frac{2L}{3}, \frac{2L}{4}$$

Representándolo en forma de ecuación se tiene:

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad n = 1,2,3 \tag{2-200}$$

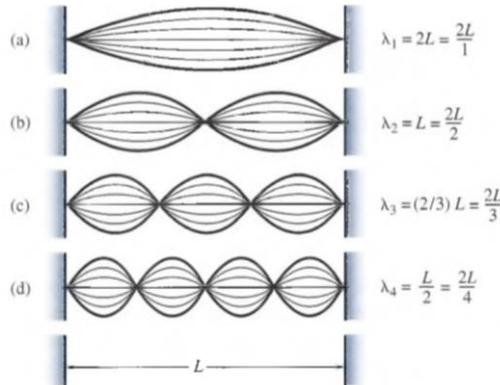


Figura 2.100. Ondas estacionarias en una cuerda vibrante.

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 435).

A partir de  $v = f\lambda$ , se puede establecer las frecuencias correspondientes de vibración, teniendo que:

$$f_n = \frac{nv}{2L} = n \frac{v}{2L} \quad n = 1,2,3 \dots \tag{2-201}$$

Como ya se conoce que  $v$  es “la rapidez de las ondas transversales, de esta ecuación se obtiene las frecuencias, las cuales se las conoce como **frecuencias características de vibración**, que en términos de la **tensión  $T$**  y la **densidad de lineal  $\mu$** , se puede expresar” (Tippens, 2007, pág. 435) en la siguiente ecuación:

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad n = 1,2,3 \dots \tag{2-202}$$

## **2.12. Estructuras mecánicas**

“Cuando analizamos la vibración de una máquina, que es un sistema mecánico más o menos complejo es útil considerar las fuentes de la energía de vibración y las rutas en la máquina que sigue esta energía. Energía siempre se mueve o fluye de la fuente de la vibración hacia el punto de absorción, donde se transforma en calor. En algunos casos eso puede ser una ruta muy corta, pero en otras situaciones es posible que la energía viaje largas distancias antes de ser absorbida.” (White G. , 2010)

“Si una máquina tiene poca fricción, su nivel de vibración tiende a ser muy alto, ya que la energía de vibración se va incrementando debido a la falta de absorción. Por otra parte, una máquina con una fricción más importante tendrá niveles de vibración más bajos, ya que su energía se absorbe más rápidamente. Por ejemplo, una máquina con rodamientos a elementos rodantes (muchas veces se le llama rodamientos anti-fricción) vibra más que una máquina con chumaceras, donde la película de aceite absorba una cantidad importante de energía. La razón porque las estructuras de aviones son remachadas en lugar de soldadas en una unidad sólida, es que las juntas remachadas se mueven ligeramente y absorben la energía por medio de la fricción deslizadora. Eso impide que las vibraciones se incrementen hasta niveles destructivos. De una estructura de este tipo se dice que está altamente amortiguada y la amortiguación es en realidad una medida de su capacidad de absorción de energía.” (White G. , 2010)

### **2.12.1. Frecuencias naturales de un sistema**

“De cualquier estructura física se puede hacer un modelo en forma de un número de resortes, masas y amortiguadores. Los amortiguadores absorben la energía pero los resortes y las masas no lo hacen. Como lo vimos en la sección anterior, un resorte y una masa interactúan uno con otro, de manera que forman un sistema que hace resonancia a su frecuencia natural característica. Si se le aplica energía a un sistema resorte-masa, el sistema vibrará a su frecuencia natural, y el nivel de las vibraciones dependerá de la fuerza de la fuente de energía y de la absorción inherente al sistema.

. La frecuencia natural de un sistema resorte-masa no amortiguado se da en la siguiente ecuación: (White G. , 2010)

$$F_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2-203)$$

Donde:

$F_n$  = la frecuencia natural

$k$  = la constante del resorte, o rigidez

$m$  = la masa

“De eso se puede ver que si la rigidez aumenta, la frecuencia natural también aumentará, y si la masa aumenta, la frecuencia natural disminuye. Si el sistema tiene absorción, lo que tienen todos los sistemas físicos, su frecuencia natural es un poco más baja y depende de la cantidad de absorción.

Un gran número de sistemas resorte-masa-amortiguación que forman un sistema mecánico se llaman "grados de libertad", y la energía de vibración que se pone en la máquina, se distribuirá entre los grados de libertad en cantidades que dependerán de sus frecuencias naturales y de la amortiguación, así como de la frecuencia de la fuente de energía.

Por esta razón, la vibración no se va a distribuir de manera uniforme en la máquina. Por ejemplo, en una máquina activada por un motor eléctrico una fuente mayor de energía de vibración es el desbalanceo residual del rotor del motor. Esto resultará en una vibración medible en los rodamientos del motor. Pero si la máquina tiene un grado de libertad con una frecuencia natural cerca de las RPM del rotor, su nivel de vibraciones puede ser muy alto, aunque puede estar ubicado a una gran distancia del motor. Es importante tener este hecho en mente, cuando se hace la evaluación de la vibración de una máquina. --la ubicación del nivel de vibración máximo no puede estar cerca de la fuente de energía de vibración. La energía de vibración

frecuentemente se mueve por largas distancias por tuberías, y puede ser destructiva, cuando encuentra una estructura remota con una frecuencia natural cerca de la de su fuente.” (White G. , 2010)

### **2.12.2. Resonancia**

“La resonancia es un estado de operación en el que una frecuencia de excitación se encuentra cerca de una frecuencia natural de la estructura de la máquina. Una frecuencia natural es una frecuencia a la que una estructura vibrará si uno la desvía y después la suelta. Una estructura típica tendrá muchas frecuencias naturales. Cuando ocurre la resonancia, los niveles de vibración que resultan pueden ser muy altos y pueden causar daños muy rápidamente.

En una máquina que produce un espectro ancho de energía de vibración, la resonancia se podrá ver en el espectro, como un pico constante aunque varíe la velocidad de la máquina. El pico puede ser agudo o puede ser ancho, dependiendo de la cantidad de amortiguación que tenga la estructura en la frecuencia en cuestión.

A la resonancia misma, el sistema se comporta totalmente diferente en presencia de una fuerza aplicada. Aquí, los elementos resorte y masa se cancelan el uno al otro, y la fuerza solamente ve la amortiguación o la fricción en el sistema. Si el sistema está ligeramente amortiguado es como si se empuja al aire. Cuando se le empuja, se aleja de su propia voluntad. En consecuencia, no se puede aplicar mucha fuerza al sistema en la frecuencia de resonancia, y si uno sigue intentándolo, la amplitud de la vibración se va a incrementar hasta valores muy altos. Es la amortiguación que controla el movimiento de un sistema resonante a su frecuencia natural.” (White G. , 2010)

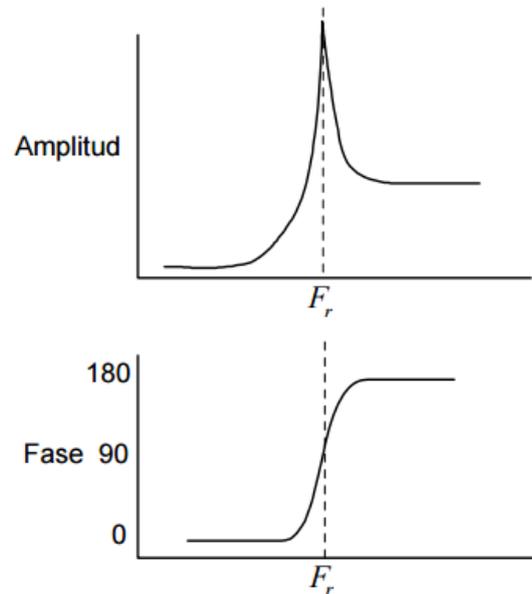


Figura 2.101. Ejemplo de resonancias en máquinas, son las llamadas frecuencias críticas de flechas rotativas.

Fuente: (White G. , 2010)

“Ejemplos de resonancias en máquinas son las llamadas frecuencias críticas de flechas rotativas, el ángulo de fase entre la vibración de la fuente de excitación y la respuesta de la estructura siempre es de 90 grados a la frecuencia natural.

En el caso de rotores largos, como en turbinas, las frecuencias naturales se llaman "frecuencias críticas" o "velocidades críticas" y se debe cuidar que estas máquinas no operen a velocidades donde 1x o 2x corresponde a esas frecuencias críticas.” (White G. , 2010)

### 2.13. SONIDO

Ya se han estudiado algunas ondas mecánicas que se presentan en la naturaleza pero existe una que es importante en nuestro medio de vida, la “onda sonora”. El oído humano puede detectar cualquier sonido por más pequeña que sea, “además de su uso en la comunicación verbal, nuestros oídos nos permiten captar una multitud de indicios acerca de nuestro entorno: cuando una fuente de sonido o un receptor se

mueven en el aire, el receptor podría oír una frecuencia distinta de la emitida por la fuente, éste es el efecto Doppler, que tiene importantes aplicaciones en medicina y la tecnología.” (Young & Freedman, 2009, pág. 527)

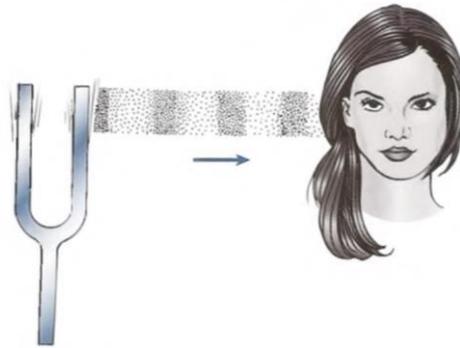


Figura 2.102. Ejemplo de sonido.

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 442).

“El sonido es una onda mecánica longitudinal que se propaga por un medio elástico” (Tippens, 2007, pág. 442).

### 2.13.1. Umbral auditivo y umbral de dolor

“En primer lugar se tiene la **presión atmosférica**, es decir “la presión del aire ambiental en ausencia de sonido. Se mide en una unidad SI (Sistema Internacional) denominada **Pascal** (1 Pascal es igual a una fuerza de 1 newton actuando sobre una superficie de 1 metro cuadrado, y se abrevia 1 Pa). Esta presión es de alrededor de 100.000 Pa (el valor normalizado es de 101.325 Pa). Se puede luego definir la **presión sonora** como la diferencia entre la presión instantánea debida al sonido y la presión atmosférica, y, naturalmente, también se mide en Pa. Sin embargo, la presión sonora tiene en general valores muchísimo menores que el correspondiente a la presión atmosférica. Por ejemplo, los sonidos más intensos que pueden soportarse sin experimentar un **dolor auditivo** agudo corresponden a unos 20 Pa, mientras que los apenas audibles están cerca de 20 mPa (**mPa** es la abreviatura de micropascal, es decir una millonésima parte de un pascal). Esta situación es muy similar a las pequeñas ondulaciones que se forman sobre la superficie de una profunda piscina.

Otra diferencia importante es que la presión atmosférica cambia muy lentamente, mientras que la presión sonora lo hace muy rápido, alternando entre valores positivos (presión instantánea mayor que la atmosférica) y negativos (presión instantánea menor que la atmosférica) a razón de entre 20 y 20.000 veces por segundo. Esta magnitud se denomina **frecuencia** y se expresa en ciclos por segundo o **hertz (Hz)**. Para reducir la cantidad de dígitos, las frecuencias mayores que 1.000 Hz se expresan habitualmente en **kilohertz (kHz)**.” (Miyara, 2003)

### Nivel de presión sonora

“El hecho de que la relación entre la presión sonora del sonido más intenso (cuando la sensación de sonido pasa a ser de dolor auditivo) y la del sonido más débil sea de alrededor de 1.000.000 ha llevado a adoptar una escala comprimida denominada escala logarítmica. Llamando **P<sub>ref</sub>** (presión de referencia a la presión de un tono apenas audible (es decir 20 mPa) y **P** a la presión sonora, se puede definir el **nivel de presión sonora (NPS) L<sub>p</sub>** como:” (Miyara, 2003)

( 2-204)

$$L_p = 20 \log (P / P_{ref})$$

Donde:

“**log** significa el logaritmo decimal (en base 10). La unidad utilizada para expresar el nivel de presión sonora es el **decibel**, abreviado **dB**. El nivel de presión sonora de los sonidos audibles varía entre 0 dB y 120 dB. Los sonidos de más de 120 dB pueden causar daños auditivos inmediatos e irreversibles, además de ser bastante dolorosos para la mayoría de las personas.” (Miyara, 2003)

### Nivel sonoro con ponderación A

“El nivel de presión sonora tiene la ventaja de ser una medida objetiva y bastante cómoda de la intensidad del sonido, pero tiene la desventaja de que está lejos de representar con precisión lo que realmente se percibe. Esto se debe a que la sensibilidad del oído depende fuertemente de la frecuencia. En efecto, mientras que

un sonido de 1 kHz y 0 dB ya es audible, es necesario llegar a los 37 dB para poder escuchar un tono de 100 Hz, y lo mismo es válido para sonidos de más de 16 kHz.

Cuando esta dependencia de la frecuencia de la sensación de sonoridad fue descubierta y medida (por Fletcher y Munson, en 1933, ver gráfica), se pensaba que utilizando una red de **filtrado** (o **ponderación de frecuencia**) adecuada sería posible medir esa sensación en forma objetiva. Esta red de filtrado tendría que atenuar las bajas y las muy altas frecuencias, dejando las medias casi inalteradas. En otras palabras, tendría que intercalar unos controles de graves y agudos al mínimo antes de realizar la medición.” (Miyara, 2003)

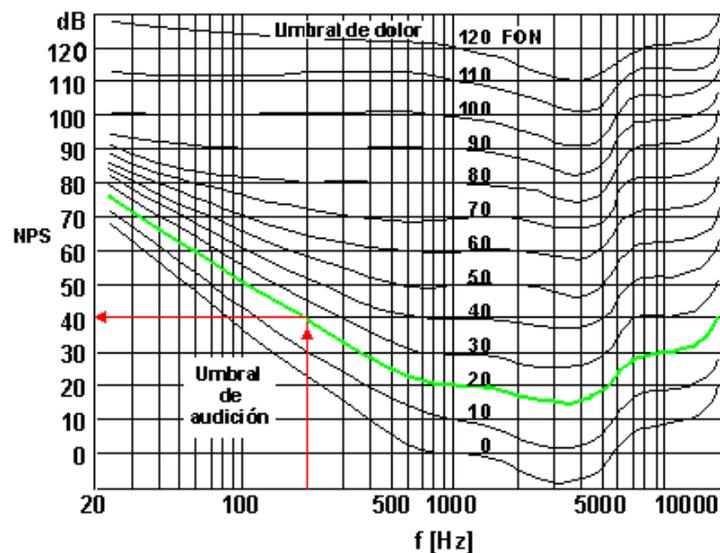


Figura 2.103. Curvas de Fletcher y Munson.

Fuente: (Miyara, 2003).

“Había sin embargo algunas dificultades para implementar tal instrumento o sistema de medición. El más obvio era que el oído se comporta de diferente manera con respecto a la dependencia de la frecuencia *para diferentes niveles físicos del sonido*. Por ejemplo, a muy bajos niveles, sólo los sonidos de frecuencias medias son audibles, mientras que a altos niveles, todas las frecuencias se escuchan más o menos con la misma sonoridad. Por lo tanto parecía razonable diseñar tres redes de

ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB, llamadas A, B y C respectivamente. La **red de ponderación A** (también denominada a veces **red de compensación A**) se aplicaría a los sonidos de bajo nivel, la red B a los de nivel medio y la C a los de nivel elevado (ver figura). El resultado de una medición efectuada con la red de ponderación A se expresa en **decibeles A**, abreviados **dB(A)** o algunas veces **dB(A)**, y análogamente para las otras. (Miyara, 2003)

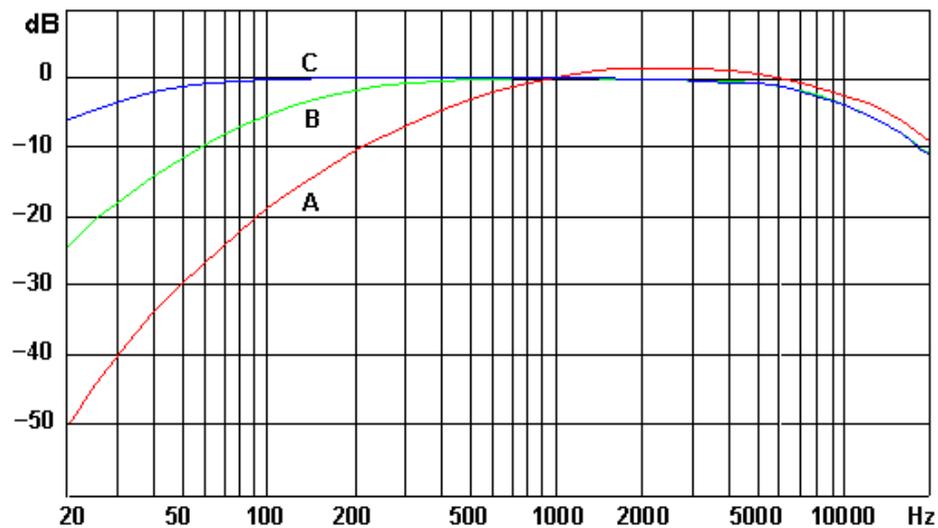


Figura 2.104. Curvas de ponderación a, b y c.

Fuente: (Miyara, 2003).

“Por supuesto, para completar una medición era necesaria una suerte de recursividad. Primero había que obtener un valor aproximado para decidir cuál de las tres redes había que utilizar, y luego realizar la medición con la ponderación adecuada.” (Miyara, 2003)

### 2.13.2. Producción de una onda sonora

Para que el sonido se genere son necesarios dos factores importantes: una fuente de vibración mecánica y un medio elástico por el que se propague la perturbación.

“Las ondas sonoras se dividen en tres categorías que cubren diferentes intervalos de frecuencia.

**1) Las ondas audibles:** Se encuentran dentro del intervalo de sensibilidad del oído humano. Es posible generarlas en una variedad de formas (instrumentos musicales, voces humanas, bocinas, etc.)

**2) Las ondas infrasónicas:** Se tiene frecuencias por abajo del intervalo audible. Los elefantes usan ondas infrasónicas para comunicarse mutuamente, aun cuando estén separados por varios kilómetros

**3) Las ondas ultrasónicas:** Existen frecuencias por arriba del alcance audible.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 474)

El aire es un elemento importante para que se genere un sonido, como se puede apreciar (fig. 2-101) si a un timbre dentro de un frasco se le extrae el aire, el sonido del timbre se irá disminuyendo, en cambio al introducir más aire vamos a verificar que el sonido aumenta.

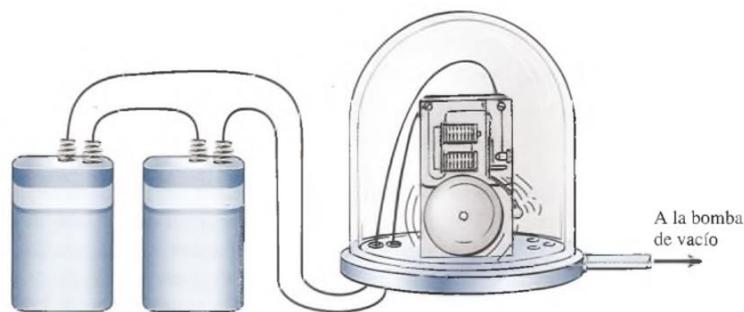


Figura 2.105. Producción del sonido.

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 442).

“Los sonidos se producen por materia que se halla en vibración” (Tippens, 2007, pág. 442).

### 2.13.3. Velocidad del sonido

Para obtener la velocidad del sonido nos basamos en un cilindro, el cual está comprimiendo un gas que es comprensible, “la región comprimida del gas continúa en movimiento hacia la derecha, lo que corresponde a un pulso longitudinal que viaja a través del tubo con rapidez  $v$ .” (Serway & Jewett, 2008, pág. 475).

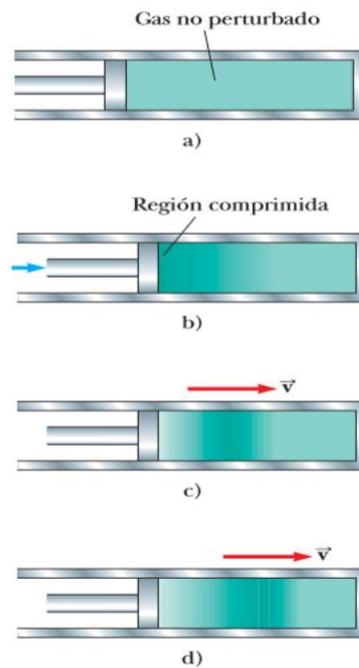


Figura 2.106. Movimiento de un pulso longitudinal.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 475).

Para la ecuación de la rapidez de onda sonora se tiene que esta “depende de la compresibilidad y la densidad del medio; si éste es un líquido o un gas y tiene un **módulo volumétrico  $B$**  y **densidad  $\rho$** , la rapidez de las ondas sonoras en dicho medio es” (Serway & Jewett, 2008, pág. 475):

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2-205)$$

En definición se tiene que la velocidad de las ondas mecánicas sigue la siguiente expresión:

$$v = \sqrt{\frac{\textit{propiedad elastica}}{\textit{propiedad inercial}}}$$

Para la rapidez del sonido también se debe tener en cuenta que depende de la temperatura del medio, “la relación entre la rapidez de la onda y la temperatura del aire, para el sonido que viaja a través del aire es” (Serway & Jewett, 2008, pág. 475).

$$v = \left(331 \frac{m}{s}\right) \sqrt{1 + \frac{T_c}{273^\circ C}} \quad (2-206)$$

Se tiene que:

“Que a  $0^\circ C$  la rapidez del sonido en aire es de  $331 \frac{m}{s}$

Que a  $20^\circ c$  la rapidez del sonido en aire es de  $343 \frac{m}{s}$ ” (Serway & Jewett, 2008, pág. 475).

Tabla 2-9. Rapidez del sonido en varios medios.

Medio	$v \left( \frac{m}{s} \right)$	Medio	$v \left( \frac{m}{s} \right)$	Medio	$v \left( \frac{m}{s} \right)$
Gases		Líquidos a 25°C		Sólidos	
<b>Hidrógeno (0°C)</b>	1286	<b>Glicerol</b>	1904	<b>Vidrio Pyrex</b>	5640
<b>Helio (0°C)</b>	972	<b>Agua de mar</b>	1533	<b>Hierro</b>	5950
<b>Aire (20°C)</b>	343	<b>Agua</b>	1493	<b>Aluminio</b>	6420
<b>Aire (0°C)</b>	331	<b>Mercurio</b>	1450	<b>Latón</b>	4700
<b>Oxígeno (0°C)</b>	317	<b>Queroseno</b>	1324	<b>Cobre</b>	5010
		<b>Alcohol metílico</b>	1143	<b>Oro</b>	3240
		<b>Tetracloruro de carbono</b>	926	<b>Lucita</b>	2680
				<b>Plomo</b>	1960
				<b>Caucho</b>	1600

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 476)

#### 2.13.4. Vibración de columnas de aire

“La frecuencia de las ondas sonoras transmitidas en el aire que rodea al resorte es idéntica a la frecuencia del resorte vibratorio. Por tanto, las *frecuencias posibles* o armónicas, de las ondas sonoras, producidas por un resorte vibratorio están dadas por:

$$f_n = \frac{nv}{2L} \quad n = 1, 2, 3 \dots \quad (2-207)$$

El sonido también puede producirse por las vibraciones longitudinales de una columna de aire en un tubo que está abierto en ambos extremos, un tubo abierto, o uno que está cerrado en un extremo, un tubo cerrado” (Tippens, 2007, pág. 445).

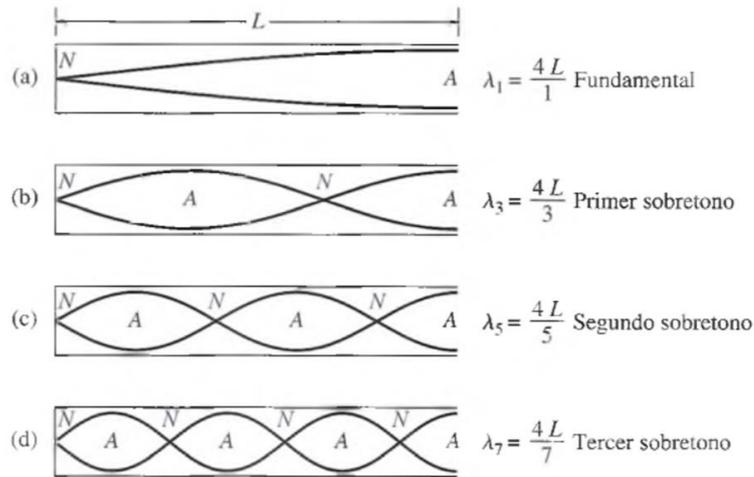


Figura 2.107. Ondas estacionarias en un tubo cerrado.

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 446).

Al apreciar esta imagen se tiene que “el modo fundamental de oscilación de una columna de aire en un tubo cerrado tiene un nodo en el extremo cerrado y un antinodo en el abierto. Por ende, la longitud de onda de la fundamental es igual a cuatro veces la longitud L del tubo.” (Tippens, 2007, pág. 446)

Por lo tanto para las longitudes de ondas se tiene:

$$\lambda_n = \frac{4L}{n} \quad n = 1,3,5 \tag{ 2-208}$$

En un tubo cerrado la frecuencia es:

$$f_n = \frac{nv}{4L} \quad n = 1,3,5 \dots \tag{ 2-209}$$

**2.13.5. Ondas sonoras audibles**

”Los fisiólogos se interesan principalmente en las ondas sonoras que tienen la capacidad de afectar el sentido del oído. Por tanto, es conveniente dividir el espectro del sonido en tres intervalos de frecuencias: sonido audible, sonido infrasónico y sonido ultrasónico.” (Tippens, 2007, pág. 448)

### 2.13.6. Definición de ondas sonoras

- “Sonido infrasónicas: ondas sonoras que tienen frecuencia por debajo del intervalo audible
- Sonido ultrasónicas: ondas sonoras que tienen frecuencia por encima del intervalo audible
- Sonido audible: son las que tienen ondas sonoras que están en un intervalo de frecuencia entre 20 a 20000  $H_z$

La intensidad de una onda sonora específica es una medida de la razón en la que la energía se propaga por cierto volumen espacial y se la considera también como la potencia transferida por una onda sonora a través de la unidad de área normal a la dirección de la propagación.” (Tippens, 2007, pág. 449)

$$I = \frac{P}{A} \quad (2-210)$$

Esta ecuación se puede demostrar en forma de las ecuaciones estudiadas de un resorte que oscila, la misma que sería:

$$I = 2 \pi^2 f^2 A^2 \rho v \quad (2-211)$$

Se tiene también  $I_0$  que representa el *umbral auditivo*, la misma que es la intensidad mínima para que un sonido sea audible:

$$I_0 = 1 * 10^{-12} \frac{W}{m^2} = 1 * 10^{-10} \frac{\mu W}{cm^2} \quad (2-212)$$

$\frac{W}{m^2}$  = intensidad

$\frac{\mu W}{m^2}$  = razón de flujo de energía

Así como se tiene el umbral auditivo también se tiene lo contrario que es el umbral de dolor que es la intensidad máxima que el oído puede apreciar sin sentir dolor, la cual es:

$$I_p = 1 \frac{W}{m^2} = 100 \frac{\mu W}{cm^2} \quad (2-213)$$

Para la medición de intensidad sonora se utiliza una ecuación, la misma que es:

$$B = \log \frac{I_1}{I_2} \quad (2-214)$$

“Por tanto, cuando se compara la intensidad de dos sonidos, se refiere a la diferencia entre niveles de intensidad dada por la ecuación anterior” (Tippens, 2007, pág. 450).

Tabla 2-10. Niveles de intensidad para el sonido.

Sonido	Nivel de intensidad (dB)
Umbral de audición	0
Susurro de las hojas	10
Murmullo de voces	20
Radio a volumen bajo	40
Conversación normal	65
En una esquina de una calle transitada	80
Transporte subterráneo	100
Umbral de dolor	120
Motor de propulsión	140-160

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 450)

## 2.14. TONO Y TIMBRE

El oído humano puede manifestarse como volumen cuando está sometido a una intensidad de sonido, es decir “las ondas sonoras más intensas son también de mayor volumen pero el oído no es igualmente sensible a sonidos de todas las frecuencias.” (Tippens, 2007, pág. 452)

Se puede recalcar también que un sonido de alta frecuencia puede no apreciarse como alto a comparación con otro de baja frecuencia pero de igual intensidad

“La frecuencia de un sonido determina lo que el oído juzga como el tono del sonido.”  
(Tippens, 2007, pág. 452)



Figura 2.108. Instrumentos que producen sonidos diferentes.

Fuente: (Tippens, 2007, pág. 453).

“La calidad o timbre de un sonido se determina por el número y las intensidades relativas de los armónicos presentes. La diferencia en calidad o timbre entre dos sonidos puede observarse en forma objetiva analizando las complejas formas de onda que resultan de cada sonido.” (Tippens, 2007, pág. 453)

En los instrumentos de la (Fig. 2-104) se recalca que el tono es el mismo en todos pero los sonidos son diferentes ya que estos difieren de la **calidad del timbre**.

### 2.14.1. El Efecto Doppler

Para este fenómeno del efecto Doppler se debe tener en cuenta una bocina de cualquier vehículo que a medida que más cerca está de nosotros, se puede escuchar con mayor frecuencia el sonido, pero si se aleja se aprecia que la frecuencia del sonido va disminuyendo.

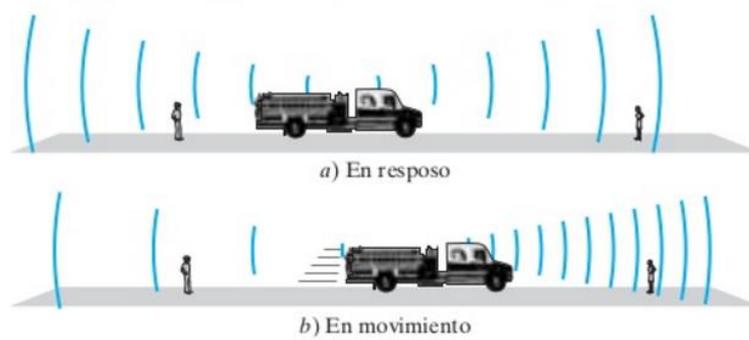


Figura 2.109. Ejemplo de efecto Doppler N°1.

Fuente: (Giancoli, Física para Ciencias e Ingeniería, 2008, pág. 439).

En la fig. (2-105) se puede apreciar el fenómeno del efecto Doppler ya que “el observador hacia el cual se mueve el camión oye un sonido de mayor frecuencia y el observador detrás del camión escucha un sonido de frecuencia menor.” (Giancoli, Física para Ciencias e Ingeniería, 2008, pág. 439)

“La rapidez de las ondas relativa al observador es  $v' = v + v_0$ , pero la longitud de onda  $\lambda$  no cambia.” (Tippens, 2007, pág. 484)

Frecuencia aumentada

$$f' = \frac{v'}{\lambda} = \frac{v + v_0}{\lambda} \quad (2-215)$$

Ya que  $\lambda = \frac{v}{f}$  se tiene:

$$f' = \left(\frac{v + v_0}{v}\right) f \quad \text{observador acercándose hacia la fuente} \quad (2-216)$$

$$f' = \left(\frac{v - v_0}{v}\right) f \quad \text{observador alejándose de la fuente} \quad (2-217)$$

Si en cambio se conoce que la fuente se mueve y el observador está en reposo, se tiene que: “durante cada vibración que dura un intervalo de tiempo  $T$  (el periodo) la fuente se mueve una distancia  $v_s T = \frac{v_s}{f}$  y la longitud de onda se acorta en esta cantidad. Por lo tanto, la longitud de onda observada  $\lambda'$  es:” (Tippens, 2007, pág. 484).

$$\lambda' = \lambda - \Delta\lambda = \lambda - \frac{v_s}{f} \quad (2-218)$$

Según la (Fig 2-107). Como  $\lambda = \frac{v}{f}$  la frecuencia  $f'$  que escucha el observador A es

$$f' = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\lambda - \left(\frac{v_s}{f}\right)} = \frac{v}{\left(\frac{v}{f}\right) - \left(\frac{v_s}{f}\right)} \quad (2-219)$$

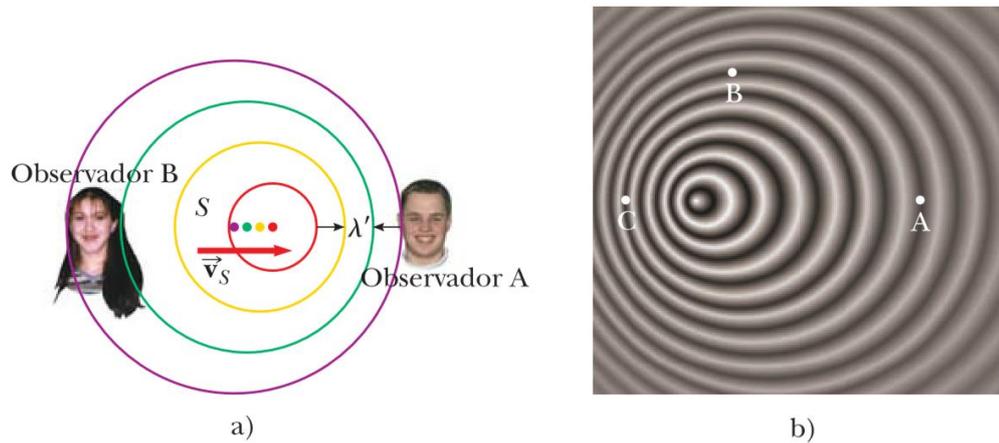


Figura 2.110. Ejemplo de efecto Doppler N°2.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008, pág. 484).

Por lo tanto se tiene que:

$$f' = \left(\frac{v}{v - v_s}\right) f \quad \text{fuente móvil hacia el observador} \quad (2-220)$$

$$f' = \left(\frac{v}{v + v_s}\right) f \quad \text{fuente que se aleja del observador} \quad (2-221)$$

En general la ecuación para El Efecto Doppler será:

$$f' = \left(\frac{v + v_0}{v - v_s}\right) f \quad (2-222)$$

“Aunque el efecto Doppler se experimenta más comúnmente con ondas sonoras, es un fenómeno común a todas las ondas. El efecto Doppler se usa en los sistemas de radar policiaicos para medir la rapidez de los vehículos automotores” (Tippens, 2007, pág. 485), estudios en astrofísica, diagnóstico ecográfico, etc.

### **Capítulo 3 : APLICACIONES Y PROPUESTAS.**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se desarrolla las propuestas de ejercicios y prácticas de laboratorio, las cuales abarcan todos los contenidos de los sílabos de las cátedras de Física I y Física II, de la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, de la Universidad del Azuay.

Dichos ejercicios se dividen en tres categorías, los cuales están identificados como sigue: [\*] para aquellos ejercicios los cuales su nivel de dificultad o aplicación son básicas, [\*\*] para aquellas aplicaciones de nivel medio las cuales se requieren un análisis más profundo y relacionan varios conceptos necesarios para su resolución, [\*\*\*] para aquellas propuestas las cuales requieren un análisis más complejo, exigiendo al alumno mayor nivel de razonamiento ya que son considerados nivel alto, o de desafío.

Todos los ejercicios propuestos presentan su respectiva solución, con lo cual se consigue que el usuario del presente documento tenga la certeza, confianza y respaldo que necesita. Además a esto se cuenta con varios ejercicios resueltos los cuales guiarán al alumno de manera detallada y sistemática la relación de los sistemas automotrices con la física, mediante un análisis con datos reales de los sucesos físicos que se dan en el vehículo los cuales arrojen respuestas coherentes, ya sea durante su funcionamiento estático, en ruta, o cuando el automotor está en reposo. Finalmente se propone el rediseño de las prácticas de laboratorio, con propuestas innovadoras como la utilización de programas de simulación, equipamiento automotriz disponible en el taller de Mecánica Automotriz y el vehículo.

### 3.2. Pasos a seguir para el desarrollo de ejercicios

Para tener un desarrollo eficiente, comprensible y con resultados coherentes de este grupo de ejercicios de Física I y Física II según el enunciado de cada uno, se plantea un método a seguir para su desarrollo:

**IDENTIFICACIÓN:** Repaso de la teoría que involucra el ejercicio y determinar las formulas a utilizar

**PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO:** Una vez repasada la teoría y luego de haber analizado el enunciado, se procede a plantear las ecuaciones que se tiene según la información proporcionada y a determinar las incógnitas que pide el ejercicio

**RESOLUCIÓN:** Esta sección es la más importante, por ello se debe tener un adecuado orden en el proceso de resolución, la cual debe ser clara y con todos los detalles necesarios, para no tener confusiones en el desarrollo y por ende en los resultados

**ANÁLISIS DE RESULTADOS:** Finalmente se exponen los resultados haciendo un pequeño análisis de los mismos.

### 3.3. CINEMÁTICA (APLICACIONES)

**Fuente:** Autores. **Temática:** Reposo y Movimiento rectilíneo uniforme

- 1) **[\*\*]** Un tren de largo  $x$  se mueve con Movimiento Rectilíneo Uniforme, y pasa a través de un túnel cuya longitud es de 300 m y lo cruza completamente empleando para ello 30 s. El faro del tren que está ubicado en la parte delantera en un punto fijo tarda 27 s en pasar por el túnel, ¿Cuál es el largo del tren?.

**Respuesta: 33.33 m**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Trayectoria, Velocidad, Aceleración, Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

- 2) **[\*]** La posición de una partícula que se desplaza en línea recta está definida por la relación  $x = 4t^3 - 6t^2 - 24t + 30$ , donde  $x$  y  $t$  están expresados en pies y

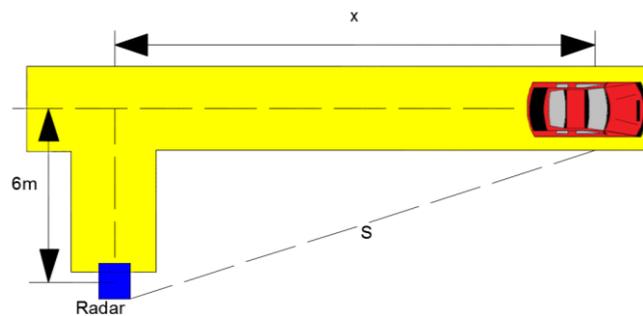
segundos respectivamente. Determine: a) el tiempo cuando la velocidad será cero, b) la aceleración en ese tiempo, c) realice los gráficos de posición, velocidad y aceleración, respecto al tiempo. **Respuestas: a) 2s, b) 3ft**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Velocidad

3) [\*] Un vehículo en cierto momento tiene una relación de transmisión de 3.0 y un diámetro de ruedas de 750mm. Determine la velocidad de marcha del vehículo, si en ese instante del número de revoluciones del motor es de 3200 rpm. **Respuesta: 150.796 km/h**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Velocidad

4) [\*\*\*] Un vehículo se desplaza por una autopista cuyo límite de velocidad es 90 km/h. Un radar de precisión oculto a 6 m de la autopista registra que “S” como muestra la figura, decrece a razón de 78 km/h cuando “S=10” ¿Va a exceso de velocidad? **Respuesta: Si excede  $V = 97.5 \text{ km/h}$**



**IDENTIFICACIÓN:** En este ejemplo se estudia la derivada de una ecuación de segundo grado

**PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO:** Dada la ecuación planteada por el ejercicio, se desarrolla la derivada del espacio con respecto al tiempo para obtener el valor de la velocidad del vehículo

**RESOLUCIÓN:**

- La velocidad del auto (cuando  $S=10m$ );

$$\frac{dx}{dt} = ?$$

- Aplicando el teorema de Pitágoras se tiene la ecuación:

$$x = \sqrt{s^2 - 6^2}; \quad x^2 + 6^2 = s^2$$

- Derivando la ecuación con respecto al tiempo

$$x^2 + 6^2 = s^2$$

$$2x \frac{dx}{dt} = 2s \frac{ds}{dt}$$

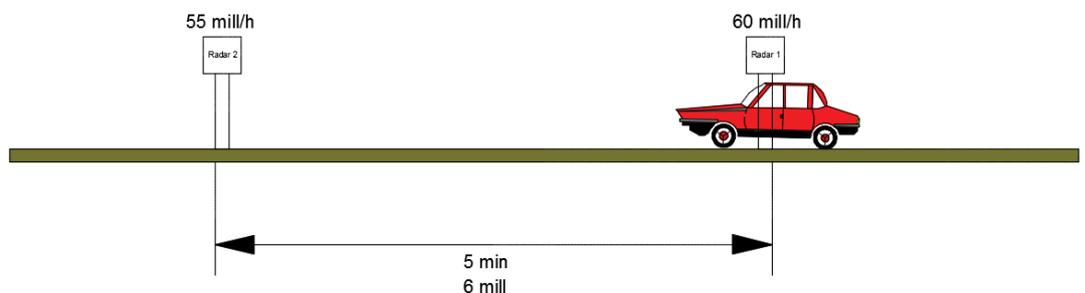
$$\frac{dx}{dt} = \frac{s}{x} \frac{ds}{dt} = \frac{10}{8} (78)$$

$$\frac{dx}{dt} = 97.5 \text{ km/h (si excede el límite de velocidad permitido)}$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: Se tiene una velocidad instantánea de 97.5 km/h, con lo que se puede concluir que si el límite de velocidad es de 90 km/h en la autopista, este vehículo si lo excede.

**Fuente:** Autores. **Temática:** Velocidad media

- 5) [\*\*] En una autopista cuyo límite de velocidad es de 65 mi/h, dos radares se encuentran ubicados a 6 millas de distancia entre ellas. En el instante que pasa un vehículo por el primer radar, este marca una velocidad de 60 mi/h, 5 minutos después el mismo vehículo pasa por el segundo radar el cual marca 55 mi/h ¿El vehículo excedió el límite de velocidad en el transcurso de los 5 minutos? justifique su respuesta. **Respuesta: Si excedió, debido a que la velocidad media necesaria es de 72mill/h**



**Fuente:** Autores. **Temática:** Velocidad instantánea

- 6) [\*] Si un automóvil se desplaza según la ecuación  $x(t) = 3 - 4t^2$ . Determine la velocidad a cabo de 6 segundos. **Respuesta:**  $v_{ins} = -48m/s$

IDENTIFICACIÓN: En este ejemplo se estudia la ecuación de la velocidad instantánea, para lo cual se deriva la ecuación del espacio con respecto al tiempo planteada por el ejercicio, para obtener la ecuación de la velocidad instantánea

PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO: Se aplica la fórmula de la velocidad instantánea y se reemplaza los datos que proporciona el ejercicio

RESOLUCIÓN:

Se tiene como referencia la ecuación de la velocidad instantánea, se reemplaza los datos y se desarrolla para encontrar su valor

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

$$v = -8t = -8(6)$$

$$v = -48m/s$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: Al aplicar directamente la fórmula de la velocidad instantánea, se obtiene la velocidad instantánea para ese momento.

**Fuente:** Autores. **Temática:** Velocidad media, Velocidad instantánea

- 7) [\*\*] Considere la ecuación  $x(t) = 4t^2$  que representa la relación de la distancia recorrida en metros y el tiempo en segundos de cierto vehículo. Determine la velocidad media e instantánea, si para velocidad media t es de 1 a 5 segundos, y para la velocidad instantánea t=1 s. **Respuesta:** a)  $v_m = 24.75 m/s$ , b)  $v_{ins} = 8 m/s$

**Fuente:** Autores. **Temática:** Aceleración media

- 8) [\*] Que tiempo tarda en alcanzar un vehículo 115 km/h, si este va con una aceleración media de  $6 \text{ m/s}^2$ , teniendo en cuenta que este va a 60 km/h inicialmente. **Respuesta:**  $t = 2.54 \text{ s}$

**Fuente:** Autores. **Temática:** Velocidad media, Aceleración media

- 9) [\*\*\*] Un vehículo parte del reposo desde el kilómetro 35 de una vía completamente horizontal. Luego de recorrer 1 hora con 20 min, llega al kilómetro 125, pero el conductor al darse en cuenta que no existe gasolineras se regresa, encontrándose con una en el kilómetro 50 una hora después. Determine: a) el espacio recorrido, b) velocidad media y aceleración media en ese tiempo de las dos horas, y c) la velocidad media en el viaje de ida y vuelta. **Respuesta:** a)  $\Delta x = 165 \text{ km}$ . b)  $v_m = 70 \text{ km/h}$ .  $a_m = 0.0087 \text{ m/s}^2$  c)  $v_{m(\text{ida})} = 67.5016 \text{ km/h}$ .  $v_{m(\text{vuelta})} = 75 \text{ km/h}$

**Fuente:** Autores. **Temática:** Aceleración media

- 10) [\*] Un automóvil que se desplaza por una carretera a una velocidad de 25 m/s necesita 18 segundos para incrementar su velocidad en 15 km/h. ¿Cuál es la aceleración media obtenida? **Respuesta:**  $0.2315 \text{ m/s}^2$

**Fuente:** (Beer, Johnston , & Cornwell, Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica, 2005, pág. 624) **Temática:** Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

- 11) [\*\*\*] Se construyen rampas de seguridad inclinadas a lado de autopistas montañosas, para permitir que los vehículos con frenos defectuosos frenen de manera segura. Un tracto camión entra a una rampa de 250 m a una alta velocidad  $V_0$  y recorre 180 m en 6s a desaceleración constante antes de que su rapidez se reduzca a  $V_0/2$ . Suponiendo la misma desaceleración constante, determine: a) el tiempo adicional requerido para que el tracto camión se

detenga, b) la distancia adicional recorrida por el camión. **Respuestas: a) 6s, b) 60m**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

**12) [\*\*]** En la última recta de 800 m en una pista, se disputan el primer lugar dos autos de carreras, el auto A pasa por un punto ubicado a 300 m de la meta con una velocidad de 240 km/h y con una aceleración constante de  $3\text{ m/s}^2$ ,  $1/10$  de segundo más tarde, pasa por el mismo punto el auto B con la misma aceleración a 250 km/h. Determine: a) ¿Cual auto es el ganador?, b) Cual es el tiempo de diferencia en cruzar la meta. **Respuestas: a) El auto B, b) 0.0403s**

**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 64) **Temática:** Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

**13) [\*]** La catapulta del portaaviones USS Abraham Lincoln acelera un jet de combate F/A-18 Hornet, desde el reposo hasta una rapidez de despegue de 173 mi/h en una distancia de 307 ft. Suponga aceleración constante. a) Calcule la aceleración del avión en  $\text{m/s}^2$ . b) Calcule el tiempo necesario para acelerar el avión hasta la rapidez de despegue. **Respuestas: a) 31.9596  $\text{m/s}^2$ , b) 2.4199 s**

**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 64) **Temática:** Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

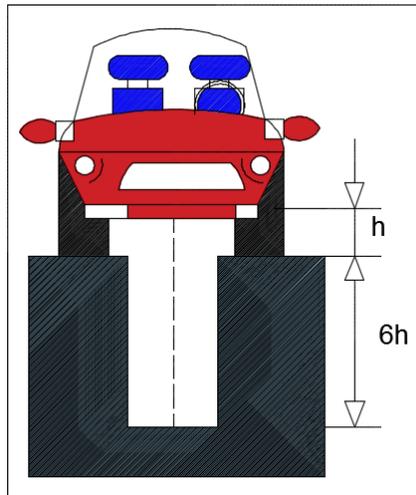
**14) [\*\*]** El cuerpo humano puede sobrevivir a un incidente de trauma por aceleración negativa (parada repentina), si la magnitud de la aceleración es menor que  $250\text{ m/s}^2$ . Si usted sufre un accidente automovilístico con rapidez inicial de 105 km/h (65 mi/h) y es detenido por una bolsa de aire que se infla desde el tablero, ¿En qué distancia debe ser detenido por la bolsa de aire para sobrevivir al percance?. **Respuesta: 1.70 m**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento vertical - Caída libre.

- 15) [\*\*] Un cohete que lleva un satélite, acelera verticalmente alejándose de la superficie terrestre. 1.5s después del despegue, el cohete libera el tope de su plataforma de lanzamiento, estando a 72 m del suelo experimenta caída libre. Calcule a) el tiempo que tarda en llegar al piso y b) su velocidad justo antes del impacto. **Respuestas: a) 3,8313 s b) 135,3064 km/h**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento vertical - Caída libre.

- 16) [\*] Un automóvil está en una *fosa de inspección*. De él cae una gota de lubricante proveniente del tapón del diferencial tardando 0.65 s en llegar al piso de la fosa. Determine: a) A qué velocidad se impacta la gota y b) la altura de la fosa. **Respuestas: a) 6.37 m/s, b) 1,776 m**



**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento vertical - Caída libre

- 17) [\*\*] En un rally, un helicóptero de abasto no puede aterrizar, así que decide liberar un paquete para sus compañeros, si se sabe que cuando está cayendo el paquete a 1 s de llegar al piso este tiene una velocidad de 45 km/h. Determine a) desde que altura fue liberado y b) la velocidad justo antes del impacto. **Respuestas: a) 25,369 m, b) 22,31 m/s**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, Movimiento vertical – Lanzamiento de partículas hacia arriba - Caída libre

- 18) [\*\*] Un cohete de 6500 kg despegue verticalmente con aceleración constante de  $2.10 \text{ m/s}^2$ , sin sufrir la resistencia del aire. Cuando alcanza una altura de 487m sus motores fallan de manera repentina, quedando únicamente bajo el efecto de la fuerza de gravedad. Determine: a) cual es la altura máxima que alcanza. b) Que tiempo después de que los motores fallan llega al piso, y c) ¿Cuál es la velocidad justo antes del impacto? **Respuestas: a) 591,25 m, b) 15,589 s, c) 107,705 m/s.**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento parabólico

- 19) [\*\*] En abril 2010 el piloto australiano Robbie Maddison logró cruzar con éxito los 85m de ancho del Canal de Corinto, acelerando con su Honda 500cc hasta una velocidad de 125 km/h en una rampa a  $45^\circ$  (Suponiendo que el punto de salto y aterrizaje están a la misma altura y despreciando la resistencia del aire). Determine: a) el alcance del salto b) el tiempo de vuelo y c) la velocidad de aterrizaje **Respuestas: a) 122,8967 m, b) 5,0056 s, c) 34.7225 m/s.**

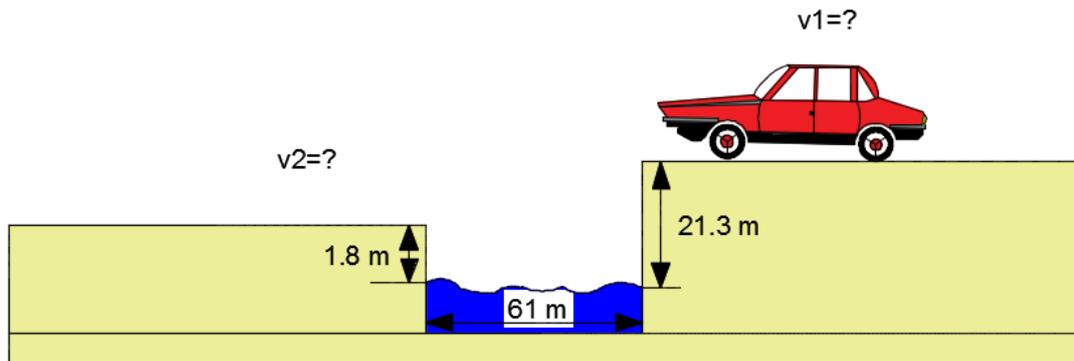


Fuente: (Maddison , 2016)(consulta 05-abril-2016).

**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 99) **Temática:** Movimiento parabólico

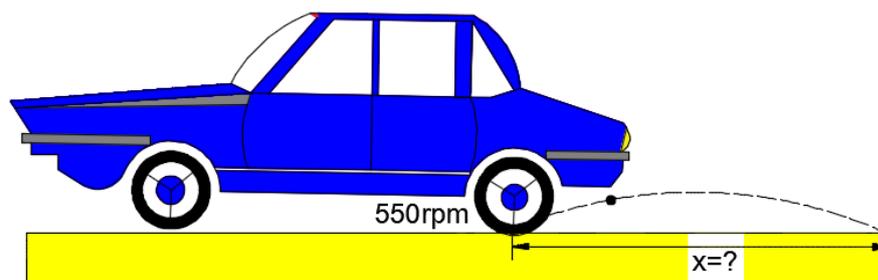
- 20) [\*\*] Un automóvil llega a un puente durante una tormenta y el conductor descubre que las aguas se lo han llevado. El conductor debe llegar al otro lado, así que decide intentar saltar la brecha con su auto. La orilla en la que se

encuentra está 21.3 m arriba del río, mientras que la orilla opuesta está a sólo 1.8 m sobre las aguas. El río es un torrente embravecido con una anchura de 61.0 m. a) ¿Qué tan rápido deberá ir el auto cuando llegue a la orilla para librar el río y llegar a salvo al otro lado? b) ¿Qué rapidez tendrá el auto justo antes de que aterrice en la orilla opuesta? **Respuestas: a) 30,6 m/s, b) 36.3 m/s.**



**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento parabólico

21) [\*\*] Cuando un vehículo estacionado se pone en marcha, su neumático de 25cm de radio inicia su giro hasta alcanzar 550 rpm en 20s. En un tiempo de 15s sale disparado una piedra incrustada en la rueda con un ángulo de  $35^\circ$  ¿Calcular a que distancia del punto de partida caerá la piedra? **Respuesta: 11 m.**



**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento circular

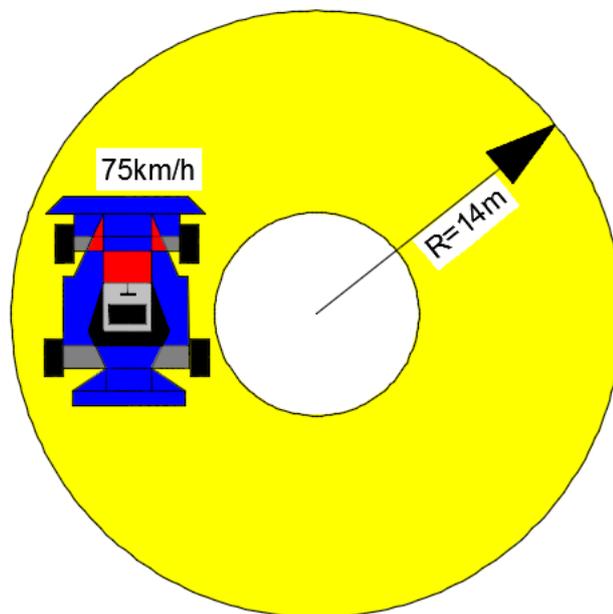
22) [\*] Un automóvil deportivo Porsche GT3 tiene una aceleración lateral  $3g$ , y un Aston Martin V8 Vantage  $0.96g$ . (esta es la aceleración centrípeta máxima que puede lograr los autos derrapando sin salirse de la trayectoria circular,

siendo  $g$  la gravedad), viajan a  $180\text{km/h}$  y a  $108\text{km/h}$  respectivamente, en su trayecto deben pasar por una curva de  $90\text{ m}$  de radio. Determine: ¿Qué auto pierde pista? **Respuesta: b**

- a. Porsche GT3
- b. Aston Martin V8 Vantage
- c. Los dos
- d. Ninguno

**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento circular

**23) [\*]** Un Go-kart de  $150\text{ Kg}$  (con el piloto a bordo) se desplaza a una velocidad de  $75\text{ km/h}$  por una pista circular de  $14\text{m}$  de radio. Determine la fuerza de fricción que ejerce la superficie en los neumáticos impidiendo que el vehículo salga de su trayectoria. **Respuestas: 4650N**



**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 100) **Temática:** Movimiento circular

**24) [\*\*]** En el Centro de Investigación Ames de la NASA, se utiliza el enorme centrifugador “20-G” para probar los efectos de aceleraciones muy elevadas

(“hipergravedad”) sobre los pilotos y los astronautas. En este dispositivo, un brazo de 8.84 m de largo gira uno de sus extremos en un plano horizontal, mientras el astronauta se encuentra sujeto con una banda en el otro extremo. Suponga que el astronauta está alineado en el brazo con su cabeza del extremo exterior. La aceleración máxima sostenida a la que los seres humanos se han sometido en esta máquina comúnmente es de 12.5 g. a) ¿Qué tan rápido debe moverse la cabeza del astronauta para experimentar esta aceleración máxima? b) ¿Cuál es la diferencia entre la aceleración de su cabeza y pies, si el astronauta mide 2.00 m de altura? c) ¿Qué tan rápido, en rpm (rev/min), gira el brazo para producir la aceleración sostenida máxima? .

**Respuestas: a) 32.9 m/s, b) 27.7m/s<sup>2</sup> c) 35.5 rpm**

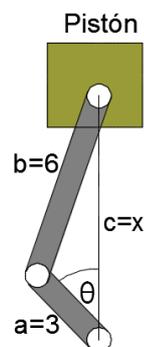
**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento circular

25) [\*] Un electro ventilador gira a razón de 480 rpm, al estabilizar la temperatura del motor este se desconecta automáticamente deteniéndose en 20 s con aceleración angular constante ¿Calcule el número de vueltas que da hasta detenerse? **Respuestas: 80 vueltas**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento circular

26) [\*\*\*] Un motor cuya biela mide 6 in, está conectado a un cigüeñal de 3in de radio girando a 400rpm ¿Calcule la velocidad del pistón cuando  $\theta = \frac{\pi}{3}$  ?

**Respuestas: 10038.37 in\*min**



IDENTIFICACIÓN: En este ejemplo se analiza la ley de seno y coseno, la derivada de segundo grado y la teoría del movimiento circular ya que se considera el movimiento del cigüeñal en rpm, medidas de longitud de biela y cigüeñal

PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO: Se aplica la ecuación de la ley de coseno, que al derivar esta ecuación se podrá obtener la velocidad del pistón, teniendo en cuenta la velocidad angular y el ángulo que plantea como datos el ejercicio

RESOLUCIÓN:

- La velocidad del pistón (cuando  $\theta = \pi/3$ )

$$\frac{dx}{dt} = ?$$

- Ya que una vuelta del pistón es  $2\pi$  rad.

$$\omega = 400 \text{ rpm} = 400 * 2\pi$$

$$800\pi \text{ rad} = \frac{d\theta}{dt}$$

- Planteando la ecuación de la ley de coseno que derivando y reemplazando los respectivos datos se tiene:

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac * \cos \theta$$

$$(6 * \cos \theta - 2x) \frac{dx}{dt} = 6x * \sin \theta \frac{d\theta}{dt}$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{6x * \sin \theta}{(6 * \cos \theta - 2x)} \left( \frac{d\theta}{dt} \right)$$

- Teniendo como resultados los valores para “x” que al sustituir el valor positivo se tiene la velocidad del pistón.

$$x_1 = 4.2915 \quad x_2 = -6.2915$$

$$v = \frac{dx}{dt} = 10038,37 \text{ in} * \text{min}$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: Cuando el pistón se mueve siempre va haber un punto en donde este va a generar un ángulo  $\theta$  entre la bancada y el cigüeñal, mismo que se utiliza para la ecuación de la ley de coseno.

**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento circular

- 27) [\*] Un automóvil incrementa su velocidad de 30 km/h a 85 km/h en 10s, si el diámetro de sus ruedas es de 55cm ¿Cuál es la aceleración angular de las mismas? **Respuestas:**  $5.5552 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$

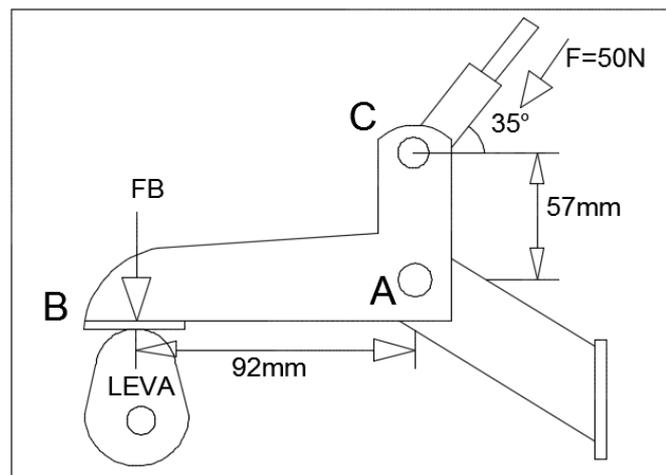
### 3.4. LEYES DE LA DINÁMICA (APLICACIONES)

**Fuente:** Autores. **Temática:** Fuerza de resistencia a la pendiente

- 1) [\*] Calcular la resistencia a la pendiente que opone un vehículo, que pesa 1500kgf, cuando asciende 115m en 0.5 km de recorrido. **Respuesta: 345 kgf**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Diagrama de cuerpo libre, Momento de una fuerza con respecto a un punto

- 2) [\*] Se ejerce una fuerza “F” sobre un balancín de motor como se indica en la figura, construya el diagrama de cuerpo libre del sistema y determine la fuerza que se ejerce sobre la leva. **Respuesta:  $F_b=233.36\text{ N}$**

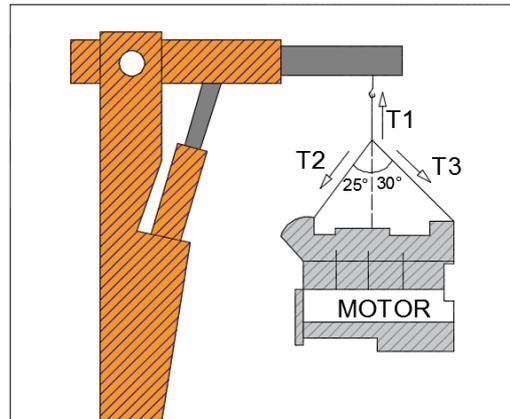


**Fuente:** Autores. **Temática:** Segunda ley de Newton

- 3) [\*] Un automóvil cuya masa es de 1535Kg, se desplaza a 85 Km/h sobre una carretera, repentinamente el conductor observa un letrero de un cruce escolar a 200m, inmediatamente acciona los frenos deteniendo al vehículo completamente 14 s después. Determine: a) la fuerza de frenado, b) ¿Alcanza a frenar antes del cruce escolar? **Respuestas: a)  $F = -2861.24\text{ N}$  b) si  $e = 165.2728\text{ m}$**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Diagrama de cuerpo libre, Equilibrio

- 4) [\*\*] Para realizar el mantenimiento correctivo del motor de un vehículo se necesita desmontarlo, para ello se utiliza una grúa hidráulica con cadenas como se muestra en la figura. Determine la tensiones en cada una de las cadenas (desprecie el peso de las mismas). **Respuesta: a)  $T_1 = W$  b)  $T_2 = 0.61W$  c)  $T_3 = 0.5159W$**



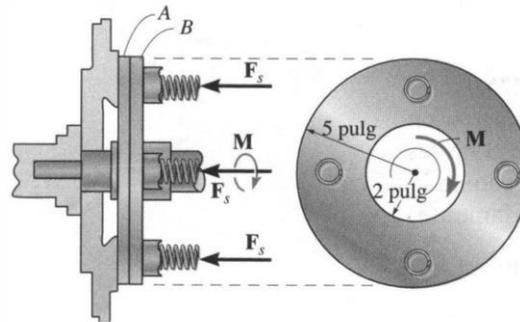
**Fuente:** Autores. **Temática:** Momentos (Torque neto)

- 5) [\*\*] En un taller automotriz un esmeril de 1.7 Kg de masa en forma de un cilindro uniforme de 25 cm de radio. Si el esmeril alcanza una rapidez angular de 1600 rpm a partir del reposo en un tiempo de 8s con una aceleración angular constante, calcule: a) el momento (torque) entregado por el motor, b) La fuerza tangencial que es necesario aplicar al esmeril para que este se detenga en 6s, suponiendo que en un tiempo de 8s se apaga el motor.

**Respuestas: a) 0.66N.m b) 2010.61  $\frac{rad}{seg^2}$**

**Fuente:** (Hibbeler, 2004, pág. 428) **Temática:** fuerza, fuerza de fricción estática

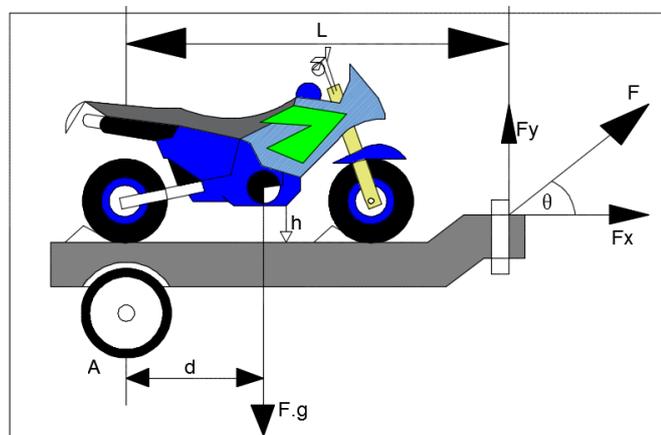
- 6) [\*\*] El embrague (clutch) de disco se usa en transmisiones estándar de automóvil. Si se utilizan cuatro resortes para juntar las dos placas A y B, determine la fuerza requerida en cada resorte para transmitir un momento de  $M=600$  lb-pie a través de las placas. El coeficiente de fricción estática entre A y B es ( $\mu=0.3$ ). **Respuesta: 1615.38 lb**



**Fuente:** Autores. **Temática:** Equilibrio, Momento de una fuerza con respecto a un punto

- 7) [\*\*] Un remolque con dos motos, cuya masa total es de 250 Kg. se halan mediante un vehículo con una fuerza “F”, las motos están dispuestas de manera que su centro de gravedad se ubica como se indica en la figura. Ignore la fuerza de fricción de los neumáticos del remolque, y teniendo una aceleración de  $1,2 \text{ m/s}^2$ . Determine las componentes de la fuerza “F”.

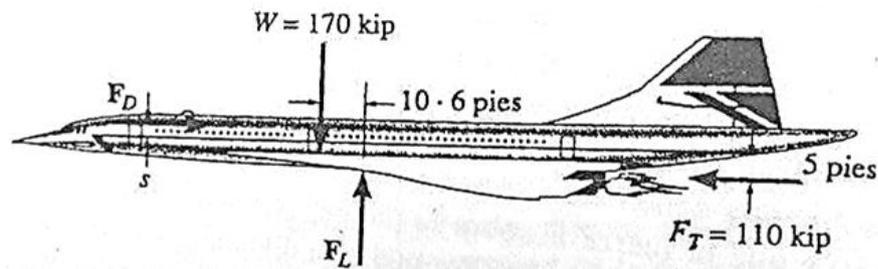
**Respuestas:** a)  $F_x = 300 \text{ N}$  b)  $F_y = 965 \text{ N}$



**Fuente:** (Hibbeler, 2004, pág. 206) **Temática:** Equilibrio o, Momento de una fuerza con respecto a un punto

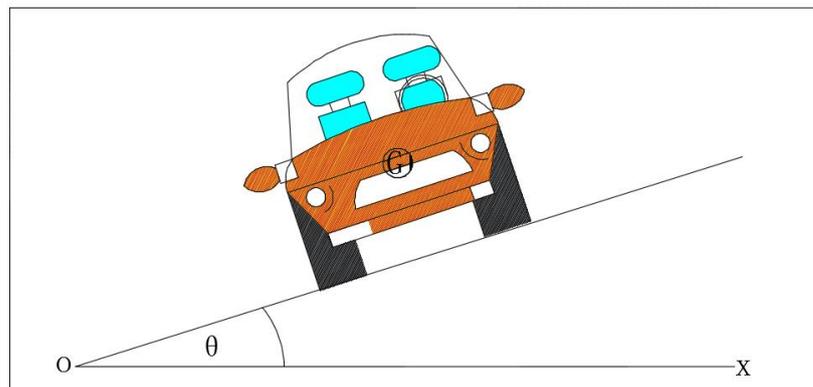
- 8) [\*\*] En la figura se muestra las fuerzas que actúan sobre el avión mientras se encuentra volando a una velocidad constante. Si el empuje de la máquina es  $F_T = 110 \text{ Kip}$  y el peso del avión es de  $W=170 \text{ Kip}$ , determine la fuerza de arrastre atmosférica  $F_D$  y el empuje sobre el ala  $F_l$ , también determine la

distancia “s” de la línea de acción de la fuerza de arrastre. **Respuestas: a)  $F_L = 170 \text{ Kip}$  b)  $F_D = 110.017 \text{ Kip}$  c)  $s = 11.38 \text{ m}$**



**Fuente:** Autores. **Temática:** Equilibrio, Diagrama de cuerpo libre, Rozamiento

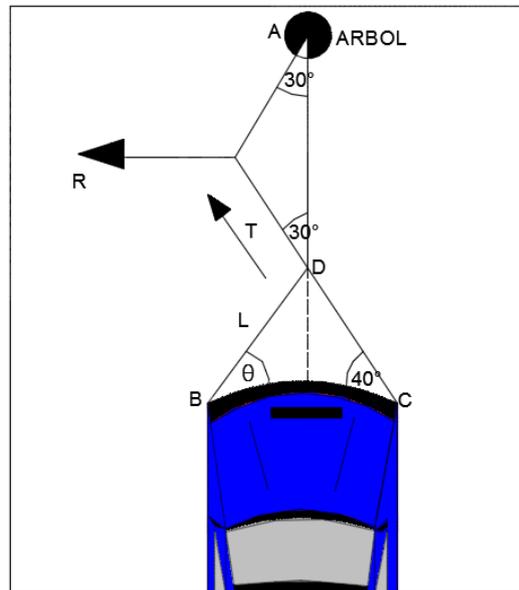
- 9) [\*\*] En un día lluvioso, un vehículo cuya masa es de 1.8 Mg con su centro de gravedad en “G” se desplaza a una velocidad constante de 50 mill/h , si el coeficiente de fricción estático entre la calzada y los neumáticos es de  $\mu_s = 0.7$ . Determine el ángulo máximo del peralte que puede tener el camino para evitar que el vehículo se voltee o se deslice. **Respuesta: Ángulo límite para evitar el deslizamiento  $\phi = 34.99^\circ$  (si es mayor se desliza) Angulo límite para evitar el vuelco  $\phi = 45^\circ$  (si es mayor se da el vuelco)**



**Fuente:** Autores. **Temática:** Equilibrio, Diagrama de cuerpo libre

- 10) [\*\*\*] Un vehículo todo terreno va a ser rescatado de un lodazal utilizando un arreglo de cuerdas. Se ejerce una fuerza de remolque “T” de 5645 lb

¿Determine la longitud mínima “L” de la cuerda B-D para que la tensión en cualquiera de las cuerdas B-D o D-C no exceda de 7000 lb? **Respuestas: 3.72 ft**

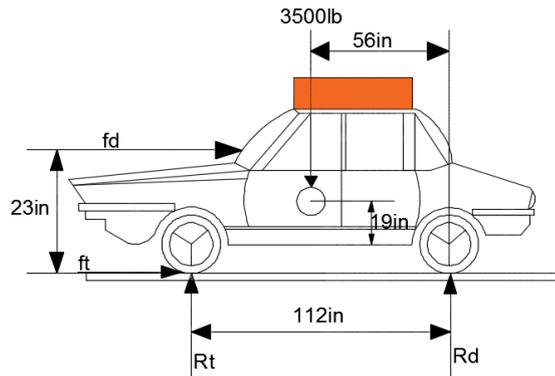


**Fuente:** Autores. **Temática:** Segunda ley de Newton, Rozamiento

- 11) [\*] Una partícula cuya masa es de 10Kg se desplaza sobre una superficie con una velocidad de 15 m/s, recorre 22m y su velocidad se reduce al 10%, ¿determine el coeficiente de rozamiento entre la partícula y la superficie?.  
**Respuesta:**  $\mu_s = 0.51$

**Fuente:** Autores. **Temática:** Equilibrio, Rozamiento

- 12) [\*\*\*] Un vehículo de 3500 lb con carga como se puede apreciar en la figura, se desplaza en línea recta con velocidad constante sobre un camino horizontal y liso a 65mi/h, a esta velocidad la resistencia a la fricción aerodinámica es de 18 Hp, el centro de la gravedad y el centro de la presión aerodinámica (Fd) se disponen como se indican en la figura, Determine las fuerzas de reacción en sus ruedas y coeficiente de fricción. **Respuestas: Rd=1728.54 lb.; Rt=1771.46 lb.;  $\mu=0.058$**



IDENTIFICACIÓN: En este ejemplo se estudia y revisa la teoría de potencia y momentos con respecto a un punto, teniendo en cuenta el peso adicionado al vehículo y las fuerzas que intervienen en este, de la misma manera se debe tener en cuenta los valores de las distancias

PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO: Se aplica la fórmula de potencia deduciéndole a una fórmula simple, luego se aplica la sumatoria de momento con respecto a un punto teniendo en cuenta las fuerzas y distancias que plantea el ejercicio, para así obtener las reacciones en cada neumático

RESOLUCIÓN:

- Transformación de la velocidad de mi/h a ft/s.

$$v = 5685.33 \frac{ft}{min}$$

- Aplicando la fórmula de potencia y deduciendo a una simple para así obtener la fuerza “Fd”

$$Potencia = \frac{Trabajo}{tiempo} = \frac{F * s}{t} = F * v$$

$$P = fd * v$$

$$fd = 104.47 \text{ Lb}$$

- Haciendo la sumatoria de momentos con respecto a “Rt” y la respectiva sumatoria de fuerzas con respecto a (x , y)

$$+\circlearrowleft \Sigma M_{Rt} = 0 = -3500(56) + Rd(112) + Fd(23) = 0$$

$$Rd = 1728.54 \text{ lb.}$$

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow Ft - Fd = 0 \Rightarrow Ft = 104.47 \text{ Lb}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow Rt + Rd - 3500 = 0 \Rightarrow Rt = 1771.46 \text{ lb.}$$

- Teniendo los resultados de los valores de  $F_t$  y  $R_t$  se puede obtener el coeficiente de fricción.

$$\mu = \frac{F_t}{R_t} = 0.058$$

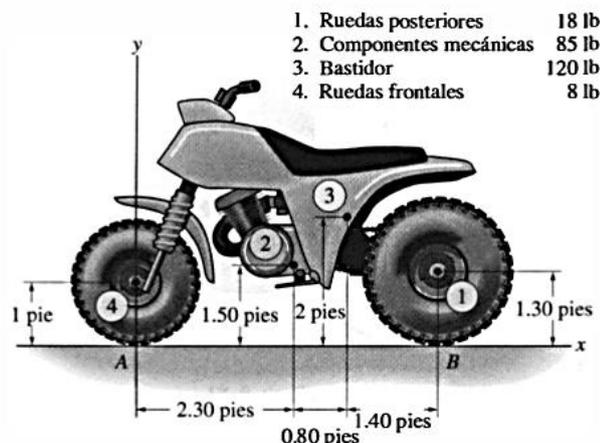
ANÁLISIS DE RESULTADOS: los valores obtenidos de las reacciones en cada neumático son coherentes por el peso adicional que tiene el vehículo y la fuerza que se oponen al movimiento de este.

**Fuente:** Autores. **Temática:** Segunda ley de Newton, Rozamiento, Coeficiente de rozamiento

- 13) [\*\*] Un SUV (Sport Utility Vehicle) tiene una masa de 1460Kg y se mueve a  $27 \text{ m/s}$  sobre un terreno nivelado a) ¿Determine la fuerza resultante necesaria para detenerlo en 60 m? b) ¿cuál debe ser el coeficiente de fricción cinético? **Respuestas:** a)  $F = -8869.5$ ; b)  $a = -6.075 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ; c)  $\mu_s = -0.61$

**Fuente:** (Hibbeler, 2004, pág. 473) **Temática:** Momento con respecto a un punto, Centro de gravedad

- 14) [\*\*\*] Determine la ubicación ( $\bar{x}$  y  $\bar{y}$ ) del centro de gravedad del triciclo. La ubicación del centro de gravedad de cada componente y su peso se encuentran tabulados en la figura. Si el triciclo es simétrico con respecto al plano (x y y) ¿Determine las reacciones normales que ejercen cada una de las llantas sobre el piso? **Respuestas:** a)  $\bar{x} = 2.81 \text{ ft}$ ; b)  $\bar{y} = 1.73 \text{ ft}$ ; c)  $N_B = 72.1 \text{ lb}$ ; d)  $N_A = 86.9 \text{ lb}$



**Fuente:** Autores. **Temática:** Momento de una fuerza con respecto a un punto

- 15) [\*\*] En un taller automotriz un esmeril de 1.7 Kg de masa, tiene forma de un cilindro uniforme de 14 cm de radio. Si el esmeril alcanza una rapidez angular de 1600 rpm a partir del reposo en un tiempo de 7s con una aceleración constante, calcule: a) el momento (torque) entregado por el motor, b) la fuerza tangencial necesaria que se debe aplicar al esmeril para que éste se detenga en 6s, si se sabe que estaba encendido durante 7s.

**Respuestas:** a)  $0.053kg \cdot m^2$ , b)  $-2018.618 \frac{rad}{s^2}$

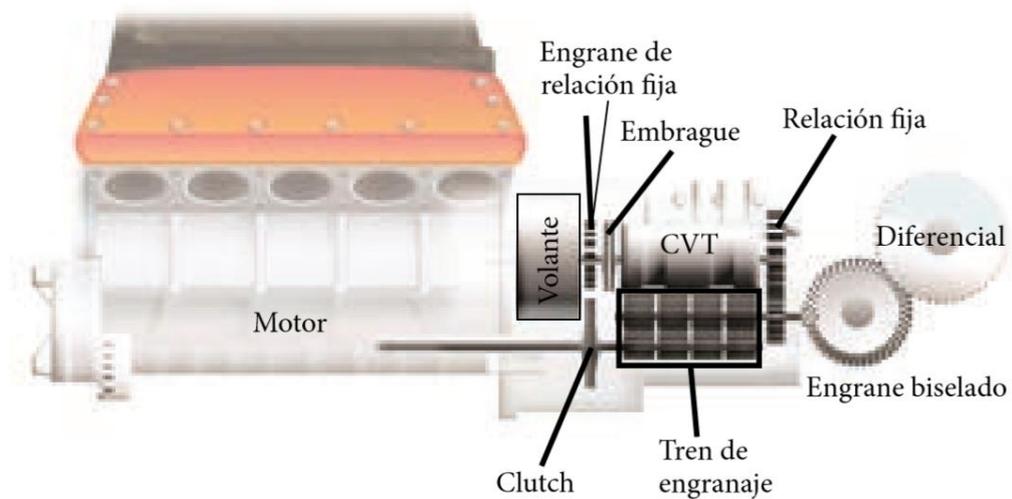
### 3.5. TRABAJO, POTENCIA Y ENERGÍA (APLICACIONES)

**Fuente:** Autores. **Temática:** Trabajo

- 1) [\*] Un automóvil cuyo peso es de 3250lb , se encuentra en reposo en el punto “A” y desciende por una pendiente de  $9^\circ$  , recorriendo 650ft hasta llegar al punto “B” , en donde se accionan los frenos al máximo bloqueando las ruedas y deslizándose 90ft hasta detenerse en el punto “C” , si el coeficiente de fricción dinámico entre los neumáticos y la calzada es de 0.75, determine el trabajo realizado por el automóvil entre los puntos “A” y “C”. **Respuesta:**  $U_{A-C} = 159549.75 \text{ lb ft}$ .

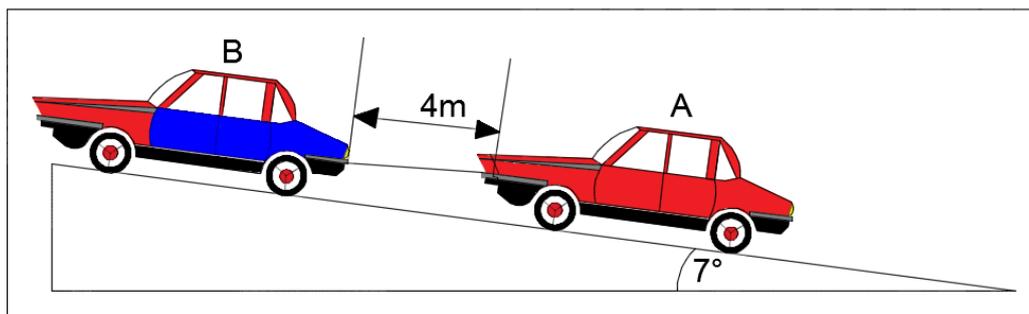
**Fuente:** Autores- (Bauer & Westfall, 2011, pág. 341) **Temática:** Trabajo

- 2) [\*\*] Un volante motor de un vehículo tiene como masa 4.8 kg, su radio exterior es de 15 cm y su radio interior de 9 cm. Como se presenta en el documento “(flybrid) del libro”, se dice que este volante motor almacena 360 kJ de energía de rotación. ¿A cuántas rpm gira el volante motor? si se tiene en cuenta que su energía de rotación se puede almacenar o extraer en 7.25 s ¿Cuánta potencia media y momento de torsión media produce en este tiempo? **Respuestas:** a) 25455.84 rpm b) 49.65 kW



**Fuente:** Autores. **Temática:** Trabajo, Energía cinética

- 3) [\*\*] Un vehículo “A” con avería en el sistema de frenos es remolcado con un cable de 4m por un segundo vehículo “B” al tomar una pendiente de  $7^\circ$  de inclinación, se desplazan a  $25 \text{ Km/h}$ . Repentinamente el vehículo “B” frena y se desliza hasta detenerse provocando que el vehículo remolcado lo impacte en la parte posterior. Determine la velocidad del vehículo “A” justo antes del impacto. Considere el coeficiente de fricción cinético de 0.9 e ignore la resistencia del aire y de rodamiento. **Respuesta:**  $V_A = 5.73 \text{ m/s}$



**Fuente:** Autores. **Temática:** Trabajo

- 4) [\*\*] Un automóvil entra en un tramo horizontal de una carretera a una velocidad de  $90 \text{ km/h}$  y acelera hasta  $120 \text{ km/h}$  en  $300 \text{ m}$ , si la masa del

automóvil es de 100kg, y el coeficiente de fricción es de 0.1 ¿Calcule el trabajo realizado por el motor del automóvil? **Respuesta: 537.355 kJ**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Potencia

- 5) [\*] Tres motores tienen potencias diferentes de 35000N, 40008N, 38000N. Cuál de estas potencias desarrollará el motor de un vehículo que tiene como masa 1600kg desplazándose horizontalmente con una velocidad de 60km/h y vence una fuerza de resistencia de 22000N. **Respuesta: P=366740 W**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Energía cinética

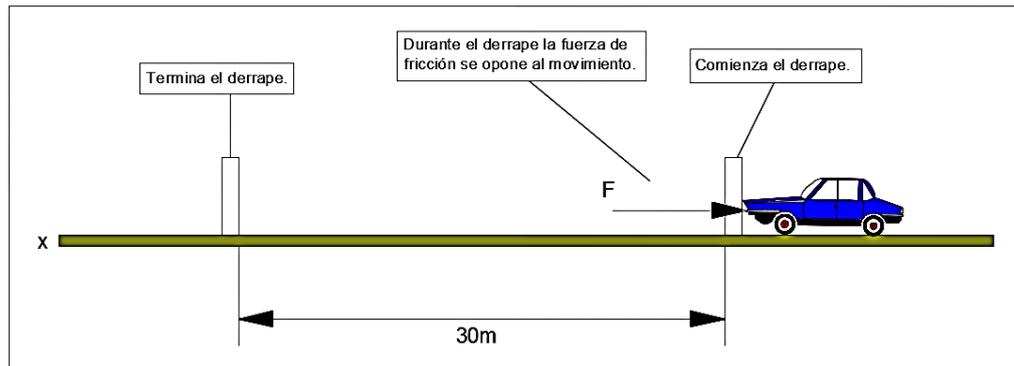
- 6) [\*\*] Un automóvil tiene como masa aproximadamente 1250kg, si el vehículo utiliza el 20% para impulsarse, alcanzando una velocidad de 126 km/h en 15s, que cantidad de combustible consumirá hasta llegar a esta velocidad y que distancia recorrerá. Asuma que 1gal de combustible equivale a  $1.3 \cdot 10^8$  J de energía. **Respuesta: a) combustible consumido= 0.02gl, b) x=393.75m**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Energía potencial elástica

- 7) [\*] Dado un muelle (Resorte) que se estira 0.3m desde su posición de origen (inicial) y su constante elástica de este muelle es de 50N/m, Determine la energía potencial elástica del mismo **Respuesta:  $E_{pe} = 765625$  J.**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Trabajo, Energía cinética

- 8) [\*\*\*] Un vehículo que tiene como masa 1100kg se dirige en una avenida completamente uniforme, el conductor para evitar un accidente presiona el freno haciendo que el vehículo derrape 30m con todos los neumáticos frenados antes de soltar los frenos y permitir que siga girando los neumáticos. determine con que velocidad circulaba el vehículo antes de derrapar y cuanta energía cinética pierde por la fricción ocasionado cuando derrapa el vehículo si el coeficiente de fricción entre el neumático y pavimento es de ( $\mu_k = 0.9$ ). **Respuestas: a)  $E_c$  (perdida)=  $-2.9 \cdot 10^5$  J; b)  $v=23$  m/s**

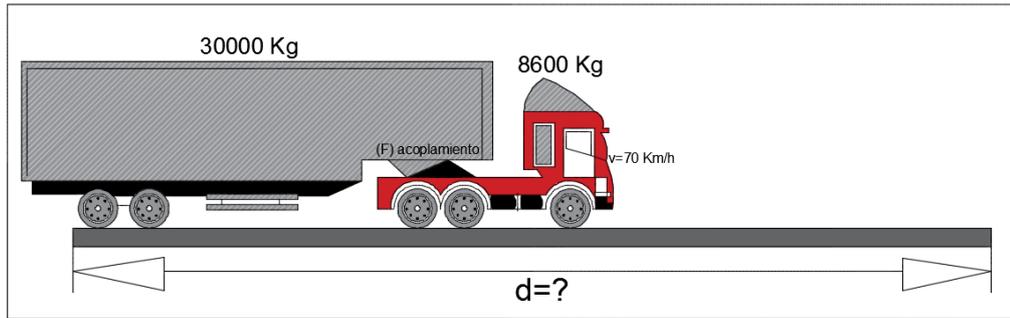


**Fuente:** (Beer, Johnston, & Eisenberg, Mecánica vectorial para Ingenieros - Estática., 2007, pág. 772) **Temática:** Trabajo, Energía cinética

- 9) [\*\*] Las marcas que se dejaron sobre una pista de carreras indican que las ruedas traseras (las de la tracción) de un automóvil patinaron en los primeros 18 m y rodaron con deslizamiento inminente durante los restantes 382 m las ruedas frontales del automóvil apenas se despegaron del suelo en los primeros 18 m y para el resto de la carrera 75 % del peso del automóvil se apoyó sobre las ruedas traseras. Si se sabe que la velocidad del automóvil es de 58  $Km/h$  al final de los primeros 18 m y que el coeficiente de fricción cinética es 80% del coeficiente de fricción estático, determine la velocidad del automóvil al final de la pista de 400 m .Ignore la resistencia del aire y la resistencia al rodamiento. **Respuesta:**  $V_f = 265 \frac{km}{h}$

**Fuente:** Autores. **Temática:** Trabajo, Energía Cinética

- 10) [\*\*\*] Un tracto camión de 8600Kg esta acoplado a un remolque de 30000Kg que se desplaza a 70  $Km/h$  sobre un terreno plano, en el transcurso del recorrido aplica una fuerza de frenado de 1200Kgf promedio. Determine: a) la distancia que recorre hasta detenerse. b) la fuerza promedio de acoplamiento entre la cabina y el remolque si los frenos del remolque están averiados y todo el frenado lo proporciona la cabina. **Respuestas:** a) 619.9 m; b) 932.51 kg



IDENTIFICACIÓN: Según el enunciado se analiza el trabajo de un punto a otro incluyendo la energía cinética entre dos puntos, teniendo en cuenta el peso del cabezal y el remolque del tracto camión

PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO: Se aplica la fórmula de trabajo y energía cinética entre dos puntos

RESOLUCIÓN:

- Transformación de la velocidad de Km/h a m/s.

$$v = 19.44 \frac{m}{s}$$

- Desarrollando la ecuación del trabajo y la energía cinética entre dos puntos y reemplazando los datos del enunciado planteado obtiene la distancia recorrida

$$U_{1-2} = E_{c1} - E_{c2} \Rightarrow -1200kg \cdot f * d = -\frac{1}{2}m * v^2$$

$$d = 619.9m$$

- Combinando las ecuaciones de trabajo y energía cinética se tendrá la fuerza de acoplamiento en el tracto camión

$$U_{1-2} = F * d \Rightarrow U_{1-2} = -E_{c1}$$

$$(Fa - Fr)d = -\frac{1}{2}m * v^2$$

$$Fa = 932.51 kg$$

$$U_{1-2} = Fa * d \Rightarrow U_{1-2} = -E_{c1}$$

$$-Fa * d = -\frac{1}{2}m * v^2$$

$$Fa = 932.51 kg$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: las fuerzas de acoplamiento obtenidas son las mismas tanto del remolque como de la cabina debido a que la fuerza de frenado afecta a los dos.

**Fuente:** Autores. **Temática:** Trabajo, Energía Cinética

- 11) [\*\*] Un vehículo se desplaza a 45 km/h y al realizar una prueba de frenado este se detiene en 50m. Suponga que la fuerza de frenado es constante. Determine en que distancia se detiene el vehículo si se desplaza a 90 km/h.

**Respuesta: 200 m**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Trabajo, Energía Cinética

- 12) [\*\*] Un camión de 7000 kg que circula a 85 km/h comienza a descender una pendiente pronunciada de  $15^\circ$ , cuando se percata que la calzada está mojada ( $\mu_k = 0.57$ ) e inmediatamente acciona los frenos con la finalidad de detenerse por completo. Usando el teorema Trabajo-Energía, determine que distancia se desplaza antes de detenerse. **Respuesta: 97.389 m**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Potencia

- 13) [\*] Un vehículo Subaru Impreza WRX STi cuyo peso es de 1469 kg, puede acelerar de 0 a 100 km/h en 5.20 s (según ficha técnica) ¿Qué potencia media requiere para hacerlo? **Respuesta: 108.99 kW**

**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 211) **Temática:** Potencia

- 14) [\*\*] El motor de un camión transmite 28.0 kW (37.5 hp) a las ruedas de tracción cuando el camión viaja con velocidad constante de magnitud 60.0 km/h (37.3 mi/h) sobre una carretera horizontal. a) Determine la fuerza de resistencia que actúa sobre el camión. b) Suponga que el 65% de tal fuerza se debe a la fricción por rodamiento, y el resto, a la resistencia del aire. Si la fuerza de fricción por rodamiento es independiente de la rapidez y la fuerza de resistencia del aire es proporcional al cuadrado de la rapidez ¿qué potencia impulsará el camión a 30.0 km/h? c) ¿Y a 120 km/h? Dé sus respuestas en

kilowatts y en caballos de potencia. **Respuestas: a)  $1.68 \times 10^3 N$ ; b) 10.3 kW = 13.8 hp; c) 114.8 kW = 154 hp**

**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 242) **Temática:** Trabajo-Energía

15) [\*\*] En un accidente de tránsito, un automóvil golpeó a un peatón y luego el conductor pisó el freno para detener el auto. Durante el juicio subsecuente, el abogado del conductor alegó que éste había respetado el límite de rapidez de 35 mph que indicaban los letreros; pero que esa rapidez permitida era demasiado alta para que el conductor pudiera ver y reaccionar a tiempo ante el peatón. Imagine que el fiscal le llama como testigo experto. Su investigación del accidente produce las mediciones siguientes: las marcas de derrape producidas durante el tiempo en que los frenos estaban aplicados tenían una longitud de 280 ft, y el dibujo de los neumáticos produjo un coeficiente de fricción cinética de 0.30 con el pavimento. a) En su testimonio en el juzgado, ¿dirá que el conductor conducía respetando el límite de rapidez? Usted deberá ser capaz de respaldar su conclusión con un razonamiento claro, porque es seguro que uno de los abogados lo someterá a un interrogatorio. b) Si la multa por exceso de rapidez fuera de \$10 por cada mph más allá del límite de rapidez permitido, ¿el conductor tendría que pagar multa y, en tal caso, de cuánto sería? **Respuesta: a) no; b) \$150**

**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 242) **Temática:** Trabajo-Energía

16) [\*\*] Al quemarse, un galón de gasolina produce  $1.3 \times 10^8 J$  de energía. Un automóvil de 1500 kg acelera desde el reposo hasta 37 m/s en 10 s. Su motor tiene una eficiencia de sólo el 15% (lo cual es común), lo cual significa que sólo el 15% de la energía obtenida de la combustión de la gasolina se usa para acelerar el vehículo. El resto se convierte en energía cinética interna de las piezas del motor, y se invierte en calentar los gases de escape y el motor. a) ¿Cuántos galones de gasolina gasta este automóvil durante la aceleración? b) ¿Cuántas de esas aceleraciones se requerirán para quemar un galón de gasolina?. **Respuesta: a) 0.053 galones, b) 19 aceleraciones**

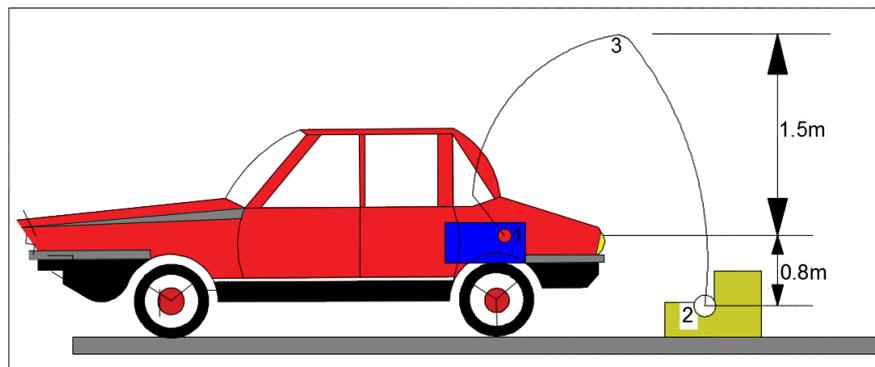
**Fuente:** (Tippens, 2007, pág. 165) **Temática:** Energía Potencial

- 17) [\*] Una caja de herramientas de 1.2 kg se halla 2m por encima de una mesa que está a la vez a 80cm del piso. Determine la energía potencial respecto a la parte superior de la mesa y respecto al piso. **Respuesta: a) 23.5J; b) 32.9J.**

### 3.6. MECÁNICA DE FLUIDOS (APLICACIONES)

**Fuente:** Autores. **Temática:** Teorema de Torricelli, Ecuación de Bernoulli

- 1) [\*\*\*] Utilizando una manguera o sifón se desea extraer gasolina de un tanque de un vehículo mediante succión, en donde un extremo se introduce en el tanque de combustible y el otro extremo en un recipiente. Los dos extremos de la manguera (sifón) están a diferentes alturas lo cual hace que el combustible fluya de la mayor altura a la menor. el diámetro del sifón es de 4.5 mm, despreciando la fricción, determine ¿El tiempo para llenar un recipiente con 6litros de gasolina, la presión en el punto tres del sifón? Densidad gasolina  $750 \text{ kg/m}^3$ . **Respuesta: a)  $t= 95.38\text{s}$  b)  $P_3=84.37\text{kpa}$**



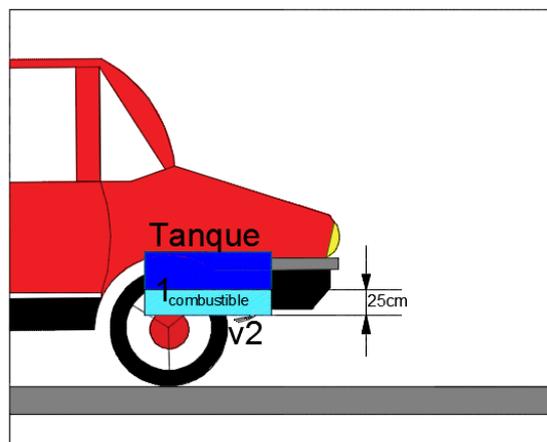
**Fuente:** Autores. **Temática:** Presión manométrica y absoluta

- 2) [\*] Una familia antes de salir de viaje en su vehículo, miden la presión de cada neumático, dando como resultado en uno de ellos una presión manométrica de 275 kpa a 15 °C. Al llegar a un punto de su destino a

100km, la temperatura dentro del neumático se eleva a  $50^{\circ}\text{C}$  ¿Cuál será la presión del neumático en ese instante? **Respuesta:  $P=421.69\text{kpa}$**

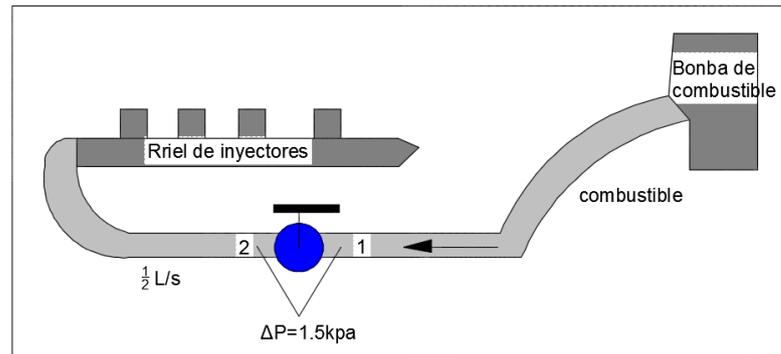
**Fuente:** Autores. **Temática:** Teorema de Torricelli, Ecuación de Bernoulli

- 3) [\*] Un vehículo al derrapar por una curva de un camino de lastre, brinca una piedra impactándose en el tanque de combustible ocasionando un agujero en este, la altura del combustible en el tanque es de 25 cm, determine ¿la velocidad de la gasolina por el agujero? **Respuesta:  $V=2.21\text{m/s}$**



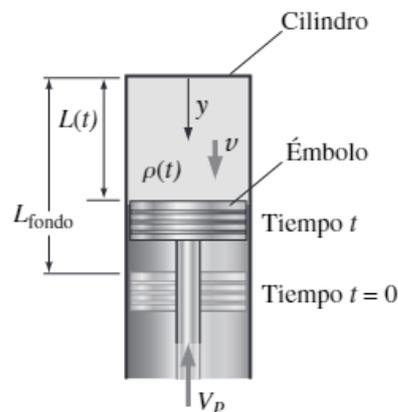
**Fuente:** Autores. **Temática:** Ecuación de Bernoulli, Potencia

- 4) [\*\*\*] Para una prueba de presión de combustible se conecta una válvula en el conducto o cañería antes del riel de inyectores, estando ésta en forma horizontal. El diámetro de la cañería es de 2.7 cm a razón de  $\frac{1}{2}$  L/s, en la válvula se mide una caída de presión de 1.5 kpa Determine a) pérdida de carga de la válvula y la potencia útil de bombeo que se necesita para vencer la caída de presión. Densidad gasolina =  $750\text{kg}/\text{m}^3$ . **Respuesta: a)  $h_L=0.204\text{m}$ ; b)  $0.75\text{W}$**



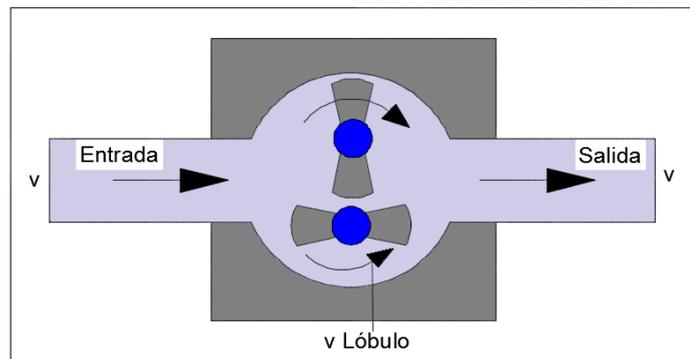
**Fuente:** (Cengel, 2006) **Temática:** Densidad

- 5) [\*\*\*] En un cilindro de un motor de combustión interna, un émbolo comprime una mezcla de aire y combustible. El origen de la coordenada “y” está en lo alto del cilindro, y “y” apunta directo hacia abajo. Se supone que el émbolo se mueve con rapidez constante  $V_p$ . La distancia “L” entre lo alto del cilindro y el émbolo disminuye con el tiempo de acuerdo con la aproximación lineal  $L = L_{fondo} - V_p t$ , donde  $L_{fondo}$  es la posición del émbolo cuando está en el fondo de su ciclo en el tiempo  $t=0$ . En  $t=0$ , la densidad de la mezcla aire-combustible en el cilindro es igual a  $\rho(0)$  en todas partes. Estime la densidad de la mezcla aire-combustible como función del tiempo y los parámetros dados durante la carrera de émbolo desde abajo hasta arriba. **Respuesta:**  $\rho = \frac{1}{1-t}$



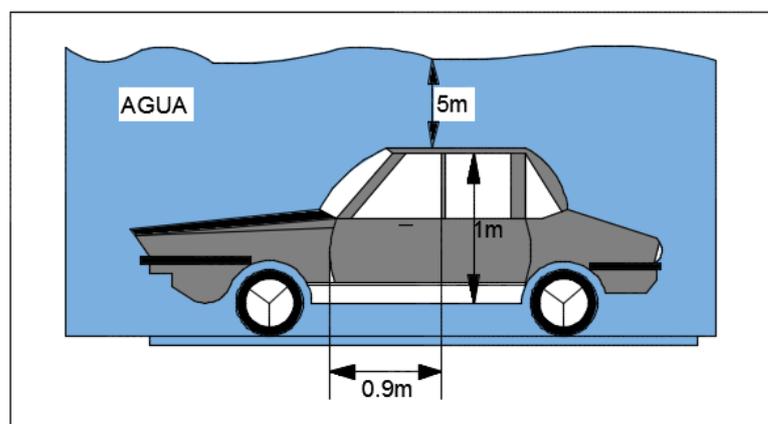
**Fuente:** Autores **Temática:** Gasto o caudal

- 6) [\*] Una bomba de aceite con dos rotores de paletas (lóbulos) envía aceite para la refrigeración del motor de una cantidad de  $0.65\text{cm}^3$  de aceite SAE 10W30 en el volumen  $V_{\text{lóbulo}}$  de cada paleta (lóbulo) ¿Calcule el volumen de aceite de refrigeración que envía cuando está a  $n=800\text{rpm}$ ? Teniendo en cuenta que  $n=1/2$  rotaciones en  $180^\circ$  de las dos flechas de rotación,  $\text{Volumen}=2V_{\text{lóbulo}}$  . **Respuesta: Gasto=  $2080 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$**



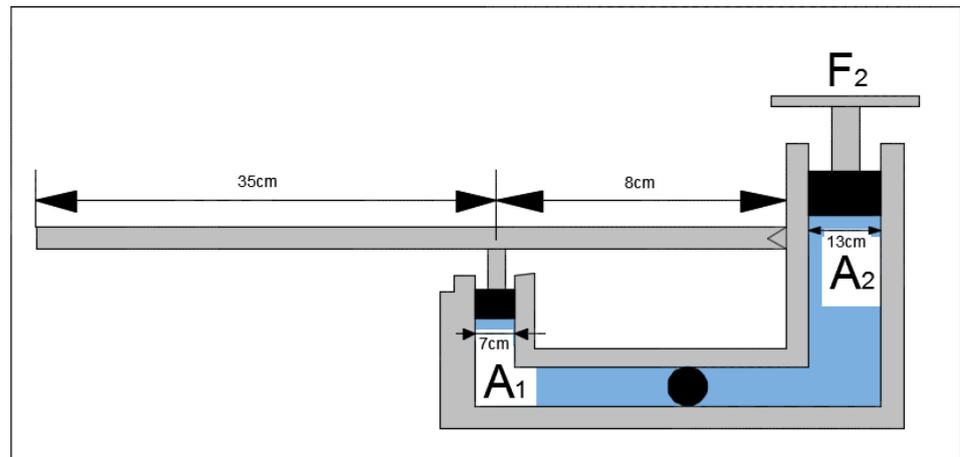
**Fuente:** Autores **Temática:** Hidrostática

- 7) [\*] Un vehículo pierde pista y se sumerge en una laguna quedando sobre sus 4 ruedas. Determine la fuerza hidrostática que se ejerce sobre la puerta (1m por 0.9m) si se sabe que el borde superior de la puerta está a 5m de la superficie. **Respuesta:  $F=48.5\text{ N}$**



**Fuente:** Autores **Temática:** Ley de Pascal

- 8) [\*\*] Para extraer el neumático de un vehículo se eleva a este con un gato hidráulico, teniendo como  $\phi_{may} = 13cm$  y  $\phi_{men} = 7cm$ , si se ejerce una fuerza de 500N en la palanca del gato hidráulico. Determine a) presión en el punto A1, b) la carga que soporta el gato hidráulico. **Respuesta: a) P= 6.983 Bar b) F=945.82 kg**



**IDENTIFICACIÓN:** En este ejemplo se revisa la teoría de la Ley de Pascal, presión y momentos con respecto a un punto, para así obtener la fuerza y presión en el gato hidráulico, teniendo en cuenta los diámetros y distancias que se presentan

**PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO:** Aplica la ecuaciones de la ley de pascal, presión de un líquido y mediante las fórmulas de momentos con respecto a un punto se determina la fuerza que soporta el gato hidráulico

**RESOLUCIÓN:**

- Utilizando la ecuación de momentos determinar la fuerza que ejerce en el émbolo de diámetro menor.

$$\sum M_c = F * d$$

$$\sum M_c = F_0(0.43)$$

$$\sum M_c = F * d$$

$$\sum M_c = F_1(0.08)$$

- Igualando las ecuaciones de momentos para obtener la fuerza.

$$F_0(0.43) = F_1(0.08)$$

$$F_1 = 2687.5 \text{ N}$$

- Con la ecuación de presión y el resultado de  $F_1$  se obtiene la presión en el émbolo.

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{2687.5 \text{ N}}{\frac{\pi \cdot (0.07)^2}{4}}$$

$$P_1 = 698332.91 \text{ Pas} = 6.983 \text{ Bar}$$

- Ley de Pascal  $P_1 = P_2$

$$F_2 = P_1 * A_2$$

$$F_2 = 698332.91 \left( \frac{\pi \cdot (0.13)^2}{4} \right) = 9269.13 \text{ N}$$

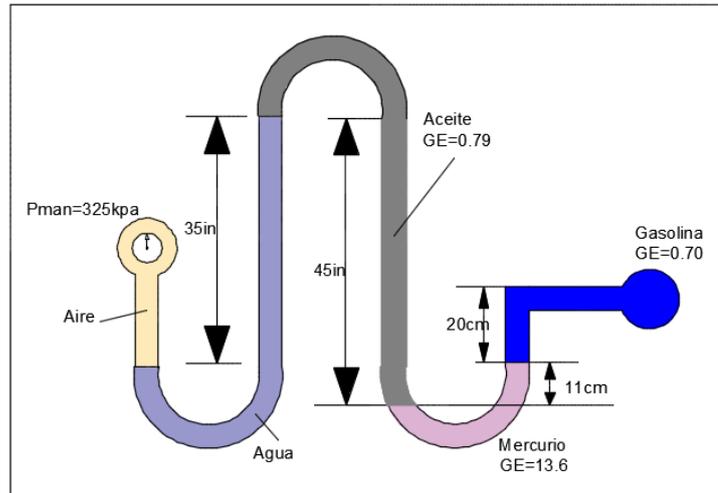
ANÁLISIS DE RESULTADOS: Los valores obtenidos varían en función de los diámetros y por ende la fuerza de accionamiento varia.

**Fuente:** Autores **Temática:** Ley de Pascal

- 9) [\*] Que fuerza ejerce el embolo mayor de una prensa hidráulica si se aplica una fuerza de 16N en el embolo menor, teniendo en cuenta que el diámetro mayor de la prensa hidráulica es tres veces mayor que el diámetro menor **Respuesta:**  $F_2 = 144 \text{ N}$ .

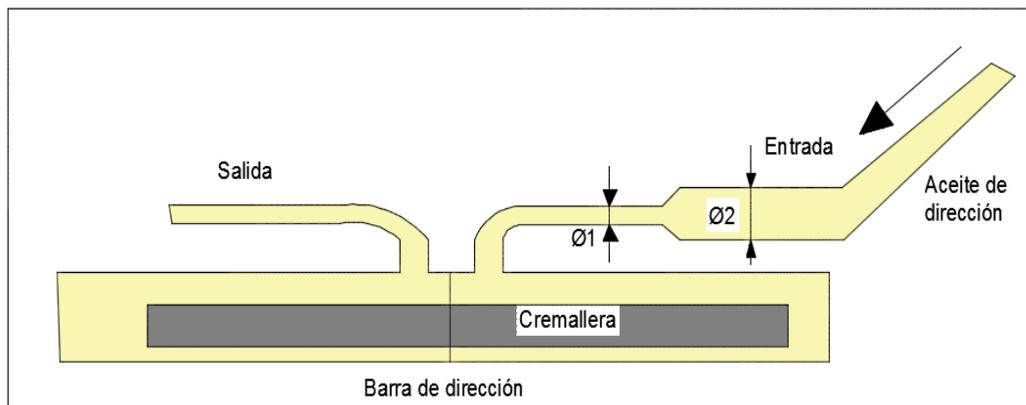
**Fuente:** Autores **Temática:** Presión

- 10) [\*\*] Para realizar una prueba de presión en un vehículo, se conecta un manómetro a las cañerías de gasolina del vehículo. si el manómetro marca 325kpa de presión, determine la presión manométrica del suministro de combustible. **Respuesta:**  $P=308.95 \text{ kpa}$



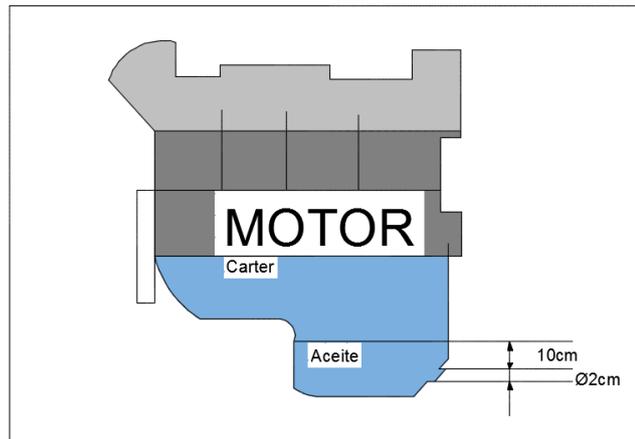
**Fuente:** Autores **Temática:** Ecuación de continuidad, efecto Venturi

- 11) [\*\*] En la dirección hidráulica de un vehículo una cañería lleva (aceite de la dirección) cuya densidad es de 0.76, esta circula a una velocidad desde el depósito hasta la cremallera de 0.25 m/s, en donde el diámetro de la cañería es de 12 mm y en otra sección de la cañería el diámetro es de 8 mm encuentre a) la velocidad en este punto. b) el flujo de masa. **Respuesta:** a)  $v = 4.5 \text{ m/s}$ ; b)  $m = 0.17 \text{ kg/s}$



**Fuente:** Autores **Temática:** Teorema de Torricelli, Ecuación de Bernoulli

- 12) [\*\*] Para un cambio de aceite de un motor se tiene que descargar el aceite del cárter por un tapón en el aire, despreciando todas las pérdidas de fricción determine: a) la velocidad del aceite, b) caudal con que se descarga el aceite. **Respuesta:** a)  $v = 1.4 \text{ m/s}$  b)  $Q = 4.58 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$



**IDENTIFICACIÓN:** En este ejemplo se estudia la ecuación de Bernoulli y caudal de un fluido. En este caso es aceite, que como datos del ejercicio planteado, la densidad de este es de 0.86 y también se tiene en cuenta las distancias tanto como del nivel de aceite y el diámetro del agujero de drenaje

**PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO:** Aplica la ecuaciones de Bernoulli y caudal para así obtener la velocidad del aceite y caudal con el que se drena el aceite

**RESOLUCIÓN:**

- Se plantea la ecuación de Bernoulli y se reemplaza los valores planteados por el ejercicio, obteniendo así la velocidad del fluido (aceite)

$$\frac{P_1}{\rho} + h_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_2}{\rho} + h_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{P_{atm}}{\rho} + h_0 = \frac{P_{atm}}{\rho} + h_A + \frac{v_A^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{v_A^2}{2 \cdot g} = (h_0 - h_A)$$

$$v_A = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_0 - h_A)} = 1.4 \text{ m/s}$$

- Una vez obtenido la velocidad del fluido y el área de drenaje que se menciona en el ejercicio, se puede aplicar la fórmula de caudal
- $QA = A_A \cdot v_A = 4.58 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: El caudal y la velocidad del aceite varía según el diámetro de salida, razón por la cual si se tiene un diámetro de 2cm se tiene una velocidad del aceite de 1.4m/s, en caso de ser mayor o menor varía.

**Fuente:** Autores **Temática:** Densidad, peso específico

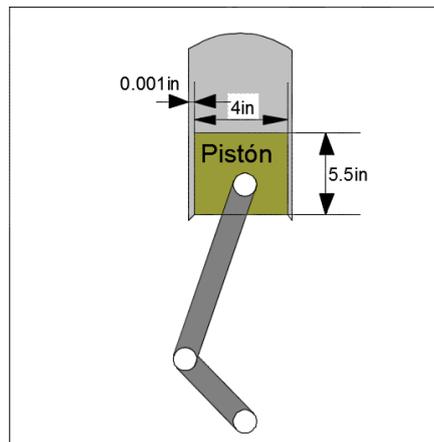
13) [\*] Un cuarto de aceite para el motor de un vehículo SAE30 a 68°F pesa aproximadamente 1.75lb, calcule el peso específico y densidad del aceite

**Respuesta:** a) Densidad=  $52.36 \text{ lb/ft}^3$ ; b) Peso específico=  $0.03342 \text{ ft}^3$ .

**Fuente:** Autores **Temática:** Viscosidad

14) [\*\*\*] Un pistón de un motor pesa 20lb dentro del cilindro lubricado por aceite, el espacio que hay entre el pistón y el cilindro es de 0.001in. Si el pistón se desacelera a  $1.5/\text{ft}/\text{s}^2$  ¿Cuál es la viscosidad del aceite si el pistón está a una velocidad de 18ft/s. **Respuesta:**

**viscosidad=** $2.04 \cdot 10^{-4} \text{ lb} \cdot \text{s}/\text{ft}^2$



IDENTIFICACIÓN: Este ejemplo revisa la teoría de la viscosidad, la derivada de primer orden y la segunda ley de Newton, teniendo como datos las medidas planteadas en el pistón y los datos que se plantean en el ejercicio

PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO: Aplicando la ecuación de la viscosidad y derivando la misma, se tiene la fuerza de fricción del pistón y con la ecuación de la segunda ley de Newton tenemos el valor de la viscosidad del aceite

RESOLUCIÓN:

- Deriva la ecuación de la viscosidad para encontrar el valor de la fuerza de fricción del pistón.

$$\tau = u * \frac{du}{dy}$$

$$\tau = u * \frac{v}{dy}$$

$$\tau = u * \frac{v}{\frac{0.001}{12}} = 12000uv$$

$$Ff = \tau * A = 12000uv * \left( \pi \left( \frac{5.5}{12} \right) \left( \frac{4}{12} \right) \right)$$

$$Ff = 5755.39uv$$

- Aplicando la ecuación de la segunda ley de Newton y sustituyendo los valores, se tiene el valor de la viscosidad del aceite.

$$\sum F = m * a$$

$$20lb - 5755.39 = \left( \frac{20lb}{32.2} \right) (-1.5)$$

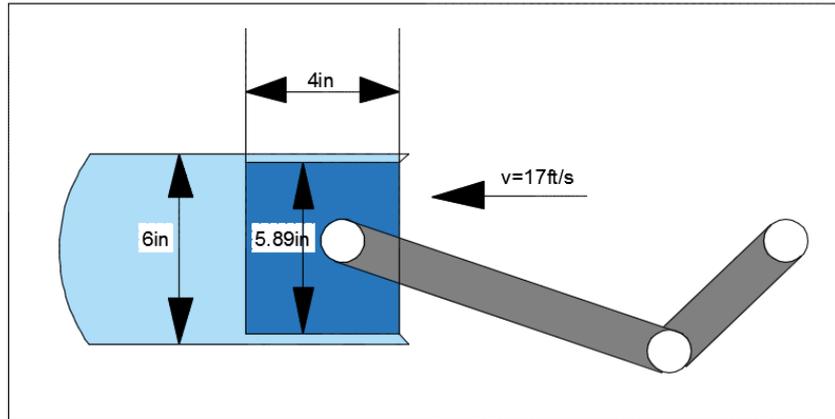
$$20lb - 103597.02u = -1.8$$

$$Viscosidad(\mu) = \frac{20+18}{103597.02} = 2.04 * 10^{-4} \frac{lb*s}{ft^2}$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: Se obtiene el valor de la viscosidad en  $\frac{lb*s}{ft^2}$ , en donde el valor obtenido de la viscosidad de un fluido cualesquiera será diferente según cual sea el uso del aceite.

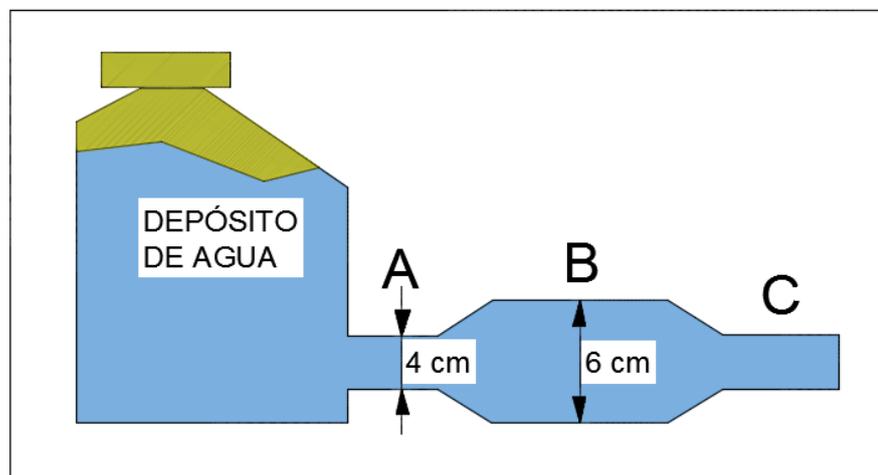
**Fuente:** Autores **Temática:** Viscosidad

- 15) [\*\*] Un pistón trabaja dentro del cilindro del motor a una velocidad de 17ft/s, tiene una película de aceite entre el pistón y cilindro con una viscosidad de 0.03 lb\*s/ft<sup>2</sup>. Determine la fuerza requerida para mantener el movimiento del pistón. **Respuesta: F=57.09lb**



**Fuente:** Autores **Temática:** Medidor Venturi

- 16) [\*\*\*] A la salida del depósito de agua para los limpia parabrisas de un vehículo, existe una adaptación de un conducto en forma de Venturi, la diferencia de presión entre los puntos A y B es  $P_A - P_B = 10 \text{ Pa}$  cuyos diámetros son  $\phi_A = \phi_C = 4 \text{ cm}$  y  $\phi_B = 6 \text{ cm}$ . Determine las velocidad y presión de agua en los puntos A y C si  $P_C = 15 \text{ Pa}$ . **Respuesta:** a)  $P_A = 15 \text{ Pa}$ . b)  $V_A = \frac{3\sqrt{10}}{50} \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . c)  $P_B = 25 \text{ Pa}$ . d)  $V_B = \frac{\sqrt{10}}{25} \frac{\text{m}}{\text{s}}$



**IDENTIFICACIÓN:** Este ejemplo revisa la teoría del medidor Venturi, teniendo en cuenta los diámetros y la presión del agua que plante el ejercicio

PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO: Aplicando la ecuación del medidor Venturi, se puede encontrar la velocidad del fluido y los valores de las presiones del agua

RESOLUCIÓN:

- Teniendo como referencia la ecuación del medidor Venturi, en donde igualando las alturas, ya que estas son las mismas, se puede encontrar los valores pedidos en el enunciado

$$P_A - \delta * g * h_A + \frac{1}{2} \delta * V_A^2 = P_B + \delta * g * h_B + \frac{1}{2} \delta * V_B^2$$

- Igualando las alturas tenemos la  $V_A$  en forma de ecuación

$$h_A = h_B$$

$$\phi_A V_A = \phi_B V_B$$

$$4V_A = 6V_B$$

$$V_A = \frac{3}{2} V_B$$

- Despejando las presiones de la fórmula del medidor Venturi tenemos los valores de  $V_A$  y  $V_B$

$$P_A - P_B = 10Pa$$

$$10 = \frac{1}{2} * 1000 * V_A^2 - \frac{1}{2} * 1000 * V_B^2$$

$$10 = \frac{1}{2} * 1000 * \left(\frac{3}{2} V_B\right)^2 - \frac{1}{2} * 1000 * V_B^2$$

$$V_B = \frac{\sqrt{10} \text{ m}}{25 \text{ s}^2}$$

$$V_A = \frac{3\sqrt{10} \text{ m}}{50 \text{ s}^2}$$

- Igualando diámetros y velocidad del agua se tiene las presiones en A y B

$$\phi_A = \phi_B$$

$$V_A = V_B$$

$$P_C = P_A$$

$$P_A = 15Pa$$

$$P_B = 10 + 15 = 25Pa$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: los líquidos como el agua son incomprensibles, de la misma forma si estos pasan por un conducto como es el Venturi la presión va a ser la misma pero la velocidad varía.

### 3.7. TEMPERATURA Y CALOR (APLICACIONES)

**Fuente:** Autores. **Temática:** Escalas térmicas

- 1) [\*] En la mayoría de motores de combustión interna, cuando la temperatura del refrigerante supera los 72 °C entra en funcionamiento (se abre) el termostato. Exprese dicha temperatura en grados Kelvin y Fahrenheit.

**Respuestas: 345.15K; 161.6 °F.**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Escalas térmicas

- 2) [\*] En los años 80 aparecieron los frenos de carbono, los cuales en la actualidad son capaces de calentarse hasta más de 2773 K, en cada una de las 800 frenadas (aprox.) de un Gran Premio de Fórmula 1. Exprese esta temperatura en escala Celsius y Fahrenheit. **Respuesta: 2499.85 °C; 4531.73 °F**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Escalas térmicas

- 3) [\*\*] Es difícil encontrar un dato preciso de la temperatura máxima alcanzada en la cámara de combustión, de un motor de combustión interna de cuatro tiempos, pero se conoce que los Hidrocarburos (HC) se combustionan alrededor de 3600°F. Calcule la temperatura en escalas Celsius y kelvin.

**Respuesta: 1982.22 °C; 2255.37 K**

**Fuente:** Autores **Temática:** Dilatación superficial

- 4) [\*\*] Se fabrica un tapón redondo de bronce, cuyo diámetro es de 8.001 cm a 82.4 °F. Determine la temperatura que debe estar expuesto el tapón para que este se ajuste en un orificio de 8.000 cm. **Respuesta: 69,98°F**

**Fuente:** Autores **Temática:** Dilatación Volumétrica

- 5) [\*\*] Se tiene  $200 \text{ cm}^3$  de benceno (empleado como antidetonante en la gasolina) en una probeta de aluminio a  $40^\circ\text{C}$ , si el sistema se enfría  $22^\circ\text{C}$ . ¿Qué volumen se tiene? **Respuesta:  $194.86 \text{ cm}^3$**

**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 601) **Temática:** Dilatación superficial

- 6) [\*\*] Los remaches de aluminio para construcción de aviones se fabrican un poco más grandes que sus agujeros y se enfrían con “hielo seco” ( $\text{CO}_2$  sólido) antes de insertarse. Si el diámetro de un agujero es de  $4.500 \text{ mm}$ , ¿Qué diámetro debe tener un remache a  $23.0^\circ\text{C}$  para que su diámetro sea igual al del agujero cuando se enfría a  $-78.0^\circ\text{C}$ , la temperatura del hielo seco? Suponga un coeficiente de expansión constante, (Tabla 2.5). **Respuesta:  $4.511 \text{ mm}$**

**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 602) **Temática:** Dilatación superficial

- 7) [\*\*] Imagine que acaba de comenzar a trabajar como ingeniero mecánico en Motores, S.A. y le encargaron diseñar pistones de latón que se deslizarán dentro de cilindros de acero. Los motores en los que se usarán los pistones operarán a temperaturas entre  $20^\circ\text{C}$  y  $150^\circ\text{C}$ . Suponga que los coeficientes de expansión son constantes dentro de ese intervalo de temperaturas. a) Si el pistón apenas cabe dentro del cilindro a  $20^\circ\text{C}$ , ¿los motores podrán operar a temperaturas más altas? Explique su respuesta. b) Si los pistones cilíndricos tienen un diámetro de  $25.00 \text{ cm}$  a  $20^\circ\text{C}$ , ¿qué diámetro mínimo deberán tener los cilindros a esa temperatura, para que los pistones operen a  $150^\circ\text{C}$ ?. **Respuestas: a) No, el latón se expande más que el acero. b)  $25.026 \text{ cm}$**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Dilatación volumétrica

- 8) [\*\*\*] Una escudería tiene de abasto un tanque de aluminio de  $106 \text{ litros}$  completamente lleno de combustible, en una fresca mañana ( $4^\circ\text{C}$ ) cuando ingresan al circuito de carreras. Al día siguiente, estando a la misma

temperatura y antes de iniciar las pruebas clasificatorias, se encuentran solamente con 103.4 litros de gasolina. Después de un análisis, asumen que el caluroso clima del día anterior provocó ésta pérdida. Si el coeficiente de expansión volumétrica de la gasolina es de  $9.5 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Determine a que temperatura fueron expuestos el tanque y combustible, para que se derrame el combustible por la válvula de desfogue **Respuesta: 31.9365 °C.**

IDENTIFICACIÓN: En este ejercicio se revisa la teoría de la dilatación volumétrica y la dilatación línea, teniendo en cuenta los valores de la variación de temperatura y el volumen planteado en el enunciado del ejercicio

PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO: Aplicando la ecuación de la dilatación volumétrica y teniendo en cuenta los coeficientes de temperatura tanto como de la gasolina como del tanque se podrá determinar a qué temperatura estaban expuestos

RESOLUCIÓN:

- Teniendo en cuenta los valores de dilatación lineal del aluminio y el coeficiente de dilatación volumétrica

Coeficiente dilatación lineal aluminio  $2.4 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Volumétrico  $7.2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

- Aplicando la ecuación de dilatación volumétrica y despejando la variación de temperatura tenemos el valor de la diferencia de temperatura

$$V = \beta * V_0 * \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{\Delta V}{\beta_{gas.-al.} * V_0} = \frac{106 - 103.4 (L)}{((9.5 \times 10^{-4} - 7.2 \times 10^{-5}) (^{\circ}\text{C}^{-1})) * 106 (L)} = 27.936^{\circ}\text{C}$$

- Sumando la temperatura inicial que tenemos como dato y la variación de la temperatura obtenida, tenemos el valor de la temperatura a que está expuesto el tanque

$$\Delta T (\text{Exposición}) = T \text{ inicial} + \Delta T = 4 + 27.936 (^{\circ}\text{C})$$

$$T. (\text{Exposición}) = 31.9365 ^{\circ}\text{C}$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: Se puede apreciar como la temperatura influye en la variación del volumen.

**Fuente:** (Bauer & Westfall, 2011, pág. 578) **Temática:** Dilatación

- 9) [\*\*] Un anillo del pistón de latón se debe encajar en un pistón, calentando primero el anillo y después deslizándolo sobre el pistón. El anillo del pistón tiene un diámetro interior de 10.00 cm y un diámetro exterior de 10.20 cm. El pistón tiene un diámetro exterior de 10.10 cm y un surco para el anillo del pistón tiene un diámetro exterior de 10.00 cm. ¿A qué temperatura se debe calentar el anillo del pistón de tal manera que se deslice sobre el pistón?.

**Respuesta: 250°C**

**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 602) **Temática:** Calor.

- 10) [\*\*] Un tren subterráneo de 25000 kg viaja inicialmente a 15.5m/s y frena para detenerse en una estación; ahí permanece el tiempo suficiente para que sus frenos se enfríen. Las dimensiones de la estación son 65.0 m de largo, 20.0 m de ancho y 12.0 de alto. Suponiendo que todo el trabajo para detener el tren que realizan los frenos se transfiere como calor de manera uniforme a todo el aire en la estación, ¿en cuánto se eleva la temperatura del aire en la estación? Tome la densidad del aire como  $1.20 \text{ kg/m}^3$  y su calor específico como  $1020 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ . **Respuesta: 0.157 °C**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Calor

- 11) [\*] Cierta gasolina de x calidad, tiene un calor de combustión de  $4.6 \times 10^7 \text{ J/kg}$ . Considere una eficiencia del 100%, determine la cantidad de combustible que se debe combustionar para fundir 4 kg de cobre a su temperatura de fusión. **Respuesta:  $18.4 \times 10^7 \text{ J}$**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Calor

- 12) [\*] Un vehículo de 1500 kg que se desplaza a 90 km/h se detiene. El trabajo requerido para detenerlo es igual a su cambio en la energía cinética. Considere que todo el trabajo se convierte en calor. Determine la cantidad equivalente en kilocalorías que se pierde. **Respuesta: 111.98 kcal**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Calor –calorimetría- Cambios de fase

- 13) [\*\*\*] El automóvil de Danilo se está recalentando por falta de refrigerante en el sistema de refrigeración del motor y lo único disponible es 0.500 kg de hielo a  $-10^{\circ}\text{C}$ . a) ¿Cuánto calor  $Q$  se requiere para fundir el hielo en agua? b) Adicionalmente determine la cantidad de calor necesario para convertir el hielo en vapor a  $130^{\circ}\text{C}$ . **Respuestas: a) 177.3 kJ; b) 1546.95 kJ**

IDENTIFICACIÓN: Este ejemplo es interesante ya que se tiene que revisar la teoría de calorimetría, cambio de fase, calor latente de fusión y calor latente de vaporización, teniendo en cuenta los valores que plantea el ejercicio tanto como masa y los valores de temperatura a las que se quiere llegar

PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO: Ya que los valores de calor latente de fusión y calor latente de vaporización se tienen como datos, estos los sustituye en la ecuación de calorimetría para tener la cantidad de calor necesario en los cambios de fase

RESOLUCIÓN:

- Se tiene los valores de calor latente de fusión y calor latente de vaporización y los valores de calor específico como datos.

$$C_{\text{hielo}} = \frac{2.06\text{kJ}}{\text{kgK}}; C_{\text{agua}} = \frac{4.19\text{kJ}}{\text{kgK}}; C_{\text{vapor}} = \frac{2.01\text{kJ}}{\text{kgK}}; L_f = \frac{334\text{kJ}}{\text{kg}};$$

$$L_v = \frac{2260\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- Aplicando las ecuaciones de calorimetría tiene las cantidades de calor necesarias para transformar de una fase a otra.

( $-10$  a  $0^{\circ}\text{C}$ )

$$Q_1 = c * m * \Delta T = \left[ \frac{2.06\text{kJ}}{\text{kgK}} \right] * (0.500\text{kg}) * (10\text{K})$$

$$Q_1 = 10.3\text{kJ}$$

(Cambio de fase)

$$Q_2 = m * L_f = \left( \frac{334\text{kJ}}{\text{kg}} \right) * (0.500\text{kg}) = 167\text{kJ}$$

(0 a  $100^{\circ}\text{C}$ )

$$Q_3 = c * m * \Delta T = \left[ \frac{4.19\text{kJ}}{\text{kgK}} \right] * (0.500\text{kg}) * (100\text{K}) = 209.5\text{kJ}$$

(Cambio de fase)

$$Q_4 = m * L_V = \left(\frac{2260kJ}{kg}\right) * (0.500kg) = 1130kJ$$

(100 a 130°C)

$$Q_5 = c * m * \Delta T = \left[\frac{2.01kJ}{kgK}\right] * (0.500kg) * (30K) = 30.15kJ$$

- La cantidad de calor necesitaría para transformar de hielo en agua a 0°C se tiene sumando  $Q_1$  y  $Q_2$ .

$$Q = Q_1 + Q_2 = 177.3 kJ$$

- La cantidad de calor necesitaría para convertir hielo en vapor a 130°C se tiene sumando  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$ .

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 1546.95 kJ$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: Se puede apreciar que se necesita una gran cantidad de calor para convertir el hielo en vapor.

**Fuente:** (Serway & Jewett, 2008, pág. 581) **Temática:** Calor – Calorimetría, energía cinética

- 14)**[\*\*\*] Un automóvil tiene una masa de 1 500 kg y sus frenos de aluminio tienen una masa global de 6.00 kg. Suponga que toda la energía mecánica que desaparece cuando el auto se detiene se deposita en los frenos y no se transfiere energía afuera de los frenos por calor. Los frenos originalmente están a 20.0°C. ¿Cuántas veces se puede detener el automóvil desde 25.0 m/s antes de que los frenos comiencen a fundirse? **Respuesta: Puede frenar 7.54664 veces, antes de que el aluminio comience la fusión**

IDENTIFICACIÓN: Este ejemplo combina la teoría de la energía cinética con la teoría de calorimetría, teniendo en cuenta la masa del vehículo, masa de los frenos de aluminio y la temperatura en los que se encuentra los frenos del vehículo

PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO: Aplicando las formulas de la energía cinética y calorimetría podemos obtener el número de frenadas que hace el vehículo antes de que estos se fundan

RESOLUCIÓN:

- Como datos generales se tiene al calor específico del aluminio y el punto de fusión del mismo.

Calor específico del Aluminio  $920 \frac{J}{(Kg \cdot C^{\circ})}$  ; Punto fusión aluminio  $660^{\circ}C$ .

- La cantidad de energía producida en el frenado, debe ser igual a (n) veces la energía cinética del vehículo a dicha velocidad, y si iguala las ecuaciones de la energía cinética y calorimetría, se puede obtener el número de frenadas.

$$E_c = \frac{1}{2} * m_{veh.} * v^2$$

$$Q = m_{fren.} * \Delta t * c$$

$$n * \frac{1}{2} * m_{veh.} * v^2 = m_{fren.} * \Delta t * c$$

$$n * \frac{1}{2} * (1500kg) * \left(25 \frac{m}{s}\right)^2 = 6 kg * (660 - 20)^{\circ}C *$$

$$920 \frac{J}{(Kg \cdot C^{\circ})}$$

$$n=7.53664 \text{ veces.}$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: El valor obtenido del número de frenadas que tiene que hacer el vehículo tendrá siempre que estar ligado a la velocidad que vaya el vehículo ya que de eso depende para que el vehículo se detenga y por ende el número de frenadas que tenga que hacer.

**Fuente:** Autores **Temática:** Transferencia de calor, Convección

- 15) [\*] La ventana de un vehículo se encuentra a  $15^{\circ}C$ , su área es de  $0.8 m^2$ . Si la temperatura exterior es de  $3^{\circ}C$ . Calcule la energía que se pierde por convección. **Respuesta:** **38.4 W**

**Fuente:** Autores **Temática:** Transferencia de calor por convección

- 16) [\*\*] Un radiador de aluminio del sistema de calefacción de un vehículo cuya capacidad es de 1.5 L de agua, con masa de 4kg se encuentra a  $20^{\circ}C$ . Se llena el sistema con agua a  $70^{\circ}C$ . Determine la temperatura de equilibrio del sistema. **Respuesta:** **30.9032^{\circ}C**

**Fuente:** (Young & Freedman, 2009, pág. 602) **Temática:** Transferencia de calor por conducción

- 17) [\*\*] La temperatura de operación del filamento de tungsteno de una lámpara incandescente es de 2450 K, y su emisividad es de 0.350. Calcule el área superficial del filamento de una lámpara de 150 W, si toda la energía eléctrica consumida por la lámpara es radiada por el filamento en forma de ondas electromagnéticas. (Sólo una fracción de la radiación aparece como luz visible). **Respuesta:  $2.1 \text{ cm}^2$**

**Fuente:** Autores **Temática:** Transferencia de calor por convección

- 18) [\*\*] El agua por su capacidad calorífica es excelente refrigerante. Un vehículo cuyo sistema de refrigeración contiene 10 kg de agua, cambia su temperatura en 10K. Determine la cantidad de calor necesaria para efectuar esta variación de temperatura. **Respuesta:  $4.19 * 10^5 \text{ J}$**

**Fuente:** Autores **Temática:** Transferencia de calor por convección

- 19) [\*\*] El parabrisas posterior de un vehículo utiliza un sistema que consta de una delgada película transparente con resistencias eléctricas, que al calentarse uniformemente en la superficie interna del parabrisas lo desempañan. Si la temperatura interna del aire es de 25°C y la superficie interna del parabrisas está a 15°C. Determine a) la potencia eléctrica por unidad de área empleada, considere un coeficiente de convección  $h$  de  $10 \text{ W/m}^2 * \text{K}$ , y de  $65 \text{ W/m}^2 * \text{K}$  para el aire interior y exterior respectivamente, la temperatura externa del aire está a -10°C. b) La temperatura externa de la superficie del parabrisas. **Respuestas: a)  $1.27 \text{ kW/m}^2$ ; b)  $11.1 \text{ }^\circ\text{C}$**

**Fuente:** (Bauer & Westfall, 2011, pág. 618) **Temática:** Transferencia de calor por radiación

- 20) [\*\*\*] El motor de una motocicleta enfriada por aire pierde una cantidad significativa de calor a través de la radiación térmica de acuerdo con la

ecuación de Stefan-Boltzmann. Suponga que la temperatura ambiente es  $T_o = 27^{\circ}C$  (300K). Suponga que el motor genera 15hp (11kW) de potencia y, debido a varias aletas superficiales profundas, tiene un área superficial  $A = 0.50m^2$ . Un motor reluciente tiene una emisividad  $e=0.050$ , en tanto que un motor pintado de negro tiene una emisividad  $e=0.95$ . Determine las temperaturas de equilibrio para el motor negro y el motor brillante. (Suponga que la radiación es el único modo mediante el cual el calor se disipa del motor). **Respuestas: Las temperaturas de equilibrio son 1669.478 K y 803.362 K, para el motor reluciente y el motor negro, respectivamente**

IDENTIFICACIÓN: En este ejercicio se revisa la teoría de la transferencia de calor por radiación, teniendo en cuenta los valores de potencia, área y el valor de la constante de Stefan-Boltzmann

PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO: Aplicando la fórmula de la transferencia de calor por radiación, reemplazando valores y despejando la temperatura se puede obtener la temperatura de equilibrio

RESOLUCIÓN:

- Revisando los valores como datos.  
Potencia 11kW; temp. Inicial 300K; área  $0.50m^2$ ; e motor reluciente=0.050; e motor negro e=0.95  
Constante de Stefan-Boltzmann  $\sigma=5.6696 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2K^4}$

- A partir de la ley de Stefan-Boltzmann, y despejando la temperatura se puede obtener la temperatura de equilibrio.

$$\dot{P}_{net} = \sigma * A * e * ( T^4 - T_o^4 )$$

$$T = ( \dot{P} / \sigma * A * e + T_o^4 )^{1/4}$$

$$T = \left[ \frac{11 \cdot 10^3 W}{(5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}) * (0.5 m^2) * (0.05)} + (300 K)^4 \right]^{1/4} = 1669.478 K$$

$$T = \left[ \frac{11 \cdot 10^3 W}{(5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}) * (0.5 m^2) * (0.95)} + (300 K)^4 \right]^{1/4} = 803.362 K$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: Se puede determinar la gran diferencia de temperatura que requiere cada motor solamente por el color.

### 3.8. MOVIMIENTO ONDULATORIO (APLICACIONES)

**Fuente:** Autores. **Temática:** Frecuencia

- 1) [\*\*] El chasis de un vehículo está sujeto a cuatro resortes de amortiguación, cada resorte tiene una constante de fuerza de 18000 N/m. En el vehículo viajan tres personas con masas de Papá=80kg, Mamá=65kg, Hijo=50kg. Determinar la frecuencia de vibración del vehículo al pasar por un bache, suponiendo que más masa total está distribuida uniformemente. **Respuesta: Frecuencia= 10Hz**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Constante elástica

- 2) [\*] En el instante que se acelera un vehículo, el muelle existente en el cuerpo del carburador se alarga 5cm respecto a la posición de equilibrio, sabiendo que se aplica una fuerza mínima de 0.8N, Determine la constante elástica “K” del muelle. **Respuesta: K=26N**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Ondas sonoras

- 3) [\*\*\*] El sonido emitido por la bocina de un vehículo, tiene una intensidad de 50dB a una distancia de 3m del vehículo. Si se considera una fuente única, determine la potencia del sonido emitida por la bocina, A qué punto de distancia la intensidad del sonido será de 40 dB, y a qué distancia será inaudible. **Respuesta: a) Potencia =  $1.13 \cdot 10^{-5}$  Watt; b)  $r = 30$  metros; c)  $r = 948.6$  metros (inaudible)**

**IDENTIFICACIÓN:** En este ejercicio se aplica la teoría de las ondas sonoras en la cual incluye la potencia, intensidad y distancias a las que se encuentra el oyente

**PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO:** Aplicando la fórmula de intensidad de onda sonora y potencia de sonido se puede determinar a qué distancia se puede o no escuchar dichos sonidos planteados por el ejercicio

**RESOLUCIÓN:**

- Revisando los valores como datos.

Las unidades de la intensidad del sonido es la potencia acústica por unidad de área de propagación de la onda.

$I=50\text{dB}$ ,  $r=3\text{m}$ , Intensidad audible a un punto (x) = 25dB

Umbral de audición  $I_0=10^{-12}\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

- Aplicando la ecuación de la intensidad se puede encontrar la potencia del sonido a 50 dB

$$I = I_0 * 10^{x/10}$$

A 50 dB

$$I = 10^{-12} * 10^{50/10} = 1 * 10^{-7}\text{W}/\text{m}^{-2}$$

$$I = \frac{P}{A} ; P = I * A$$

$$P = 10^{-7} * \pi 43^2 = 3.6\pi * 10^{-6}\text{Watt}$$

- Con la misma fórmula de intensidad se puede determinar a qué distancia el sonido es de 40 dB

A 40dB

$$I = I_0 * 10^{x/10}$$

$$I' = 10^{-12} * 10^{40/10} = 1 * 10^{-8}\text{W}/\text{m}^{-2}$$

$$\frac{I}{I'} = \frac{r'^2}{r^2}$$

$$\frac{I}{I'} = \frac{r'^2}{3^2}$$

$$r' = 9.48\text{m}$$

- Utilizando el valor del umbral audible dado como dato y la intensidad obtenida a 50 dB se encuentra la distancia a la que el sonido es inaudible

$$I' = 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^{-2}$$

$$\frac{10^{-7}}{10^{-12}} = \frac{r'^2}{3^2}$$

$$r' = 948.6\text{m}$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS: Las distancias a las que se escuche el sonido varían según la intensidad que tenga la emisión del sonido.

**Fuente:** Autores. **Temática:** Ondas sonoras

- 4) [\*\*] En el centro de la ciudad un autobús se encuentra a 5m de distancia de un vehículo estacionado. en ese instante el autobús pita con una intensidad de 70dB, provocando que se encienda la alarma del vehículo que genera una intensidad de sonido de 65dB. Determine la potencia del sonido emitido por cada uno que afecta a una persona, cuando el autobús se encuentra a 2 m del vehículo estacionado. **Respuesta: Autobús a) intensidad= $10^{-5} \text{ w/m}^2$  b) Potencia=  $3.6\pi 10^{-4}$  Watt. Vehículo a) intensidad= $3.16*10^{-6} \text{ w/m}^2$  b) Potencia =  $5.05*10^{-5}$  Watt**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Ondas sonoras

- 5) [\*] Una ambulancia sale para una emergencia encendiendo la sirena que tiene una intensidad de 80dB a 5m de esta. Despreciando cualquier sonido de donde se encuentre ¿determine la potencia del sonido y si el paciente se encuentra a 30000m? ¿Escucha venir la ambulancia? **Respuesta: Intensidad= $10^{-4} \text{ w/m}^2$  b) Potencia= 0.0314 Watt c)  $r= 50000$  metros (si escucha venir la ambulancia)**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento oscilatorio, Constante de amortiguación.

- 6) [\*] Al cambiar el amortiguador de un vehículo, se puede apreciar que en el instante que cruza un bache la amplitud por vibración del vehículo se reduce en un 99% en 4 oscilaciones amortiguaciones. Determine la constante de amortiguamiento en relación con la pulsación " $\omega$ " de la oscilación provocada. **Respuesta: Constante de amortiguación =  $0.18 \omega$**

**Fuente:** Autores. **Temática:** Periodo, Frecuencia.

- 7) [\*\*] En un laboratorio de amortiguadores de vehículos desean determinar la masa de un muelle, ya que cada fracción o valor del muelle tiene distinta amplitud, en la primera prueba se le carga al muelle con 7kg dando una frecuencia de 1.5Hz, si se añadiese otros 7 kg, su frecuencia es de 1.25Hz

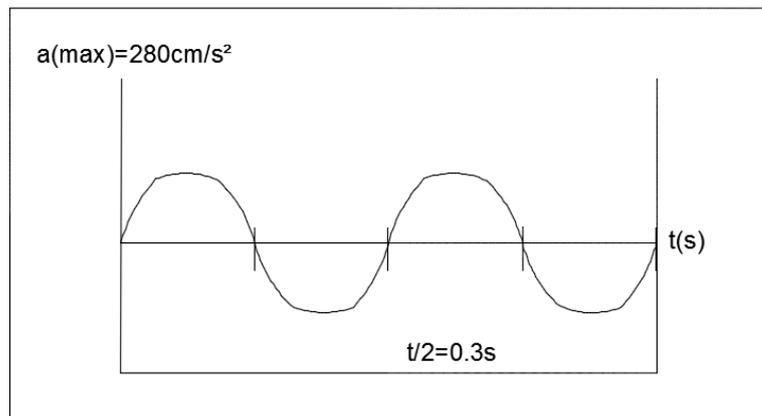
Determine la masa y la constante de dicho muelle. **Respuesta:**  
 $k=47667.4Nm^{-1}$ ;  $m= 8.8kg$

**Fuente:** Autores. **Temática:** Frecuencia

- 8) [\*] Al pisar la palanca de embrague de un vehículo, el muelle que lo sujeta se estira, este tiene como masa 7g de masa, 30cm de longitud y  $180Nm^{-1}$  de constante elástica. Determine la velocidad de propagación. **Respuesta:**  $v= 320ms^{-1}$

**Fuente:** Autores. **Temática:** Periodo, Frecuencia, Aceleración

- 9) [\*\*] En la pantalla de un laboratorio automotriz se visualiza una gráfica de la aceleración de un vehículo conforme pasa el tiempo para un movimiento vibratorio armónico simple. Determine la ecuación la aceleración máxima y el periodo. **Respuesta:**  $T=3.33\pi rad/s$ ;  $A_{max}=3.15cm$



**Fuente:** Autores. **Temática:** Sonido

- 10) [\*\*] En un taller automotriz de una universidad, al pulir un elemento de acero en un esmeril, este produce una intensidad de sonido de 90dB a 6 metros de este, despreciando cualquier sonido existente en el taller Determine la potencia de este sonido. Si los estudiantes reciben clases a 28 metros de este les afectará para tomar su clase, A que distancia es recomendado que reciban

clases los estudiantes. **Respuesta:**  $I=10^{-3}W/m^2$ ,  $P= 0.144W$ ; **distancia recomendada sin ruido= 200000m**

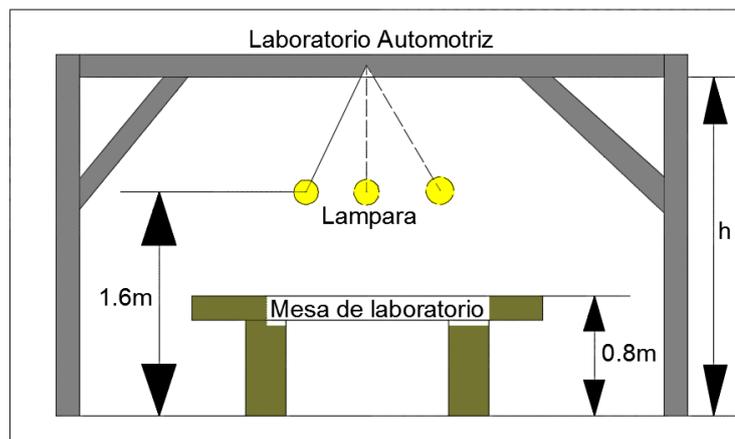
**Fuente:** Autores. **Temática:** Movimiento oscilatorio, Periodo

11) [\*\*] En el sistema de frenos el muelle sujeta las dos zapatas de freno, este se estira por acción del freno alcanzando a aumentar su longitud a 12cm en caso de que un extremo se suelte(desenganchar) de la zapata este oscila libremente dando 28 oscilaciones en 7s. Determine la posición en la que se encuentra el muelle en los 5s de presionar el freno, b) tiempo que tarda el muelle en alcanzar la posición de equilibrio desde el instante en que está estirado.

**Respuesta:**  $x=7cm$  (elongación máxima), tiempo= 0.06s

**Fuente:** Autores. **Temática:** Péndulo simple

12) [\*] En un taller automotriz una lámpara se suspende a una determinada distancia de la mesa de trabajo. Que altura tiene el taller si esta oscila 0.15Hz la lámpara. **Respuesta:**  $L=11.01m$



### 3.9. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

#### 3.9.1. Prácticas de laboratorio Física I

A continuación se enlistan las (12) prácticas de laboratorio de Física I que hasta la fecha se desarrollan en el laboratorio de Física de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, para las diferentes carreras de la Facultad

- ¿Cómo se miden longitudes, diámetros y profundidades?
- ¿Cómo se determina la masa de sólidos y de líquidos?
- ¿Se puede sustituir dos fuerzas de distinto sentido, por una sola fuerza?
- ¿Cómo se distribuye en los apoyos la fuerza por peso de una viga?
- ¿Cómo actúa la carga sobre las reacciones en los apoyos de una viga?
- ¿Qué fuerza empuja un vehículo cuesta abajo?
- ¿Qué significa la palabra velocidad?
- ¿En qué se diferencian el movimiento uniforme y el no uniforme?
- ¿Por qué se distingue entre velocidad instantánea y velocidad media?
- ¿A qué leyes responde el movimiento rectilíneo uniforme?
- ¿A qué leyes responde el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado?
- ¿Cómo cae una piedra?

La mayoría de estas prácticas que se realizan en el laboratorio de física son generales y teóricas, por ende su relación con el automóvil es escasa o nula, debido a esto es que se propone la utilización de programas de simulación (más detalles en sección recomendaciones y sugerencias)

“Interactive Physics TM: El programa educativo premiado por Design Simulation Technologies, hace fácil observar, descubrir, y explorar el mundo físico con simulaciones emocionantes. Trabajando de cerca con los educadores de la física, el equipo de Interactive physics ha desarrollado un programa fácil de usar y visualmente atractivo que realza grandemente la instrucción de la física. Modele, simule, y explore una variedad amplia de fenómenos con Interactive Physics. Usted y sus estudiantes pueden crear fácilmente casi cualquier modelo o simulación imaginable y no se requiere ninguna programación.

Interactive Physics es una herramienta de gran alcance para el aprendizaje del descubrimiento. Desarrolla habilidades de la investigación y el conocimiento de la física permitiendo que el usuario varíe casi cualquier parámetro físico (por ejemplo: gravedad, fuerza, velocidad, resorte) y mida su efecto sobre casi cualquier cantidad que se pueda medir (por ejemplo: posición, esfuerzo de torsión, nivel de decibelio)” (Simulation, 2016)

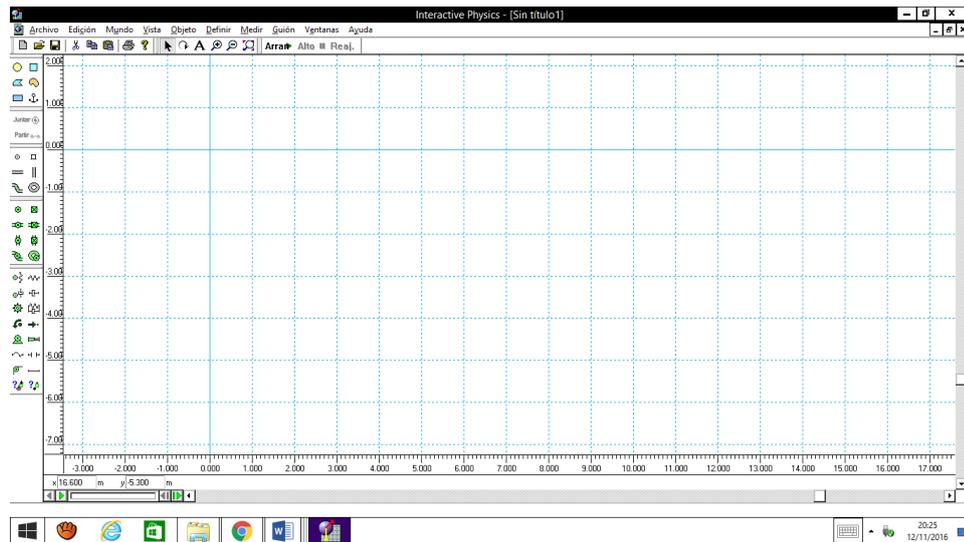


Figura 3.1. Pantalla principal del programa Interactive Physics.

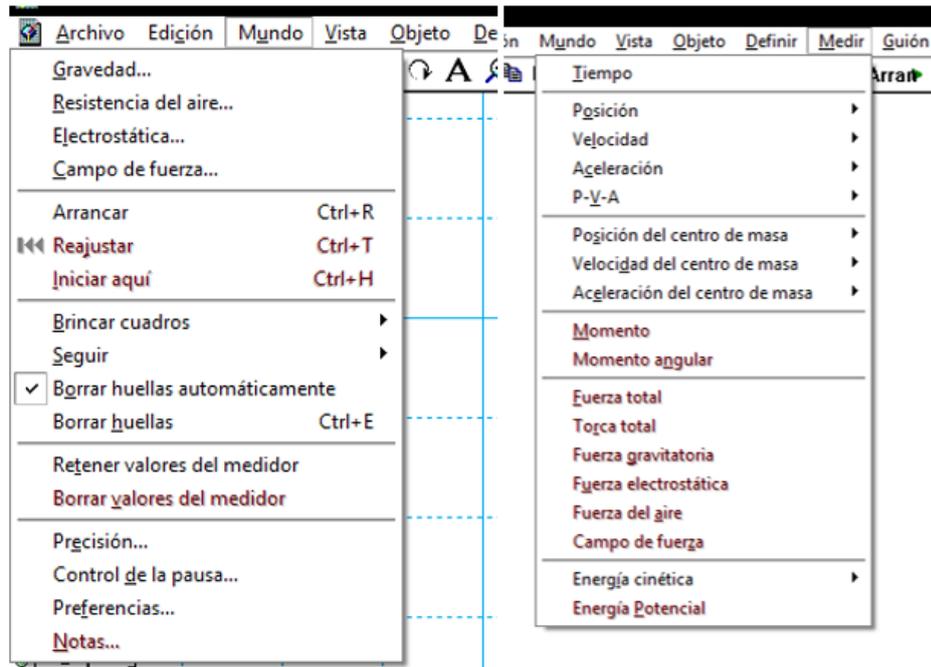


Figura 3.2. Barra de herramientas del programa Interactive Physics.

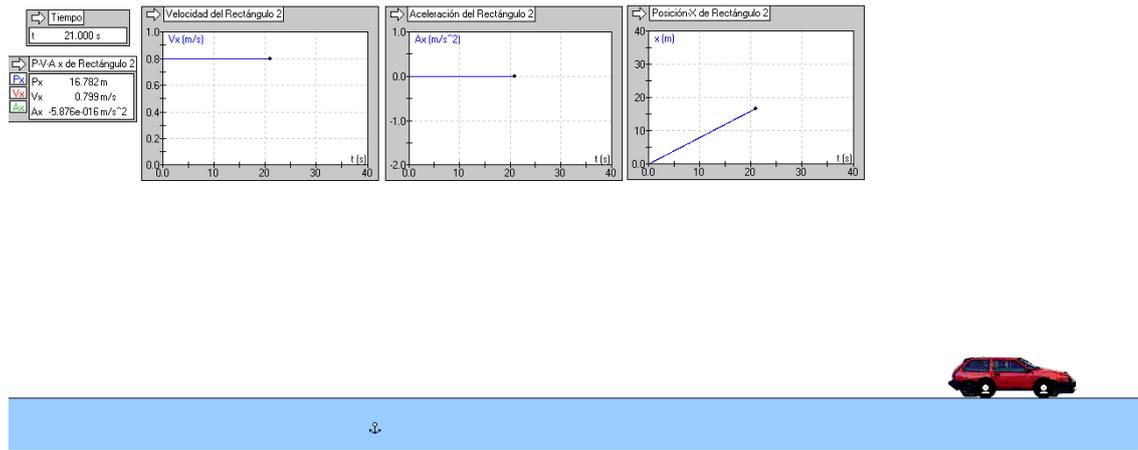


Figura 3.3. Práctica modelo de M.R.U.

En la práctica de M.R.U. se puede apreciar el desplazamiento del vehículo, el cual al tener un movimiento uniforme sus gráficas de desplazamiento, velocidad y aceleración son lineales, las mismas que se pueden visualizar con sus respectivos valores, conforme se desplaza el móvil.

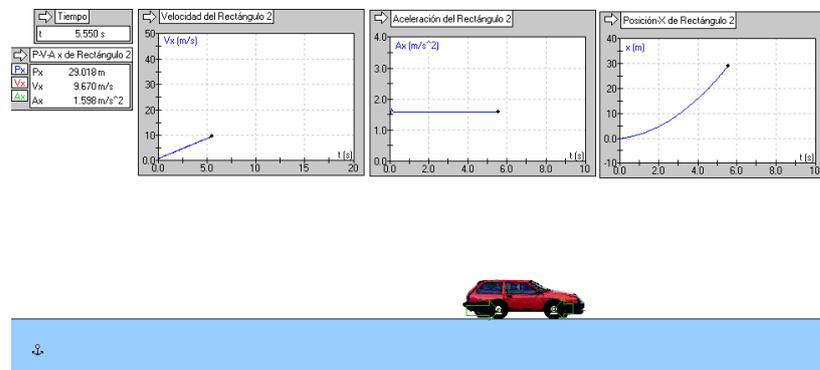


Figura 3.4. Práctica modelo de M.R.U.V.

En la práctica de M.R.U.V., al igual que en el M.R.U. se puede apreciar las gráficas que genera el vehículo durante su desplazamiento, también este programa permite determinar los valores en cualquier punto de su trayectoria tan solo con activar las condiciones (ejemplo: posición, velocidad y aceleración, cuando el tiempo es 5.55s).

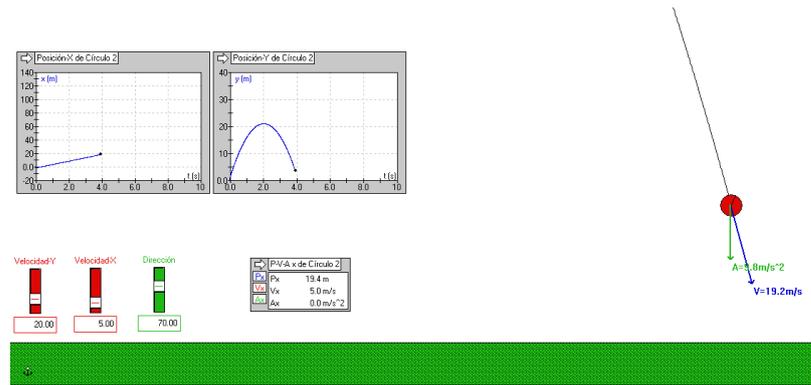


Figura 3.5. Práctica modelo de movimiento parabólico.

Otra de las opciones que presenta este programa es la de colocar fuerzas externas a un objeto, que pueden ser manipuladas mediante controladores, los cuales hacen que el objeto se desplace conforme la velocidad, dirección y sentido que se establezca, como por ejemplo en un movimiento parabólico.

Una caja de masa 8kg se desliza sobre una superficie plana a la cual se le ejerce una fuerza de 80 N, formando un ángulo de 30° con la horizontal. Si el coeficiente de rozamiento entre la caja y la superficie es de 0.20, determine su aceleración

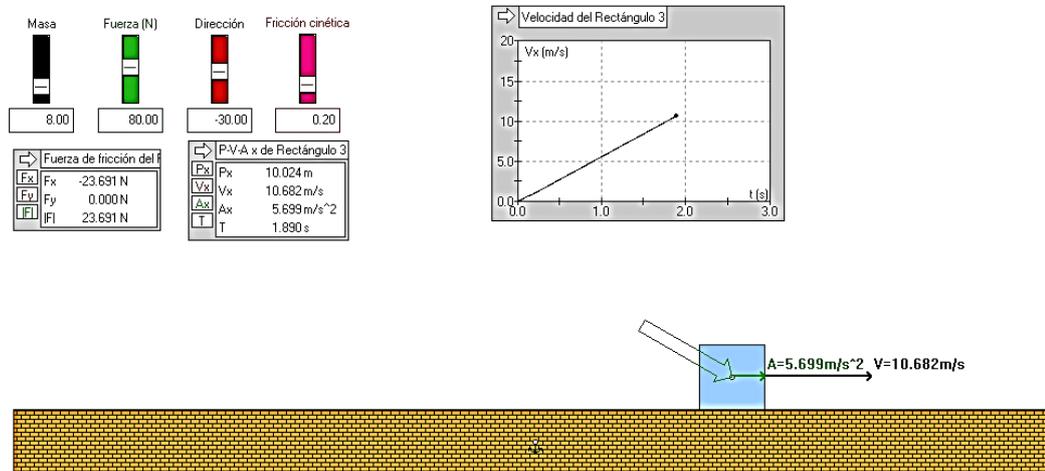


Figura 3.6. Práctica modelo de la segunda ley de Newton.

Este programa también permite realizar y validar el análisis de cuerpos en contacto (segunda ley de Newton), ya que se puede controlar los valores del coeficiente de fricción, la masa, fuerza, etc. Además que se pueden observar las gráficas que se requieran.

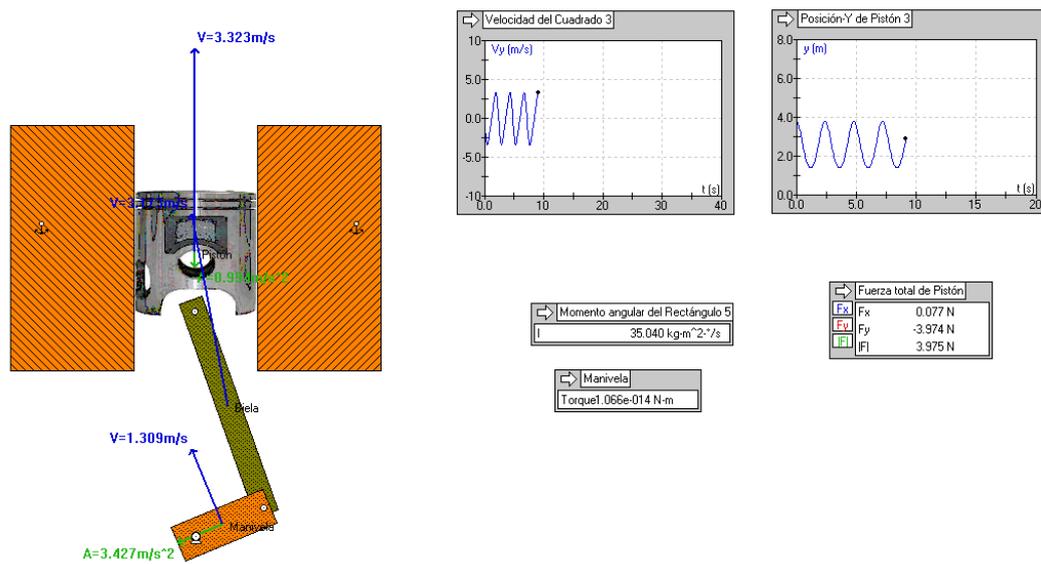


Figura 3.7. Práctica modelo de movimiento circular.

Este programa también permite observar la variación de la magnitud, dirección y sentido de las velocidades y aceleraciones en un movimiento circular en tiempo real, además de que también se puede apreciar la variación del momento angular, fuerza, torque, gráficas, etc.

Un bloque de 20 kg se hala con una fuerza de 75N, a 28° sobre la horizontal, cual es trabajo desarrollado al desplazarse 8m

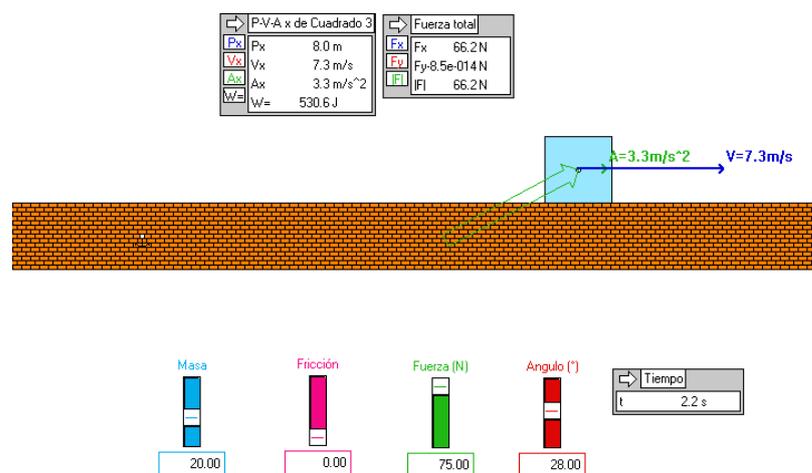


Figura 3.8. Práctica modelo de Trabajo.

Al igual que la práctica de cuerpos en contacto, en esta práctica modelo de trabajo se utiliza los mismos parámetros excepto que no se utiliza un valor para el coeficiente de fricción. Para una mejor conceptualización del problema se pueden utilizar varios complementos como: colores, fondos, imágenes, etc.

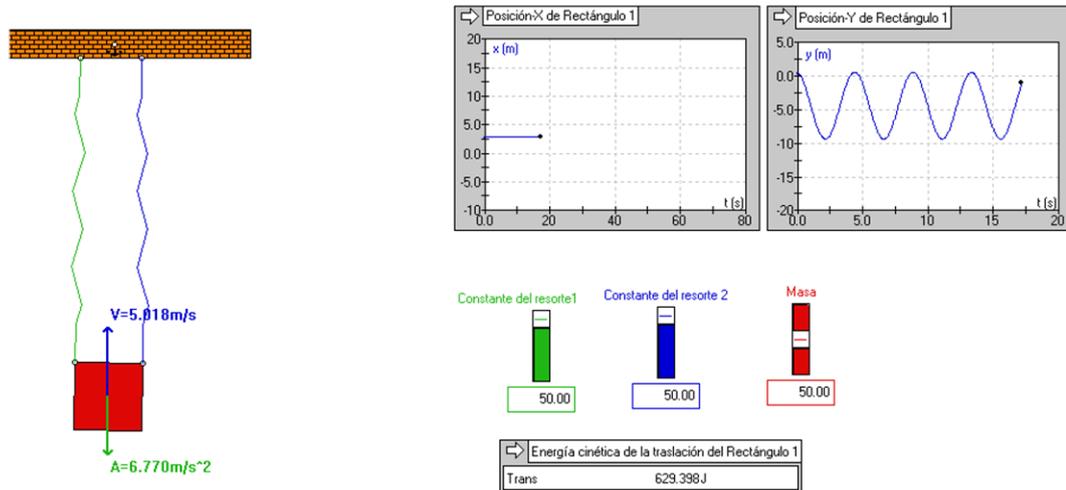


Figura 3.9. Práctica modelo de la energía potencial elástica de un resorte.

Este programa posee varios comandos, los mismos que al ser utilizados de una manera correcta se puede realizar análisis completos de situaciones, las cuales relacione energía cinética, potencial, trabajo, movimiento ondulatorio, etc., todo depende de la creatividad e interés en dominar este programa.

### 3.9.2. Prácticas de laboratorio Física II

#### 3.9.2.1. Equilibrio (Practica de laboratorio)

 UNIVERSIDAD DEL AZUAY		
GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA: ING. M. AUTOMOTRIZ		
Práctica N°:	Tema: En qué posición se debe ubicar un vehículo en el puente elevador.(medidas-distancias)	Integrantes:
Curso:	Fecha:	
Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar qué tipo de elevador se utiliza.</li> <li>• Determinar en qué posición se debe ubicar el vehículo en los brazos de un elevador para trabajos básicos en un vehículo (cambios de aceite)</li> </ul>		
Equipos, Herramientas y materiales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puente elevador.</li> <li>• Flexómetro.</li> </ul>		
Marco teórico: (Investigación por parte de los estudiantes)		
Procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar al vehículo en la posición correcta (centrar el vehículo en el puente elevador)</li> <li>• Colocar los brazos del puente elevador y tratar de que el vehículo quede en equilibrio para proceder a levantarlo.</li> <li>• Con la ayuda del flexómetro tomar las respectivas medidas que se requieren para que un vehículo quede en equilibrio en el puente elevador (con respecto al eje y el puente elevador)</li> </ul>		
Esquemas y/o gráficos: (Ejemplo en vehículo Suzuki Forsa 1) Centrar el vehículo en el puente elevador y seleccionar las partes en las que sujetara los brazos en el instante de levantar el vehículo.		



Comprobar si el vehículo está en equilibrio para proceder a levantarlo completamente.



Levantar al vehículo a una altura de 1.65m, considerando estándar para realizar cualquier trabajo bajo el vehículo.



Realizar las respectivas medidas considerando que el vehículo está en equilibrio.

Desde cada soporte de los brazos al centro de los ejes del vehículo la medida tomada de este vehículo es de 40cm.

Las medidas de soporte a soporte a lo largo del vehículo son de 1.5m.



Resultados y conclusiones:

(Análisis por parte de los estudiantes)

Bibliografía:

(Proporcionado por parte de los estudiantes)

**3.9.2.2. Potencia, torque, velocidad (Practica de laboratorio)**

		
GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA PARA I.M.A.		
Práctica N°:	Tema: (Potencia, torque, y velocidad). Obtención de datos de un vehículo en funcionamiento por medio de un banco dinamométrico.	Integrantes:
Curso:	Fecha:	
<b>Objetivos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los valores de potencia y torque de un vehículo, mediante un banco dinamométrico.</li> <li>• Determinar de manera teórica los valores de potencia y torque de un vehículo.</li> <li>• Análisis y comparación de resultados teóricos vs prácticos.</li> </ul>		
<b>Equipos, Herramientas y materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Banco dinamométrico.</li> <li>• Correas de sujeción.</li> <li>• Flexo metro.</li> <li>• Medidor de presión de neumáticos.</li> <li>• Sensor óptico de velocidad.</li> <li>• Ventiladores de refrigeración.</li> </ul>		
<b>Marco teórico:</b> (Investigación por parte de los estudiantes) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso y funcionamiento de un banco dinamométrico.</li> </ul>		
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación del vehículo (nivel de refrigerante, presión de neumáticos,)</li> <li>• Preparación e instalación del banco dinamométrico.</li> <li>• Ubicación y sujeción del vehículo en el banco dinamométrico.</li> <li>• Instalación de ventiladores y ubicación del sensor de velocidad.</li> <li>• Ingreso de datos técnicos del vehículo en el programa</li> </ul>		

- Prueba preliminar (sujeción y alineación del vehículo)
- Prueba final y recopilación de datos.

Esquemas y/o gráficos:

(Ejemplo en vehículo Suzuki forsa 1 )

Ubicación del vehículo

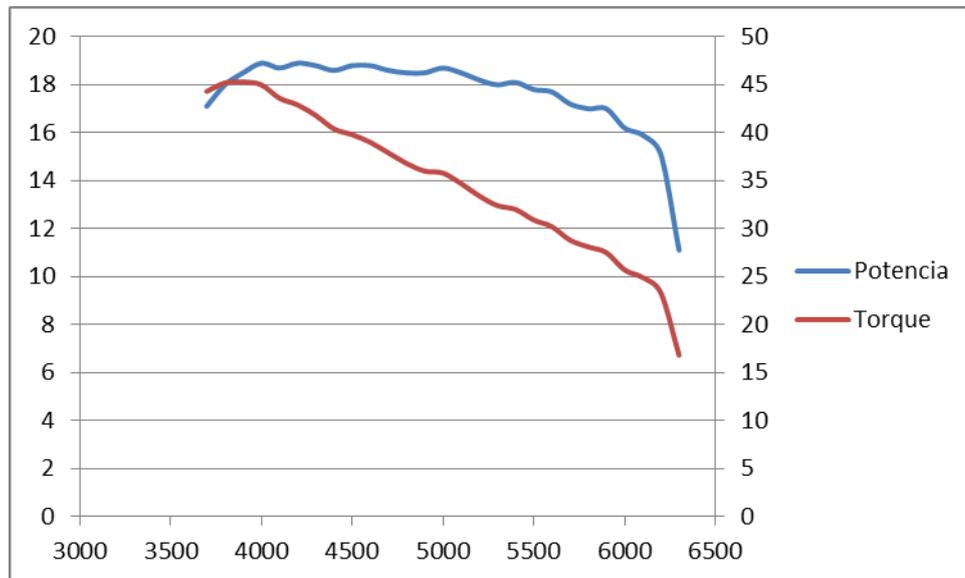


Parte de los datos obtenidos luego de la prueba realizada en el banco dinamométrico.

Velocidad del motor	Potencia	Torque	Velocidad
RPM	CKw	Nm	km/h
3700	17,1	44,3	64
3800	18	45,2	65
3900	18,5	45,3	67
4000	18,9	45	69
4100	18,7	43,6	71
4200	18,9	42,9	72
4300	18,8	41,8	74
4400	18,6	40,4	76
4500	18,8	39,8	78
4600	18,8	39	79
4700	18,6	37,9	81
4800	18,5	36,8	83
4900	18,5	36	84
5000	18,7	35,8	86
5100	18,5	34,7	88
5200	18,2	33,4	90
5300	18	32,4	91

5400	18,1	32	93
5500	17,8	30,9	95
5600	17,7	30,2	97
5700	17,2	28,8	98
5800	17	28,1	100
5900	17	27,5	102
6000	16,2	25,7	104
6100	15,9	24,9	105
6200	15,1	23,3	107
6300	11,1	16,8	109

Resultados obtenidos



A 4000 Rpm se obtuvo un torque máximo de 45 N\*m, y a 4200 Rpm se obtuvo una potencia de 18.9 KW.

Resultados y conclusiones:

(Análisis por parte del estudiante)

Bibliografía:

(Proporcionado por parte de los estudiantes)

**3.9.2.3.Presión (Practica de laboratorio)**

		
<b>GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA PARA I.M.A.</b>		
Práctica N°:	Tema: (Presión) Que presión soporta un muelle de válvula de un motor de vehículo.	Integrantes:
Curso:	Fecha:	
<b>Objetivos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento de la prensa hidráulica.</li> <li>• Identificar el trabajo que realiza el muelle de válvula en el motor.</li> </ul>		
<b>Equipos, Herramientas y materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa hidráulica.</li> <li>• Muelle (resorte).</li> <li>• Lainas de acero.</li> </ul>		
<b>Marco teórico:</b> (Investigación por parte de los estudiantes) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso y funcionamiento de una prensa hidráulica.</li> <li>• Que función cumple el muelle de válvula en un motor.</li> </ul>		
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantar la mesa de la prensa hidráulica a una determina altura en la que se pueda colocar el muelle.</li> <li>• Colocar lainas de acero sobre el muelle para evitar que salga disparado el muelle.</li> <li>• Bajar el cilindro de la prensa hidráulica y verificar cual es la presión que se genera al comprimirlo.</li> </ul>		
<b>Esquemas y/o gráficos:</b> (Ejemplo en muelle de válvula de un motor ) Subir la mesa de la prensa hidráulica y colocar el muelle correctamente.		



Colocar lanas de acero o masas de acero identificando la adecuada, para luego proceder a comprimir el muelle.



Verificar la presión que soporta dicho muelle sin carga.



Verificar la presión que soporta dicho muelle con carga.



Resultados y conclusiones:

(Análisis por parte de los estudiantes)

Bibliografía:

(Proporcionado por parte de los estudiantes)

**3.9.2.4. Gasto (Practica de laboratorio)**

 UNIVERSIDAD DEL AZUAY		
GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA PARA I.M.A.		
Práctica N°:	Tema:(Gasto y volumen de un fluido) Que volumen de gasolina brinda un inyector en un determinado tiempo.	Integrantes:
Curso:	Fecha:	
<b>Objetivos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar el sistema de inyección de combustible.</li> <li>• Reconocimiento del banco de lavado de inyectores.</li> <li>• Reconocimiento de un inyector y sus funciones.</li> </ul>		
<b>Equipos, Herramientas y materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Banco de comprobación de inyectores.</li> <li>• Inyectores.</li> <li>• Líquido para determinar el volumen de llenado por los inyectores.</li> <li>• Probetas.</li> </ul>		
<b>Marco teórico:</b> (Investigación por parte de los estudiantes) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso y funcionamiento de un banco de comprobación de inyectores.</li> <li>• Funcionamiento de un inyector de combustible de un vehículo.</li> </ul>		
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar las probetas en el banco de inyectores.</li> <li>• Armar el riel de inyectores, sujetándolo bien para que no exista fugas.</li> <li>• Conectar los inyectores a cada cable que da la señal de inyección.</li> <li>• Sujetar los inyectores en el riel del banco.</li> <li>• Calibrar el banco al tiempo que se desea realizar la prueba.</li> <li>• Encender y dar inicio a la prueba.</li> </ul>		

- Revisar el volumen de gasolina que brinda cada inyector.

Esquemas y/o gráficos:

(Ejemplo en vehículo )

Colocar las probetas, conectar los inyectores y regular el tiempo en el banco de pruebas.

A 81 segundos determinar el volumen de combustibles que brinda cada inyector.



Poner en inicio e ir revisando el comportamiento de cada inyector en cuanto a la cantidad de combustible que brinda cada uno.



Revisar las respectivas medidas de volumen de cada inyector y concluir cual esta defectuoso según el volumen de combustible suministrado.

Resultados y conclusiones:

(Análisis por parte de los estudiantes)

Bibliografía:

(Proporcionado por parte de los estudiantes)

**3.9.2.5.Presión manométrica-motor (práctica de laboratorio)**

		
<b>GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA PARA I.M.A.</b>		
Práctica N°:	Tema: (Presión manométrica) Cuál es la compresión en los cilindros de un motor.	Integrantes:
Curso:	Fecha:	
<b>Objetivos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entender el funcionamiento del manómetro depresión.</li> <li>• Identificar los elementos de un motor de un vehículo y su funcionamiento.</li> <li>• Determinar el proceso para la medición de compresión de cada cilindro.</li> </ul>		
<b>Equipos, Herramientas y materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas básicas milimétricas (llaves, dados).</li> <li>• Desarmadores planos y estrella.</li> <li>• Dado de bujías.</li> <li>• Manómetro.</li> </ul>		
<b>Marco teórico:</b> (Investigación por parte de los estudiantes) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso y funcionamiento de un manómetro automotriz.</li> <li>• Presión manométrica limite en un cilindro de motor.</li> </ul>		
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedemos a desconectar los cables de bujías y a sacar todas las bujías.</li> <li>• Luego colocamos el manómetro en el cilindro # 1 y teniendo pisado el acelerador damos arranque hasta que nos dé el máximo valor en el manómetro.</li> <li>• El mismo procedimiento realizamos para los demás cilindros pero sin soltar el acelerador.</li> </ul>		

Esquemas y/o gráficos:

(Ejemplo en vehículo Suzuki forsa 1)

Desconectar todos los cables de bujía y extraer con la ayuda del dado de bujía.



Conectar el manómetro de presión en cada cilindro.



Presiones marcadas por el manómetro en cada cilindro del motor.



	Suzuki forsa 1
Cilindro 1	115 PSI
Cilindro 2	115 PSI
Cilindro 3	115 PSI

Resultados y conclusiones:

(Análisis por parte del estudiante)

Bibliografía:

(Proporcionado por parte de los estudiantes)

**3.9.2.6.Presión manométrica-combustible (práctica de laboratorio)**

		
<b>GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA PARA I.M.A.</b>		
Práctica N°:	Tema:(Presión manométrica) Cuál es la presión de línea del suministro de combustible.	Integrantes:
Curso:	Fecha:	
<b>Objetivos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer el sistema de alimentación de combustible de un vehículo.</li> <li>• Conocer la forma de instalación de un manómetro.</li> <li>• Determinar la presión de combustible.</li> </ul>		
<b>Equipos, Herramientas y materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manómetro</li> <li>• Alicates de presión.</li> <li>• Destornillador (plano, estrella)</li> </ul>		
<b>Marco teórico:</b> (Investigación por parte de los estudiantes) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso y funcionamiento de un manómetro automotriz.</li> <li>• Funcionamiento de la alimentación de combustible en un vehículo.</li> </ul>		
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación del equipo de medición entre el filtro y el conducto que se dirige al riel de inyectores</li> <li>• Revisar que no existan fugas en la conexión realizada.</li> <li>• Encender el vehículo y medir la presión con el manómetro.</li> </ul>		
<b>Esquemas y/o gráficos:</b> (Ejemplo en vehículo Toyota Hilux) Instalación del manómetro y conexión de cañerías.		



Medición obteniendo como resultado una presión aproximada de 55psi equivalente a 3.74bar, la cual se procedió a comparar con el dato del fabricante en el Autodata siendo este de 4bar.



Resultados y conclusiones:

(Análisis por parte de los estudiantes)

Bibliografía:

(Proporcionado por parte de los estudiantes)

**3.9.2.7. Temperatura (Practica de laboratorio)**

		
<b>GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA PARA I.M.A.</b>		
Práctica N°:	Tema:(Temperatura) Determinar las cinco zonas (partes) más calientes de un vehículo cuando se encienda el electro ventilador.	Integrantes:
Curso:	Fecha:	
<b>Objetivos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar el sistema de refrigeración de un motor.</li> <li>• Identificar las partes del motor.</li> <li>• Identificar que partes del motor tiene un aumento en su temperatura.</li> <li>• Entender el funcionamiento del medidor de temperatura.</li> </ul>		
<b>Equipos, Herramientas y materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidor de temperatura tipo laser.</li> <li>• Vehículo.</li> </ul>		
<b>Marco teórico:</b> (Investigación por parte de los estudiantes) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso y funcionamiento de un medidor de temperatura tipo laser automotriz.</li> </ul>		
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con el medidor de temperatura revisar a que temperatura se encuentra el líquido refrigerante con el vehículo apagado.</li> <li>• Encender el vehículo y esperar hasta que encienda el electro ventilador.</li> <li>• Con la ayuda del medidor de temperatura revisar a cuantos grados se encuentra el líquido refrigerante en el radiador.</li> <li>• Revisar a que grados de temperatura se encuentra Bobina, motor, múltiple de escape, mangueras de líquido refrigerante.</li> </ul>		
<b>Esquemas y/o gráficos:</b> (Ejemplo en vehículo Suzuki forsa 1)		

La temperatura marcada en el medidor de temperatura es: en el líquido refrigerante  $63^{\circ}\text{C}$  y en los conductos (mangueras) de líquido refrigerante es de  $55^{\circ}\text{C}$ .



Los grados de temperatura a las que se encuentra el tapa válvulas es de  $58^{\circ}\text{C}$  y la bobina de encendido es de  $28^{\circ}\text{C}$ .



La temperatura a la que se encuentra el múltiple de escape es de  $238^{\circ}\text{C}$ , ya que es el que recibe directamente la combustión de la mezcla aire-combustible.



Resultados y conclusiones:

(Análisis por parte de los estudiantes)

Bibliografía:

(Proporcionado por parte de los estudiantes)

**3.9.2.8. Dilatación (Práctica de laboratorio)**

		
<b>GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA PARA I.M.A.</b>		
Práctica N°:	Tema: (Dilatación) Que tanto se dilatan los metales al estar expuestos a altos grados de temperatura.	Integrantes:
Curso:	Fecha:	
<b>Objetivos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las funciones que hace la suelta autógena.</li> <li>• Identificar los valores de dilatación de las platinas tanto en largo como ancho.</li> </ul>		
<b>Equipos, Herramientas y materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alicates, pinza.</li> <li>• Guantes especiales para el uso en altas temperaturas.</li> <li>• Varilla de latón (73.6mm X 23.8cm).</li> <li>• Suelda autógena.</li> <li>• Medidor de temperatura.</li> <li>• Calibrador.</li> <li>• Gafas especiales.</li> </ul>		
<b>Marco teórico:</b> (Investigación por parte de los estudiantes). <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso y funcionamiento de una suelda autógena.</li> <li>• Funcionamiento y uso de un medidor de temperatura tipo laser.</li> </ul>		
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir la longitud y ancho de las varillas inicialmente con la ayuda del calibrador.</li> <li>• Colocar en una superficie en donde no exista transferencia de calor (ladrillo, Bloque).</li> <li>• Encender la suelda autógena y regular para que sea apropiada para calentar el material.</li> </ul>		

- Con la ayuda del medidor de temperatura revisar constantemente a que temperatura se encuentra las varillas y la platina.
- Una vez llegado a la temperatura deseada, dejar enfriar las varillas.
- Medir las longitudes de la varilla para revisar si se ha dilatado horizontal y verticalmente.

Esquemas y/o gráficos:

Las medidas tomadas de la platina con la ayuda del calibrador son de 73.6mm x 23.8mm y el diámetros de la varilla cilíndrica es de 5.5 mm de diámetro y 32.5mm de largo.



Calentamiento de la varilla y la platina con la ayuda de la suelta autógena.



La temperatura a la que se encuentra la platina es de 477 °C.



La variación en cuanto a medidas una vez expuestas a determinadas temperaturas

son de: Platina= 73.8mm x 24.5 Varilla= diámetro de 5.7 x 33.2 mm
Resultados y conclusiones: (Análisis por parte de los estudiantes)
Bibliografía: (Proporcionado por parte de los estudiantes)

## Capítulo 4 : RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Con la realización del presente trabajo de titulación se pudieron determinar varios factores los cuales influyen directa o indirectamente a un adecuado estudio de las cátedras Física I y Física II, en la carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz, de la Universidad del Azuay, entre los más importantes se destaca el insuficiente material bibliográfico, ejercicios sin aplicaciones automotrices, prácticas de laboratorio muy simples o cuyo aporte automotriz es nulo, inexistencia de un “texto guía” cuyo contenido promueva e incentive la investigación de la teoría y funcionamiento de los sistemas automotrices y su relación a la física.

Debido a la inexistencia de un texto de física, el cual tenga enfoque automotriz, los docentes optan por los libros de física general, en donde la teoría y aplicaciones también se presentan de forma general, limitando de esta manera que el estudiante identifique y explore fenómenos, situaciones, acontecimiento físicos que ocurren en el vehículo antes, durante y después de su funcionamiento.

Es por eso que como uno de los resultados de investigación del presente trabajo de titulación se desarrolló un documento de enseñanza y consulta “texto guía”, para que estudiantes y docentes puedan utilizarlo sin mucha dificultad, dicho documento se divide en tres partes las cuales son: 1) Recopilación bibliográfica, 2) Aplicaciones y propuestas y 3) Prácticas de laboratorio.

**Recopilación bibliográfica:** En esta primera sección, se hace una recopilación de información teórica y técnica de toda la temática que involucra los sílabos vigentes de las cátedras anteriormente mencionadas. Para lo cual se utilizaron varios libros de física general de los cuales se seleccionó información que aporta contenido claro y conciso, a comparación de los libros que se usan comúnmente, los cuales hacen que

la teoría sea muy extensa y por ende confusa. También se utilizaron libros de materias específicas como: Estática, Dinámica, Mecánica de fluidos, Transferencia de calor, Trucaje de motores, Mecánica, Teoría automotriz, etc., (Todos los libros disponibles en sección Bibliografía), de los cuales se extrajo contenido considerado importante con el fin de relacionar a la Física I y II con el vehículo y los sistemas automotrices.

La propuesta de utilizar un texto guía de física con teoría, aplicaciones y enfoque automotriz según la encuesta realizada (fig. 1.7) dice que el 66.1% de los estudiantes encuestados opina que “si lo usarían”, y un 24.1% dice que “tal vez lo usarían o un poco sí”, con lo que se resume que un 90.2 % de alumnos utilizarían dicho documento.

**Aplicaciones y propuestas:** La propuesta de generar ejercicios de física con enfoque automotriz, nace de la necesidad de motivar y vincular al alumno con el vehículo y sus sistemas desde el inicio de sus estudios universitarios.

Todos los ejercicios propuestos presentan su respectiva solución, con lo cual se consigue que el usuario del presente documento tenga la certeza, confianza y respaldo que necesita. Además a esto se cuenta con varios ejercicios resueltos los cuales guiarán al alumno de manera detallada y sistemática la relación del automóvil y los sistemas automotrices con la física, mediante análisis con datos reales de los sucesos físicos que se dan en el vehículo los cuales arrojen respuestas coherentes, ya sea durante su funcionamiento estático, en ruta, o cuando el automotor está en reposo.

Como otro aspecto de validación del proyecto “Física automotriz” se consultó a los alumnos acerca de la aceptación que tendrían los ejercicios con enfoque automotriz como método de enseñanza, obteniendo como resultado (fig. 1-9) que el 54.5% de los estudiantes opinaron que prefieren este tipo de ejercicios frente a los

tradicionales, mientras que un 42% opina que también los prefieren pero combinando con el método tradicional, se deduce entonces que un 96.5% de encuestados aceptan la iniciativa de este tipo de ejercicios.

**Prácticas de laboratorio:** Luego del análisis de las prácticas de laboratorio (Sección 3.9.1.) que actualmente se imparten en el laboratorio de física de la Facultad de Ciencia y Tecnología, su insuficiente o nulo aporte y relación de la física con la Ingeniería Automotriz, se propone la reestructuración y rediseño de las prácticas de laboratorio para los alumnos de las cátedras de Física I y Física II, de la escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, con una propuesta en donde se vincule al alumno con el vehículo, equipamiento automotriz del Taller de Mecánica Automotriz de la Universidad de Azuay, y el uso de programas de simulación. Con lo cual se trata de motivar y relacionar al alumno con la Ingeniería Automotriz a partir de su primer ciclo de estudio, en donde conocerá de cerca el sector automotriz y su relación con la física mediante la realización de prácticas de laboratorio.

Según encuesta realizada la propuesta de la utilización del vehículo y equipamiento automotriz en la realización de prácticas de laboratorio actualmente tiene una aceptación del 92.9 % (fig. 1-10), además se tiene que un 92% de la población encuestada cree que el utilizar programas de simulación mejoraría y aclararía el aprendizaje (fig. 1-8), lo cual es muy significativo.

#### **4.2. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS**

A partir de la encuesta realizada (Sección 1.8) en la parte de sugerencias y comentarios, es notorio ver como varios estudiantes están insatisfechos de la metodología empleada al estudio de la física, debido a que consideran que las clases son muy teóricas y que sí se puede hacer algo al respecto, que las clases no son interactivas, y requieren más aplicaciones de la carrera, o que se relacione a las materias con la carrera desde los ciclos iniciales, con simulaciones, prácticas de laboratorio más interesantes o enfocadas a la parte automotriz, o con visitas técnicas.

Existe equipamiento automotriz en nuestra ciudad los cuales utilizan varios principios físicos, los cuales se pueden considerar como una visita técnica. Y así en parte promover e incentivar la investigación. Como ejemplo acudimos a los Centros de Revisión Técnica Vehicular Cuenca, en sus dos centros (Capulispamba y Mayancela) en donde a continuación presentamos imágenes que pueden incentivar el análisis y estudio de los alumnos.



Figura 4.1. Vehículo en prueba de frenado.



Figura 4.2. Valores de frenado eje posterior.



Figura 4.3. Valores de alineación.



Figura 4.4. Valores de frenado eje delantero.



Figura 4.5. Ondas y valores de suspensión defectuosa.



Figura 4.6. Valores de suspensión en buen estado y defectuoso.

Otro de los aspectos que se deberían considerar es la reestructuración de los sílabos y el contenido de Física I y II, Estática y Dinámica, debido a la distribución de carga horaria (análisis realizado en la sección 1.6.), ya que existen temas importantes que no se consideran o no se estudian a profundidad, y si se lo hace su nivel de dificultad en las aplicaciones es elemental. Además que se puede ampliar la temática que se imparte actualmente, para de esta manera alcanzar un mejor nivel educativo.

Uno de los objetivos del presente trabajo de titulación es “Diseñar y elaborar guías para la realización de prácticas de laboratorio”, para la cual presentamos la sugerencia del uso e implementación de un “laboratorio virtual”, el cual se basa en la utilización de varios software de simulación, los mismos que reemplazarían a las prácticas de laboratorio, debido a que en estos programas se pueden hacer las mismas prácticas, pero con mayor precisión, además de ser muy interactivas, ayudan a la destreza y manejo de simuladores los cuales son una herramienta muy funcional en varias cátedras.

Existen varios programas de simulación para el estudio de la física disponibles en internet los cuales se pueden descargar e instalar fácilmente, programas como: Modellus, Crocodile Physics 605, Easy Java Simulations, e Interactive Physics 2005, todos estos muy interactivos y fáciles de utilizar.

Uno de los programas más interactivos, exactos, completos, el cual se sugiere su uso e implementación es el Interactive Physics 2005, ya que además de tener varias opciones de simulación es una buena opción para que el alumno pueda desarrollar su habilidad al momento de crear (generar) simulaciones. El uso y las aplicaciones que se pueden realizar en este programa se detallaron en la (Sección 3.9.1.).

Finalmente se considera que a raíz de los resultados de esta investigación queda abierta la iniciativa de expansión de este proyecto a más cátedras y carreras de la universidad.

*“El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente”.*

*David Paul Ausubel*

**BIBLIOGRAFÍA:**

- Alfaro, Y. (20 de Diciembre de 2015). *Física*. Obtenido de Torque o momento de una fuerza: <https://yesseralfaro.files.wordpress.com/2009/01/16-torque.pdf>
- Alonso, M., & Finn, E. (1971). *Física*. México: Fondo Educativo Interamericano, S. A.
- Aparicio Izquierdo, F., Vera Alvarez, C., & Díaz López, V. (1995). *Teoría de los Vehículos Automóviles*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Arcos Martínez, F. O. (11 de Julio de 2016). *LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MODERNA EN LA EDUCACIÓN MEDIA UNA APROXIMACIÓN*. Obtenido de UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2177/1/FigueroaMoyaAnyulSteak2015.pdf>
- Badem, G. (09 de Julio de 2016). *Breve historia y evolución de la Física*. Obtenido de Trinity's Eyes: <https://trinityeyes.wordpress.com/2008/08/16/breve-historia-y-evolucion-de-la-fisica-preambulo-a-la-matrix/>
- Baudino, N. (11 de Julio de 2016). *¿Cuántas definiciones se necesitan para entender un concepto?* Obtenido de Análisis de interacciones en aulas de Física.: <http://www2.famaf.unc.edu.ar/institucional/biblioteca/trabajos/621/16838.pdf>
- Bauer, W., & Westfall, G. (2011). *Física para Ingeniería y Ciencias*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Beer, F., Johnston, R., & Cornwell, P. (2005). *Mecánica vectorial para Ingenieros - Dinámica*. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Beer, F., Johnston, R., & Eisenberg, E. (2007). *Mecánica vectorial para Ingenieros - Estática*. México: McGraw-Hill.
- Blandon, B., & Valdivia, R. (08 de Diciembre de 2015). *Equilibrio de una partícula*. Obtenido de Máster Sergio Navarro Hudiel: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/equilibrio-de-particula.pdf>
- Bueche, F., & Hecht, E. (2004). *Física General*. México: McGraw-Hill Interamerica Editores, S. A. de C. V. .
- Casanova, V. (19 de Abril de 2014). *La relatividad general*. Obtenido de Astrofísica y Física: <http://www.astrofisicayfisica.com/2014/04/la-relatividad-general.html>

- Cengel, Y. (2006). *Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Chaparro, O. (04 de Diciembre de 2015). *Mecánica*. Obtenido de Ciencias Naturales Física:  
<http://orlandoedu.weebly.com/uploads/1/3/6/6/13666778/cinematica.pdf>
- Científicos, T. (20 de Febrero de 2016). *Presión de un gas*. Obtenido de Textos científicos: <http://www.textoscientificos.com/quimica/gases/presion-gas>
- Cruz Guardado , J., Osuna Sánchez , M., & Ortíz Robles , J. (2008). *Química General*. México D. F.: Once Ríos .
- Cubana, E. C. (13 de Mayo de 2016). *Física*. Obtenido de Ecured:  
[http://www.ecured.cu/Trabajo\\_%28F%C3%ADsica%29](http://www.ecured.cu/Trabajo_%28F%C3%ADsica%29)
- Dalmati, D., & Pérez, L. (10 de Enero de 2016). *Propiedades físicas de los fluidos*. Obtenido de Universidad de Buenos Aires (UBA):  
[http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos\\_propiedades\\_fisicas\\_fluidos.pdf](http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_propiedades_fisicas_fluidos.pdf)
- De Paz, C. (09 de Junio de 2016). *El estado plasmático*. Obtenido de Fullquimica.com: <http://www.fullquimica.com/2012/08/el-estado-plasmatico.html>
- Desantes, J., & Payri, F. (2011). *Motores de combustion interna alternativos*. Barcelona: Reverté.
- Díaz, R., & González, L. (15 de 11 de 2015). *Reflexiones sobre los conceptos velocidad y rapidez de una partícula en física*. Obtenido de Scientific Electronic Library Online:  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v56n2/v56n2a5.pdf>
- Fiscalab. (06 de Enero de 2016). *Dinamica del sólido rígido*. Obtenido de Centro de masas: <https://www.fiscalab.com/apartado/centro-de-masas#contenidos>
- Funes, C. (2010). *Motores para competición*.
- García , T., Montero , J., Calle , W., Quinde , M., & Sarmiento , P. (03 de Agosto. de 2016). *Plasma: Una Tecnología de gran potencia para la industria y la ciencia*. Obtenido de INGENIUS Revista de ciencia y tecnología.:  
<http://revistas.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/view/4.2010.07/283>
- García Cutié, R. (12 de Marzo de 2016). *Ecured*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de Efecto Venturi: [http://www.ecured.cu/Efecto\\_Venturi](http://www.ecured.cu/Efecto_Venturi)
- García Fuentes, J. (26 de Mayo de 2010). *Ondas Gravitacionales*. Obtenido de Universidad de Murcia :  
[http://webs.um.es/bussons/OndasGravitacionales\\_resumen.pdf](http://webs.um.es/bussons/OndasGravitacionales_resumen.pdf)

- García, Á. F. (19 de Noviembre de 2015). *Movimiento circular*. Obtenido de Física con ordenador:  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cinematica/circular/circular.htm>
- Giancoli, D. (2006). *Física*. Mexico: Pearson Educación.
- Giancoli, D. (2008). *Física para Ciencias e Ingeniería*. México D. F.: Pearson .
- Giorgi, S., Cámara, C., Marino, L., Carreri, R., & Bonazzola, M. (11 de Julio de 2016). *Análisis de contenidos de Mecánica en libros de texto utilizados en la enseñanza de la Física en ciclo inicial de carreras universitarias*. Obtenido de Revista de Enseñanza de la Física:  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/9745/10483>
- Gispert, C., & Navarro, J. (2003). *Enciclopedia autodidáctica interactiva Océano*. Barcelona: Editorial Océano.
- Gómez, P. (08 de Marzo de 2016). *El Tamiz*. Obtenido de Mecánica de fluidos I:  
<http://eltamiz.com/2013/10/10/mecanica-de-fluidos-turbulencia/>
- Hewitt, P. (2004). *Física conceptual*. México D. F. : Pearson.
- Hibbeler, R. C. (2004). *Mecánica vectorial para ingenieros, Estática*. México: Pearson Educación.
- Incropera , F., & De Witt, D. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor* . México D. F. : Pearson .
- Intercom, G. (12 de Junio de 2016). *Construpedia*. Obtenido de Construmática:  
[www.construmatica.com/construpedia](http://www.construmatica.com/construpedia)
- Kenig, F., Montino, M., & Pérez, S. M. (11 de Julio de 2016). *¿Qué sienten y qué hacen los estudiantes cuando no entienden?* Obtenido de Revista de enseñanza de la física:  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/9747/10485>
- López Aguilar, N. G., & Sánchez Dorantes, L. (11 de Julio de 2016). *Procesos Psicológicos y Sociales*. Obtenido de EL ABURRIMIENTO EN CLASES:  
<http://www.uv.mx/psicologia/files/2013/06/El-Aburrimiento-En-Clases.pdf>
- Maddison , R. (2016). *Un hombre de mil caras*. Obtenido de Redbull:  
<http://www.redbull.com/es/motorsports/offroad/stories/1331745709372/robby-e-maddison-red-bull-fmx-motocross-freestyle-2015>
- Malo, J., Ochoa, P., Sempértegui, E., & Guillen, J. (s.f.p.). *Física*. Milano-Italia, Cuenca-Ecuador: Cooperazione Internazionale - Universidad del Azuay.
- Margarida , M. (1983). *Aislamiento Termico*. Barcelona : Técnicos y asociados S. A.

- Milenium, D. (26 de Enero de 2016). *Darwin Milenium*. Obtenido de Fuerzas en los fluidos: <http://www.darwin-milenium.com/estudiante/fisica/Temario/Tema4.htm>
- Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos*. México D. F.: Pearson Educación.
- Nola, B. Y. (12 de 11 de 2015). *Conceptos básicos: movimiento, trayectoria, y desplazamiento*. Obtenido de Portal educativo - Universidad de Talca: [http://www.educativo.utralca.cl/medios/educativo/estudiantes/basica/conceptos\\_sobre\\_movimiento.pdf](http://www.educativo.utralca.cl/medios/educativo/estudiantes/basica/conceptos_sobre_movimiento.pdf)
- Olmo, M., & Nave, R. (27 de Diciembre de 2015). *Mecánica*. Obtenido de HyperPhysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/frict.html>
- Ostermann, F., & Moreira, M. (05 de Julio de 2016). *Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores*. Obtenido de Enseñanza de las ciencias : <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/142477>
- Pérez Terrel, W. (2000). *Física, Teoría y práctica*. Lima: San Marcos.
- Pérez, A. (03 de Diciembre de 2015). *Dinámica*. Obtenido de Matematicas Física Química: <http://www.matematicasfisicaquimica.com/conceptos-de-fisica-y-quimica/743-tipos-fuerzas-dinamica.html>
- Rougeron , C. (1977). *Aislamiento acustico y termico en la construccion*. Barcelona : Editores Tecnicos y asiados S. A.
- Sanz González, Á. (2000). *Tecnología Automoción 5*. Barcelona : Edebé.
- Sanz, M., & Tanarro, I. (03 de Agosto de 2016). *Plasma basic concepts and Nitrogen containig plasmas*. Obtenido de Biblioteca: Universidad Politecnica de Madrid: [http://oa.upm.es/4806/2/INVE\\_MEM\\_2008\\_57987.pdf](http://oa.upm.es/4806/2/INVE_MEM_2008_57987.pdf)
- Segovia, & Valverde. (24 de Noviembre de 2014). *Euromaster*. Obtenido de El sistema de refrigeracion: <http://neumaticoslaunion.com/sistema-refrigeracion/>
- Sequera, A. J. (2007). *Enamórate de las ciencias*. La Habana: Gente Nueva.
- Serway, R., & Jewett, J. (2008). *Física para ciencias e ingeniería volumen 1*. México: Cengage Learning.
- Shames, I. (1995). *Mecánica de fluidos*. Bogotá: Mc Graw Hill.
- Shigley, J., & Uicker, J. (1983). *Teoría de máquinas y mecanismos*. Mexico D.F.: Mc Graw-Hill.
- Simulation, D. (03 de Noviembre de 2016). *Desing Simulation*. Obtenido de Desing Simulation: <http://www.design-simulation.com/IP/spanish/Index.php>

Solis Zambrano, A. (2004). *Física General*. Guayaquil: Printer-Go.

Tippens, P. E. (2007). *Física, conceptos y aplicaciones*. México: Mc Graw Hill.

Ulla, A. (22 de Marzo de 2007). *Datos oficiales motor BMW M3 2007*. Obtenido de Diariomotor: <http://www.diariomotor.com/2007/03/22/motor-bmw-m3-2007-datos-oficiales/>

Unefa. (11 de Julio de 2016). *Origen e historia de la física*. Obtenido de Universidad Nacional Experimental Politecnica de la Fuerza Armada Nacional: [http://unefavirtual.unefa.edu.ve/file.php/378/HISTORIA\\_DE\\_LA\\_FISICA.pdf](http://unefavirtual.unefa.edu.ve/file.php/378/HISTORIA_DE_LA_FISICA.pdf).

Villasuso, J. (21 de Noviembre de 2015). *Las Ondas y sus características*. Obtenido de Movimiento ondulatorio: [http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Ondasbachillerato/ondasCaract/ondas-Caract\\_indice.htm](http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Ondasbachillerato/ondasCaract/ondas-Caract_indice.htm)

WDL. (11 de Julio de 2016). *Las revoluciones de las esferas celestes*. Obtenido de World Digital Library: <https://www.wdl.org/es/item/3164/>

White, F. M. (2004). *Mecánica de fluidos*. España (Madrid): Silvia Figueras.

Wilson, J., Buffa, A., & Lou, B. (2007). *FÍSICA*. México D.F.: PEARSON EDUCACIÓN.

Yesser, A. (13 de Diciembre de 2015). *Torque*. Obtenido de Momento de una fuerza: <https://yesseralfaro.files.wordpress.com/2009/01/16-torque.pdf>

Young, H., & Freedman, R. (2009). *Física universitaria 1*. Mexico: Pearson Educación.

**ANEXOS: Formato encuesta realizada**

<b>LA FÍSICA Y SU ENFOQUE HACIA LA I.M.A.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Haz aplicado la física en la vida diaria.					
Que tan comprensible es la física usando libros tradicionales.					
Las prácticas de laboratorio, y su contenido, aportan a tu formación profesional.					
Nivel de dificultad de ejercicios realizados en clases.					
Nivel de dificultad de ejercicios de trabajos y deberes.					
¿Tienen enfoque automotriz las materias de 1er y 2do ciclo?					
Usarías un texto guía de física con aplicaciones y enfoque automotriz. Porque:.....					
Utilizar programas de simulación mejoraría y aclararía el aprendizaje. Porque:.....					
Preferirías ejercicios con enfoque automotriz vs los tradicionales. Porque:.....					
Te gustaría realizar prácticas de laboratorio utilizando el vehículo. Porque:.....					
Es necesario ampliar el enfoque automotriz de las materias iniciales, para incrementar el interés y aprendizaje. Porque:.....					
Sugerencias y comentarios para el proyecto “FÍSICA AUTOMOTRIZ”					

**VOCABULARIO:**

**Aceleración G:** Está basada en la aceleración que produciría la gravedad en un objeto cualquiera en condiciones ideales (sin atmósfera u otro rozamiento)

**Aerostático:** Relativo a la aerostática: globo aerostático

**Anti-neutrino:** Catalizador para el proceso de plegado espacio que causa que el colector de plasma se vuelva inestable

**Aspecto:** Conjunto de rasgos o características que muestra una persona o cosa

**Bidireccional:** De dos direcciones

**Cardinales:** Que es lo principal y más importante

**Circundante:** Que rodea a algo o alguien

**Concurrente:** Que coincide con personas o hechos en igual tiempo y lugar

**Constante:** Que se repite con cierta frecuencia manteniendo la misma intensidad

**Contínuum:** Continuo. Como sustantivo, sucesión o serie compuesta de partes entre las que no hay separación

**Conversión:** Acción y efecto de convertir o convertirse

**Corpúsculo:** Cuerpo muy pequeño, generalmente referido a la célula, molécula, partícula o elemento de un organismo

**Cotidiano:** Que ocurre o se repite todos los días

**Densidad:** Relación entre la masa de un cuerpo y su volumen

**Despresurizar:** Hacer que cese la presión atmosférica en las cabinas de los aviones o naves espaciales que vuelan a mucha altura

**Discentes:** Persona que cursa estudios en un establecimiento de enseñanza

**Disipadoras:** Que destruye o malgasta el caudal

**Disolución:** Mezcla homogénea de dos o más sustancias que forman una única fase

**Electrolito:** Sustancia, que fundida o en disolución acuosa, se disocia en iones, por lo cual es conductora de la electricidad

**Emisividad:** Capacidad de un material para emitir energía radiante

**Escalar:** Dicho de una magnitud: Que carece de dirección, ejemplo: la temperatura

**Escuetas:** Que es breve y no contiene adornos, rodeos o palabras innecesarias

**Esenciales:** Sustancial, principal, notable

**Espín:** En física, propiedad que tiene una partícula subatómica, como el electrón, de girar alrededor de su eje

**Estancada:** Parar la marcha o evolución de un asunto o proceso

**Exclusión:** Acción y efecto de excluir

**Extrapolación:** Acción y efecto de aplicar una cosa conocida a otro dominio para extraer consecuencias de ello

**Fisión:** División celular por estrangulamiento y separación de porciones de protoplasma

**Flybrid Automotive:** Vehículos de bajo carbono

**Flotabilidad:** Calidad de flotable o capaz de flotar

**Fluidez:** Cualidad de lo que es fluido

**Fosa:** Hoyo que se hace en la tierra

**Fotón:** Cada una de las partículas que, según la física cuántica, constituyen la luz y, en general, la radiación electromagnética

**Gravitación:** Fuerza de atracción mutua entre dos masas separadas por una determinada distancia

**Hidrostatica:** Rama de la física que estudia el equilibrio de los fluidos

**Hipergravedad:** Condición en la cual una fuerza de gravedad es mayor que o está aumentada por encima de la de la superficie de la tierra. Esto se expresa: mayor que  $1g$

**Hodógrafa:** Define la ley que rige la variación de la velocidad de un punto móvil.

**Idóneo:** Adecuado y apropiado para algo

**Incompresible:** Que no se puede comprimir o reducir a volumen menor

**Inminente:** Que amenaza o está para suceder prontamente

**Interacción:** Acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, personas, agentes, fuerzas, funciones, etc

**Intersecarse:** Dicho de dos líneas, dos superficies o dos sólidos: Cortarse o cruzarse entre sí

**Intervalo:** Espacio o distancia que hay de un tiempo a otro o de un lugar a otro

**Jalón:** De un tirón

**M.R.U:** Movimiento rectilíneo uniforme

**Matizar:** Graduar con delicadeza sonidos o expresiones conceptuales

**Módulo:** Dimensión que convencionalmente se toma como unidad de medida, y, más en general, todo lo que sirve de norma o regla

**Presurizar:** Mantener la presión atmosférica normal en un recinto, independientemente de la presión exterior, como en la cabina de pasajeros de un avión

**Principia:** Es una obra publicada por Isaac Newton el 5 de julio de 1687 a instancias de su amigo Edmond Halley

**Proporcional:** Dicho de una cantidad o de una magnitud que mantiene una proporción o razón constante con otra

**Refina:** Hacer más fino o más puro algo, separando las heces y materias heterogéneas o groseras

**Reversible:** Que puede volver a un estado o situación anterior

**Rígido:** Que no se puede doblar

**Submicroscopio:** Más pequeño que microscópico; demasiado pequeño para ser visto incluso con un microscopio

**Simetría:** Correspondencia exacta en la disposición regular de las partes o puntos de un cuerpo o figura con relación a un centro, un eje o un plano

**Sublimación:** Pasar directamente del estado sólido al de vapor

**Supermasivos:** Muy o extremadamente masiva. Mucho más grande de lo habitual

**Traslación:** Acción y efecto de trasladar de lugar a alguien o algo

**Vectorial:** Perteneciente o relativo a los vectores

**Viceversa:** Al contrario, por lo contrario; cambiadas dos cosas recíprocamente

**SIMBOLOGÍA:**

<b>Significado de letras</b>	
a= Aceleración	$L_o$ = Longitud inicial
$a_c$ = Aceleración centrípeta.	$L_v$ = Calor latente de vaporización
A= Área	m= Masa
$a_m$ = Aceleración media	$M_o$ = Momento inicial
$a_n$ = Aceleración normal	N= Fuerza normal
$a_T$ = Aceleración tangencial	$nk$ = Nano kelvin
$a_y$ = Aceleración transversal	$p$ = Presión
B= Módulo volumétrico	P= Potencia
cal= Calorías	$P_{abs}$ = Presión absoluta
$C_g$ = Centro de gravedad	$P_{atm}$ = Presión atmosférica
$C_m$ = Centro de masa	$P_{man}$ = Presión manométrica
$d_\theta$ = Derivada del desplazamiento angular	$P_m$ = Potencia media
$d_r$ = Derivada del vector posición	$P_{gas}$ = Presión del gas
$d_t$ = Derivada del vector tiempo	$P_{vac}$ = Presión de vacío
$d_U$ = Derivada del trabajo	Q= Calor
$d_v$ = Derivada de la velocidad	$\vec{r}$ = Radio vector
$d_\omega$ = Derivada de la velocidad angular	R= Radio vector
E = Energía	Rr.= Radio de la rueda
$E_c$ = Energía cinética	Rf= Razón de flujo del fluido (gasto)
$E_{cf}$ = Energía cinética final	t= Tiempo
$E_{ci}$ = Energía cinética inicial	$t_s$ = Tiempo de subida
$E_{int}$ = Energía interna	T= Periodo
$E_p$ = Energía potencial	$\vec{T}$ = Fuerza de tensión
$E_{pe}$ = Energía potencial elástica	$T_C$ = Temperatura en Celsius
$E_T$ = Energía total	$T_F$ = Temperatura en Fahrenheit
$f_A$ = Frecuencia angular	$T_K$ = Temperatura el kelvin
F= Fuerza	W = Trabajo
$f_o$ = Frecuencia armónica	$W_{ap}$ = Trabajo aplicado
f= Frecuencia	$W_{tot}$ = Trabajo total
FB= Fuerza de empuje	v= Velocidad
$F_c$ = Fuerza recuperadora	v= Rapidez de onda
$F_k$ = Fuerza de fricción dinámico	V= Volumen
$\vec{F}_r$ = Fuerza de fricción	$v_o$ = Velocidad inicial
$F_s$ = Fuerza de fricción estático	$V_{ox}$ = Componente horizontal velocidad
g= Gravedad	$V_{oy}$ = Componente vertical velocidad
h= Altura	$v_f$ = Velocidad final
H= Corriente de calor	$v_i$ = Velocidad inicial
$H_g$ = Mercurio	$v_m$ = Velocidad media
$I_o$ = Umbral auditiva	$v_y$ = Velocidad transversal
$I_p$ = Umbral de dolor	w= Peso, peso del vehículo
k= Constante del resorte	$w_{esp}$ = Peso especifico
K= Módulo de compresibilidad	$\vec{w}$ = Fuerza de largo alcance

$K_{cal}$ = Kilo calorías	$x$ = Distancia
$L$ = Longitud	$X_m$ = Alcance máximo
$L_f$ = Calor latente de fusión	$y_m$ = Altura máxima

<b>Significado de signos</b>	
$\sum M$ = Sumatoria de momentos	$\lambda$ = Longitud de onda
$\sum F$ = Sumatoria de fuerzas	$\rho l$ = Densidad de línea
$\sigma$ = Constante de Stefan	$\alpha$ = Coeficiente de dilatación lineal- Aceleración angular
$\theta$ = Desplazamiento angular	$\gamma$ = Coeficiente de dilatación superficial
$\Delta_x$ = Variación del espacio	$\beta$ = Coeficiente de dilatación volumétrica
$\Delta_L$ = Variación de la longitud	$\pi$ = Valor de pi equivalente a 3.1416
$\Delta_t$ = Variación del tiempo	$\tau$ = Esfuerzo cortante
$\Delta_v$ = Variación de la velocidad	$\rho$ = Densidad, densidad del aire
$\Delta_\theta$ = Variación del desplazamiento angular	$\mu_s$ = Coeficiente de fricción estático
$\Delta_\omega$ = Variación de la velocidad angular	$\mu$ = Coeficiente de rozamiento
$\Delta_\gamma$ = Variación de la aceleración angular	$\mu_k$ = Coeficiente de fricción dinámico
$\phi_s$ = Ángulo de rozamiento estático	$\omega$ = Velocidad angular
$\phi_k$ = Ángulo de rozamiento dinámico	$\omega_{ins}$ = Velocidad angular instantánea
$\phi$ = Ángulo de rozamiento	$\omega_o$ = Velocidad angular inicial