



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**“Diseño de un Medidor de Torque para Evaluar la Potencia al Freno  
de Motores de Encendido hasta 2500 cc”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Yovera Ojeda Edgar Iván (ORCID: [0000-0002-2999-1982](https://orcid.org/0000-0002-2999-1982))

**ASESOR:**

Dr. William Villarreal Albitres (ORCID: [0000-0003-1743-6014](https://orcid.org/0000-0003-1743-6014))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO - PERÚ

2020

## Dedicatoria

*Dedico este trabajo de investigación a Dios, a mis padres quienes me forjaron la vida, educación, y consejos. A mis condiscípulos de estudio, a mis profesores y amigos, con quienes sin su apoyo nunca hubiera podido realizar este trabajo. A mi esposa Lucero y mis hijos Ariana y Mateo que son mis motores para seguir adelante, les agradezco desde el fondo de mí corazón. Para todos ellos dedico estas líneas.*

EDGAR YOVERA

## Agradecimiento

*Agradezco a la Universidad César Vallejo, a sus Profesores y personal administrativo por apoyarme y guiarme en el ámbito Profesional, logrando con ello que mis objetivos y deseos de desarrollo personal y profesional se hagan realidad.*

EDGAR YOVERA.

## Índice de contenidos

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>vi</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>viii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	<b>46</b>
3.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	46
3.2 Variables y operacionalización.....	46
3.3. Población, muestra y muestreo.....	49
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos.....	49
3.5. Procedimiento:.....	50
3.6. Métodos de Análisis de Datos.....	51
3.7 Aspectos Éticos.....	51
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>52</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	<b>86</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>89</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>90</b>
<b>VIII. REFERENCIAS</b> .....	<b>91</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>95</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1.	Stock del parque vehicular según países.....	11
Tabla 2.	Stock del parque vehicular por tipo de vehículo 2016-2017 .....	12
Tabla 3.	Parque Vehicular Nacional, según clase de vehículo 2007-2017.....	13
Tabla 4.	Valores de Funciones de Estado .....	18
Tabla 5.	Especificaciones técnicas de refrigeradores dinamómetros.....	31
Tabla 6.	Rangos paramétricos de funcionamiento.....	33
Tabla 7.	Tesis descriptiva.....	46
Tabla 8.	Variable independiente y Operacionalización. ....	47
Tabla 9.	Variable dependiente y operacionalización.....	48
Tabla 10.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
Tabla 11.	Motores más comunes Rangos de Potencia.....	53
Tabla 12.	Propiedades del Chasis .....	60
Tabla 13.	Propiedades del Rodillo de Inercia .....	62
Tabla 14.	Propiedades de los Semiejes de Trasmisión .....	63
Tabla 15.	Datos del Diagrama de Cuerpo Libre.....	67
Tabla 16.	Propiedades del Rotor .....	74
Tabla 17.	Propiedades de la Carcaza.....	75
Tabla 18.	Tasas de Rendimiento de los Bonos de la Reserva Federal de USA	81
Tabla 19.	Tasas de Interés Riesgo País.....	82
Tabla 20.	Tasa de interés Riesgo Negocio.....	82
Tabla 21.	Presupuesto de fabricación de dinamómetro.....	84

## Índice de Figuras

Figura 1.	Stock del parque Vehicular 2013 – 2017 .....	12
Figura 2.	Cuadro de Lenguaje de Maquina.....	17
Figura 3.	Curvas Modificadas de Motores a ser leídos por Dinamómetro .....	17
Figura 4.	Ciclo Otto en Coordenadas P/V y T/S.....	18
Figura 5.	Banco de rodillos con Dinamómetro de Corrientes de Foucault.....	23
Figura 6.	Motor de Combustión, acoplado a un Banco de Medición - Dinamómetro .....	24
Figura 7.	Freno Prony.....	27
Figura 8.	Alternativa al Freno Prony .....	28
Figura 9.	Freno Alternativo .....	28
Figura 10.	Freno de Corrientes Parasitas .....	30
Figura 11.	Vista de Corte de Freno de Froude.....	31
Figura 12.	Dinamómetro Hidráulico, eje central y alabes laterales.....	32
Figura 13.	Freno Hidráulico - Rangos de Funcionamiento .....	33
Figura 14.	Fases del Proceso de Diseño .....	36
Figura 15.	Número de ciclos del esfuerzo.....	42
Figura 16.	Factor de Concentración de Esfuerzos.....	43
Figura 17.	Esquema de Rodamiento .....	44
Figura 18.	Dimensionamiento de los Elementos de un Dinamómetro .....	45
Figura 19.	Modulación de Motores .....	55
Figura 20.	Modulación de Motores caso IVECO .....	56
Figura 21.	Modulación de Motores caso RENAULT.....	56
Figura 22.	Modulación de Motores caso CUMMINS .....	57
Figura 23.	Variación de Parámetros .....	58
Figura 24.	Mapeo de parámetros de motor.....	59

Figura 25. Rodamiento $r/R = \frac{1}{2}$ .....	62
Figura 26. Vista frontal Dinamómetro, lado izquierdo despiezado, lado derecho completo.....	64
Figura 27. Diagrama de Cuerpo Libre del Semi Eje del Dinamómetro .....	65
Figura 28. Compatibilización de Giros .....	66
Figura 29. Movimientos y valores en vigas de un tramo más comunes .....	66
Figura 30. Sumatoria de partes. ....	67
Figura 31. Esfuerzo – Deformación .....	68
Figura 32. Banco Completo del Dinamómetro .....	77
Figura 33. Detalle del Conjunto Motriz.....	77
Figura 34. Dibujo del Chasis del Dinamómetro.....	78
Figura 35. Dibujo del Sub - chasis del Dinamómetro .....	78
Figura 36. Diagrama de flujo .....	79

## Resumen

El cada vez más creciente, Parque automotor en el Mundo , Latinoamérica y Perú, que ha crecido a ritmo del 6 al 8 %, en los últimos 10 años, han traído problemas como el incremento de la Balanza Comercial de Hidrocarburos, Negativa, el Cenit del petróleo (que determina que la búsqueda del Petróleo, cada vez sea en sitios remotos, aun no impactados por la actividad humana, tecnologías cada vez más agresivas contra el medio ambiente – tal como el fracturing o extracción de Petróleo de los esquistos y el aumento de los gases efecto invernadero, ante lo cual una de las medidas es mantener e incluso aumentar la eficiencia de los motores de combustión interna, en especial los procesos de combustión – inyección(en la actualidad los inyectores han desplazado a los carburadores, permitiendo la automatización y control de estos procesos).

Por lo que el control de las curvas de estos procesos de combustión, se ha convertido en una necesidad primordial, lo que significa que la necesidad de bancos de prueba – dinamómetros de potencia, sea de vital importancia, realizar pruebas a motores recién reparados, a motores a los cuales se les ha cambiado el combustible original, y aun las mediciones dentro de los procesos de revisión técnica, hacen pues necesaria la utilización masiva de este de maquinaria de pruebas.

La necesidad de realizar pruebas lo más rápido posible y sin el mayor trabajo, determinan que se tengan que realizar, las pruebas con los motores montados dentro de los vehículos, dentro de las líneas de producción de la revisión técnica, con la interacción de los ejes y neumáticos con los cilindros de estos, bancos, a través de ejes huecos, que transmiten la potencia variable, mediante el momento torsor y los esfuerzos de torsión, flexión y corte que estos producen, también se debe tener en cuenta, la variabilidad de los esfuerzos con el concepto de esfuerzos de fatiga, los cuales serán calculados con los criterios de Von mises, Morh y energía de deformación, así como de concentración de esfuerzos por acabado superficial, cambio de sección, ajustes, criterios que también se deben tener en cuenta para la selección de los rodamientos, fajas y poleas de transmisión, chaveteros, pines y pasadores.

La utilización de estos bancos de medidores, se justifican desde un punto de vista social (Menor cantidad de gases efecto invernadero, menor déficit comercial y



déficit de balanza de pagos de hidrocarburos, más se alarga el cenit del Petróleo) y también beneficios desde el punto de vista privado y de acuerdo a criterios VAN, TIR, efectuados sobre el flujo de caja, tanto del dueño del vehículo, como del propietario del taller de revisiones técnicas a efectuarse.

***Palabras Claves:*** *Eficiencia Energética, Curvas de Rendimiento, ejes de potencia, rentabilidad.*

## **Abstract**

The increasingly growing automotive park in the world, Latin America and Peru, which has grown at a rate of 6 to 8%, in the last 10 years, have brought problems such as the increase in the Hydrocarbon Trade Balance, Negative, the Zenith of oil (which determines that the search for Oil, each time is in remote sites, not yet impacted by human activity, increasingly aggressive technologies against the environment - such as fracturing or extraction of Oil from shale's and the increase of greenhouse gases, before which one of the measures is to maintain and even increase the efficiency of internal combustion engines, especially combustion-injection processes (currently injectors have displaced carburetors, allowing automation and control of these processes)

Therefore, the control of the curves of these combustion processes has become a primary need, which means that the need for test benches - power dynamometers, is of vital importance, to carry out tests on newly repaired engines, at engines to which the original fuel has been changed, and even the measurements within the technical review processes, therefore require the massive use of this testing machinery , The need to carry out tests as quickly as possible and without the greatest work, determine that tests have to be carried out with the engines mounted inside the vehicles, within the production lines of the technical revision, with the interaction of the axles and tires with the cylinders of these, banks, through hollow shafts, which transmit the variable power, by means of the torsional moment and the torsional, bending and shear stresses that these produce, it must also be taken into account, the variability of the stresses with the concept of fatigue stresses, which will be calculated with the criteria of von Mises, Mohr and deformation energy, as well as stress concentration by surface finish, section change, adjustments, criteria that must also be taken into account for selection of bearings, belts and drive pulleys, keyways, pins and pins. The use of these meter banks are justified from a social point of view (Lower amount of greenhouse gases, lower trade deficit and deficit of hydrocarbon balance of payments, but the peak of Oil is lengthened) and also benefits from the point of private view and according to criteria VAN, TIR, made on the cash flow, both the owner of the vehicle, and the owner of the workshop of technical reviews to be carried out.

**Keywords:** *Energy Efficiency, Performance Curves, power axes, profitabi*

## I. INTRODUCCIÓN.

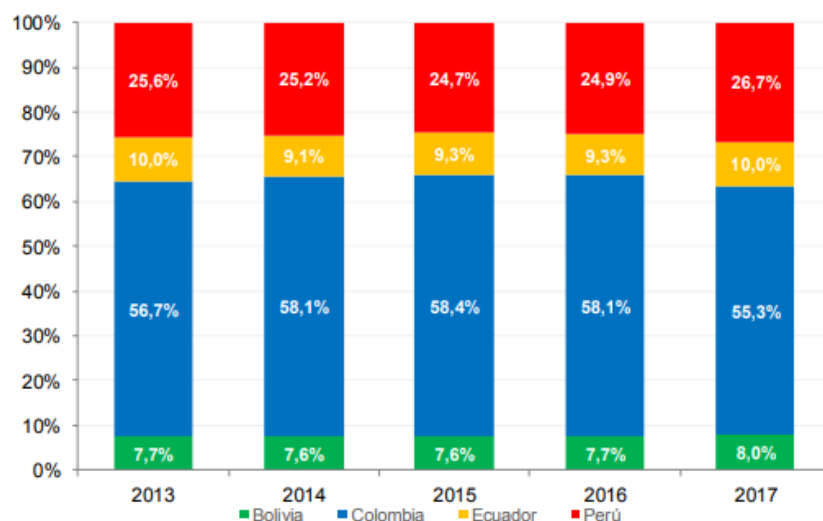
«Por el año 2017, los automóviles correctamente inscritos en cada institución u organismo de la CAN agregaron veintidós mil cuatrocientos sesenta y ocho miles de cada unidad, cifras que significan un incremento de 1.6%, a diferencia del pasado año donde sería, veintidós mil cientos veintiún vehículos. En el Perú se registra incremento en los parques vehiculares de 9.0%» (Comunidad Andina, 2018).

**Tabla 1.** Stock del parque vehicular según países

País	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 p/	Var. % 2017/2016
Comunidad Andina	9 740	10 878	12 323	13 715	15 243	17 272	19 190	20 742	22 121	22 468	1,6
Bolivia	843	906	966	1 087	1 212	1 332	1 461	1 580	1 695	1 806	6,5
Colombia	5 514	6 241	6 910	7 662	8 536	9 796	11 143	12 110	12 858	12 419	-3,4
Ecuador	989	904	1 291	1 418	1 509	1 723	1 753	1 925	2 056	2 237 p/	8,8
Perú	2 394	2 827	3 156	3 548	3 986	4 421	4 833	5 127	5 512	6 006	9,0

Fuente: SUNARP, MTC.

«En otro enfoque se puede decir que, en el gráfico adjunto se observa que, en los últimos diez semestres, la participación de los vehículos de Colombia en la CAN, pasando de 56.7 % al 2013 un 55.3 % en 2017, lo que significó un descenso de 1.4%. En cambio, las participaciones proporcionales en Perú, los parques vehiculares del CAN en los postreros diez semestres aumento en 1.1%, puesto que paso del 25.6 % en el año 2013 al 26.7 % en el año 2017» (Comunidad Andina, 2018)



**Figura 1.** Stock del parque Vehicular 2013 – 2017

«En el año 2017,

los parques automotores en la CAN están compuestos por una clasificación: vehículos motores pequeños (motocicletas, mototaxis y parecidos) con diez mil novecientos ocho individuos, menos cantidad de 1.3 % respectivamente en el periodo pasado» (Comunidad Andina, 2018).

**Tabla 2.** Stock del parque vehicular por tipo de vehículo 2016-2017

Tipo de vehículo	2016					2017 p/					Var. % 2017/2016
	CAN	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú	CAN	Bolivia	Colombia	Ecuador p/	Perú	
<b>Total</b>	<b>22 121</b>	<b>1 695</b>	<b>12 858</b>	<b>2 056</b>	<b>5 512</b>	<b>22 468</b>	<b>1 806</b>	<b>12 419</b>	<b>2 237</b>	<b>6 006</b>	<b>1,6</b>
Vehículo automotor menor	11 053	394	7 330	478	2 851	10 908	444	6 715	530	3 220	-1,3
Automóvil o Station Wagon	7 232	852	3 851	959	1 570	7 572	886	3 960	1 069	1 657	4,7
Camioneta, pick up y panel	1 972	170	1 072	403	327	2 085	181	1 143	424	337	5,7
Camión	721	132	263	113	213	738	137	260	123	218	2,3
Camioneta rural o microbus o minibus	663	114	119	65	365	670	123	117	49	380	1,1
Omnibus	190	11	76	23	80	196	11	75	26	83	2,8
Unidades de carga no motorizadas	153	0	91	0	62	160	0	94	0	66	4,3
Tracto-camión	133	23	56	10	44	136	24	55	12	45	2,4
Otros	4	0	0	4	0	4	0	0	4	0	-8,4

Cifras preliminares

Fuente: Registro Único de Administración Tributaria (RUAT) de Bolivia, Ministerio de Transporte y Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia, Agencia Nacional de Tránsito e Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Ecuador, Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y Superintendencia Nacional de Registros Públicos (SUNARP) del Perú. Decisión 751. Resolución 1470.

Fuente: SUNARP, MTC.

### A nivel Nacional.

El mercado automotriz peruano ha venido creciendo estos últimos años, el problema es que el parque automotor no se viene reemplazando, de acuerdo a los estándares internacionales el parque automotor debe renovarse el 10% cada 12 meses, cosa que no sucede en el Perú.

«Según la conocida IHS Automotive, en el Perú existen más de 11 personas por carro. En paralelo, en Ecuador la razón es de 7 por 1» (El Comercio, 2018).

**Tabla 3.** Parque Vehicular Nacional, según clase de vehículo 2007-2017

CLASE DE VEHÍCULO	2007 <sup>R</sup>	2008 <sup>R</sup>	2009	2010	2011	2012	2013 <sup>R</sup>	2014	2015 <sup>R</sup>	2016	2017
<b>TOTAL</b>	<b>1 534 303</b>	<b>1 640 970</b>	<b>1 732 834</b>	<b>1 849 690</b>	<b>1 979 865</b>	<b>2 137 837</b>	<b>2 287 875</b>	<b>2 423 696</b>	<b>2 544 133</b>	<b>2 661 719</b>	<b>2 791 598</b>
Automóvil	696 897	735 314	766 742	809 967	860 366	927 698	993 705	1 058 075	1 116 226	1 167 041	1 219 373
Station Wagon	250 979	261 441	274 566	285 300	289 649	292 840	318 022	340 009	369 554	403 193	403 251
Camioneta Pick Up	176 111	187 940	196 833	210 988	228 321	246 205	258 028	266 305	274 153	283 479	296 099
Camioneta Rural	159 829	184 328	207 067	235 889	272 596	318 484	330 472	342 645	354 858	365 316	398 705
Camioneta Panel	29 684	32 498	34 172	36 184	37 847	39 476	40 938	41 976	42 892	43 387	59 556
Omnibus	48 542	49 882	51 563	54 389	56 704	59 088	69 128	77 773	78 579	80 119	82 993
Camión	120 661	129 295	137 407	147 293	158 939	171 407	187 970	203 180	208 216	213 155	219 972
Remolcador	20 872	24 890	26 457	28 679	30 779	33 722	36 017	39 482	41 514	43 604	45 542
Remolque y Semi-rem	30 728	35 382	38 027	41 001	44 664	48 917	53 595	54 251	58 141	62 425	66 107

Fuente: SUNARP, MTC.

En la empresa SEMSA REPRESENTACIONES EIRL, dedicado al mantenimiento y reparación de motores electrónicos ubicada en Av.: Pacífico Lote 24 Urb. José Quiñones – Chiclayo, con aproximadamente 01 año de presencia en el mercado Chiclayano, presenta diversos problemas tales como: Paros en los procesos de mantenimiento, información técnica reducida, elevación de costos y presupuestos, carecen de herramientas e instrumentos de moderna tecnología, lo cual no permite evaluar o diagnosticar si dichos motores están o no para su respectiva reparación. La problemática local enunciada párrafos anteriores hace que el dueño de la empresa requiera de soluciones fiables a estas deficiencias mediante un estudio técnico y profesional, debido a esta crisis en los trabajos realizados se ha visto en la necesidad de modernizar sus herramientas e infraestructura.

Por lo tanto, sería necesario contar con herramientas y elementos de bajo costo que disminuya el tiempo de ejecución del trabajo, pero sin descuidar la calidad de

éste, ya que de la calidad de trabajo depende la rentabilidad del taller, lo cual nos vemos en la obligación de diseñar y construir nuestro dinamómetro.

### **Hipótesis.**

Si fuera posible un diseño de medidor de torque y evaluar la potencia al freno de motores de encendido hasta 2500 CC.

### **Objetivos.**

#### ***General***

- Diseñar un medidor de torque y evaluar la potencia al freno de motores de encendido hasta 2500 cc.

#### ***Específicos***

- Determinar cada parámetro del diseño de Dinamómetro.
- Diseñar los diversos elementos electromecánicos del Dinamómetro para evaluar la potencia al freno de motores de encendido.
- Determinar el costo total de fabricación del Dinamómetro, así como su análisis económico – financiero.

## II. MARCO TEÓRICO

La necesidad que el Parque Automotor Peruano y en especial el Parque Automotor de la Región Lambayeque, sea eficiente en el consumo energético y la correspondiente menor emisión de gases tipo invernadero ( En estos días de Covid 19 , se ha podido evidenciar el cambio en los niveles de contaminación atmosférica, al haber disminuido la circulación del parque automotor a nivel de todas las regiones del País y de todo tipo de vehículo, por lo que la eficiencia de los vehículos debe ser una preocupación importante de la población y de todos los gobiernos a todo nivel (Gobierno Central, a través de los respectivos ministerios, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales), una de las principales armas, es aparte de disminuir los desplazamientos individuales, aumentar el uso de los transportes masivos (en cualquiera de sus modos, Tren Eléctrico, Metropolitanos, Taxi Colectivo), es la mejoría de eficacia energética, y su mejora energética se optimiza con los sistemas de inyección electrónica Multipunto, con los que en los últimos 20 años vienen equipados los vehículos con motores de combustión interna y esta mejora tiene que cumplir con la condición de optimizar los procesos de combustión, de calibrar los parámetros de la combustión en el punto donde se maximicen, Ahorro de consumo de combustible, Potencia, Torque y se minimicen emisiones de gas en efectos invernaderos y consumo energético, « Cada criterio de operación nos definen lograr el estado útil del motor por intermedio de criterios que los obtenemos por la experiencia, es posible luego con estos criterios determinar dónde está funcionando la maquina dentro del intervalo de funcionamiento (El motor en sus criterios reales definiendo cada rango y no por cada valor único e invariable), además que con mapas usados, se definen los regímenes y valor de sollicitación, gasto de combustible y aire» (MuñozM, 2011).

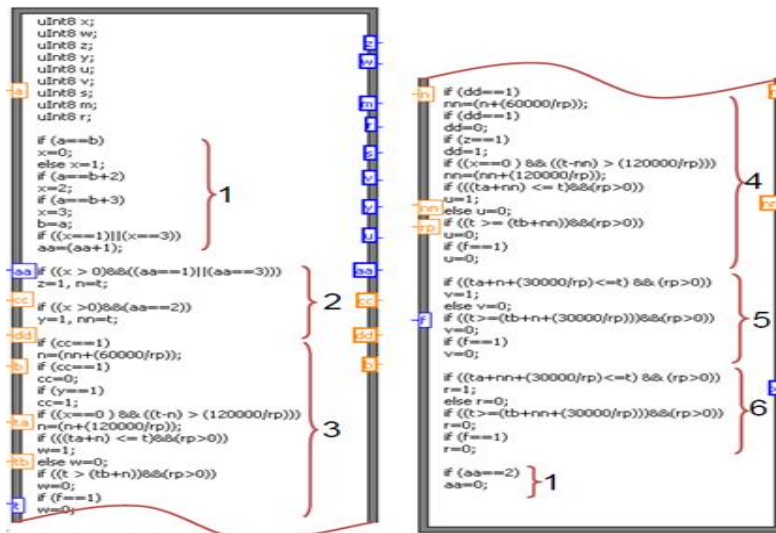
La Potencia Parámetro variable de un Motor, debe ser controlado, desde que es concebido en fábrica, pues no es un parámetro constante, si no varía no solo durante los diversos regímenes de carga del motor del vehículo ( Ralentí , Velocidad de Crucero y Velocidad de aceleración), sino depende del tipo de combustible utilizado y de la calidad de sustentos preventivos y correctivos, que se le ha aplicado, «Variaciones de valores, de más a menos con variados casos de sollicitaciones, por lo correcto de acuerdo a un lenguaje técnico es decir rangos de

números de potencias y momentos en vez de cada valor puntual (explicaciones comerciales) » (MarinD, 2018).

En los últimos tiempos se han añadido nuevas demandas por los dinamómetros, una de ellas es la reprogramación de motores, es decir la modificación del mapeo de características del motor, en donde se hace indispensable la utilización de dinamómetros, «Cada parámetro de función permite definir los estados operativos de los motores a través de cada parámetro que pueda medir y experimentar, con cada parámetro es posible la definición donde se operan los motores en los rangos de función (Los motores están definidos por cada rango y no por cada valor puntual), vale decir, a través del uso de cada mapa define los regímenes y grados de cargas, gastos de combustible y aire», (MuñozM), la representación ingenieril de un motor, no son valores puntuales, que nos podrían llevar a pensar que los motores solo tienen una potencia única y que incluso con ese valor pueden llegar a comparar distintos motores, o un mismo motor antes o después de una reparación, antes o después de un periodo de uso, antes o después de una reprogramación de parámetros, las comparaciones ingenieriles se realizan a nivel de curvas, por lo cual « Los gráficos típicos de un motor logran o permiten definir de forma técnica, académica y precisa a (con coloquial aplicación incluida), 1 o diversos parámetros de utilidad, así como los gases de escape, entregas de torque, potencia entregas de conjuntos donde se llaman, en función de puntos de función del motor» (HesilerH, 2018) , es decir un motor se define no por valores puntuales, sino por curvas de funcionamiento.

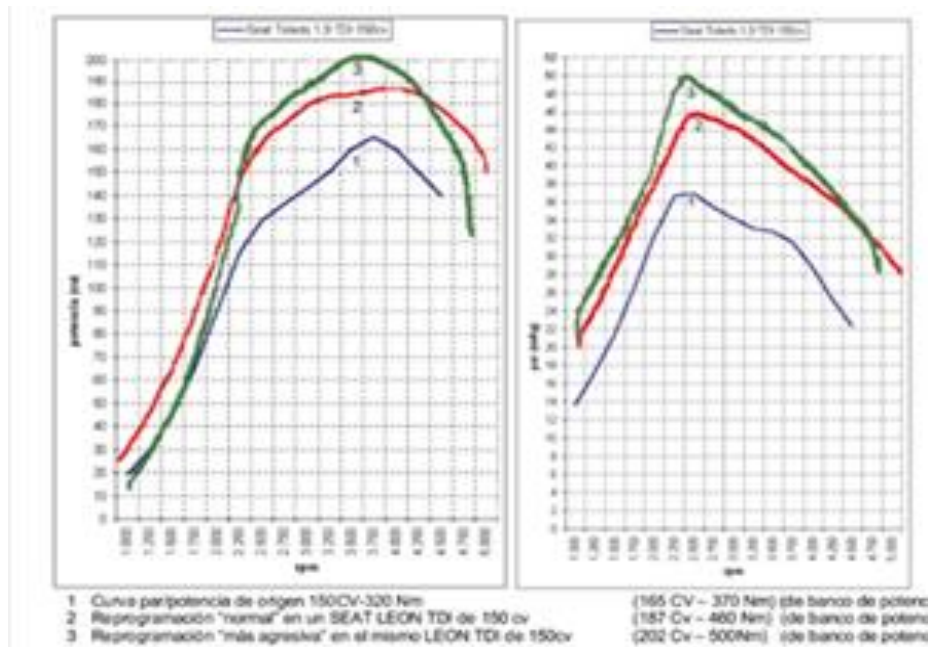
Estas Curvas de funcionamiento, pueden ser modificadas, ya sean antes con variaciones físicas o tuning (Agregar un turboalimentador, mejorar el múltiple de escape, agregar un nuevo árbol de levas etc.), con cambios electrónicos, cambios en la tarjeta ECU o simplemente con la Programación, utilizando lenguaje de Máquina (Programa Lab View y/ o iguales, similares.





**Figura 2.** Cuadro de Lenguaje de Maquina

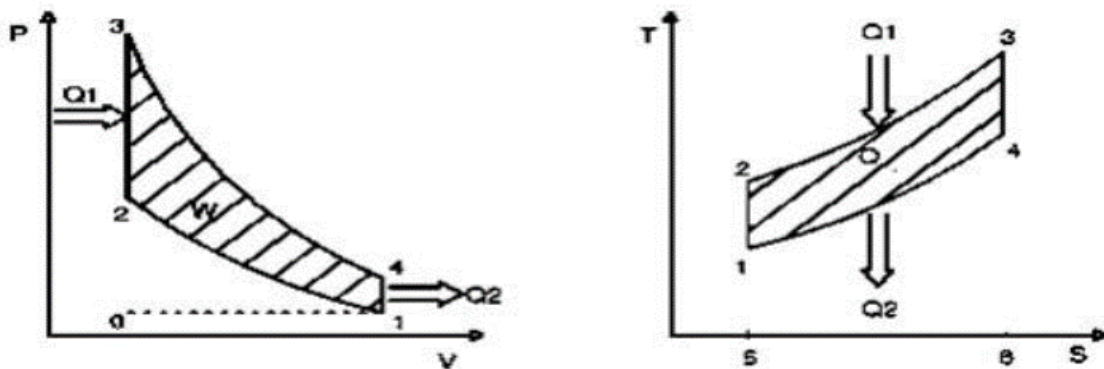
Mediante la modificación de sus curvas de funcionamiento «Los criterios de operación y los manuales de funcionamiento logran precisar el estado del motor operativo, a raíz de funciones que pueden medirse en el taller, con estos criterios es posible saber en qué punto de la curva de funcionamiento está laborando el motor dentro del intervalo requerido » (BasshuysenR, 2016).



**Figura 3.** Curvas Modificadas de Motores a ser leídos por Dinamómetro

La variación de los valores de salida de Potencia (expresada en KW ), Torque o Par Motor ( Expresado en Nm ), Consumo de Energético o Combustible (Expresado en gr/KW h), se explica por el comportamiento variable de la energía de la combustión, de acuerdo a los tiempos del Ciclo (Admisión, Compresión, Combustión y Expansión), el diseño conceptual de movimiento de rotación y consiguiente variación de torque, fuerzas y velocidad, « El carburador antiguo, hace que la maquina produzca torque producto de la quema de combustible, medir el torque de manera sencilla y confiable es la finalidad .» (MendezO, 2018)

La variabilidad de producción de Potencia de un motor esta explicada por la Termodinámica, desde el principio de ciclo Otto, definido como el ciclo termodinámico que se compone de dos procesos adiabáticos y dos procesos isométricos, de acuerdo a la lógica mostrado en la figura que exponemos a continuación:



**Figura 4.** Ciclo Otto en Coordenadas P/V y T/S

Estos estados y procesos termodinámicos se describen mediante las siguientes ecuaciones:

**Tabla 4.** Valores de Funciones de Estado

ESTADO	TEMPERATURA	PRESIÓN
1	$T_1 = T_{atm}$	$P_1 = P_{atm}$
2	$T_2 = T_1 * r_c^{(k-1)}$	$P_2 = P_1 * r_c^k$
3	$T_3 = T_2 * \Delta T$	$P_3 = P_2 * \frac{T_3}{T_2}$
4	$T_4 = T_3 * r_c^{(1-k)}$	$P_4 = P_3 * r_c^{-k}$

Fuente: Física volumen III- Termodinámica y electricidad

## **Ecuaciones de Estado y Procesos**

La comprobación de estas curvas teóricas (Producto de una modelación, conceptual simplificadora de la realidad), se realiza mediante el uso del dinamómetro y la utilización de procedimientos normalizados, «La instrumentación de pruebas se la efectuó con un dinamómetro THA MLPS 6300 HKW de FFICEV, ajustado y certificado por la misma institución original.» (MontufarP, 2017).

El Modelo de Ciclo Otto, a ser comprobado con el dinamómetro a fabricar, puede aumentar su complejidad y por lo tanto su cercanía a describir la realidad físico, con la introducción de los procesos físico - químicos de la combustión y de esta manera poder cumplir lo especificado en la Norma ISO 1585, en lo relativo de construir las curvas de potencia y torque en condiciones de Plena Carga del Vehículo (variando velocidades del Motor), así « Este modelo Matemático fue descubierto por el Centro de Investigación en Mecánica Automotriz UNI, se toma muy en cuenta la *Segunda Ley de la termodinámica*, » (ChouC, 2018).

Los resultados pueden ser obtenidos mediante modelos de simulación numéricos y validos por mediciones a efectuar en los dinamómetros «Para posibilitar resultados de potencia, momento y eficiencia en el Modelo Ciclo Vehicular a diferentes aceleraciones del motor, se utilizó, en el sistema correspondientes ecuaciones al modelo» (OliverosJ, 2012).

La Necesidad de utilizar el combustible que existe en el Perú, para tener una matriz energética sostenible y garantizar la independencia y seguridad energética, ha determinado que al igual que en otro país latinoamericano y mundial y del Mundo, se utilicen combustibles diferentes a los que fueron diseñados y programados sus parámetros, caso como el Gas Natural en el Perú, Colombia y Argentina y Etanol y Biodiesel en Brasil, nos determina la necesidad de recurrir a Bancos de Prueba de dinamómetros, esta acción también tiene una justificación desde la perspectiva de la reducción de emisiones de gas por causa del invernadero, problema álgido a nivel mundial, « El motivo principal para la mezcla de etanol con gasolina proveniente de la destilación del petróleo es la disminución de gases contaminantes, la utilización de Etanol incrementa la cantidad de oxígeno de la gasolina mezclada, debido a la presencia de un átomo de oxígeno por molécula. » (GasteloJ, 2017).

El cambio de combustible, implica la reprogramación de la inyección, específicamente en cuanto a la duración y momento de realizar la inyección, el llamado pulso de la inyección, variando las curvas de funcionamiento del Motor «El promedio del ancho del pulso de inyección que es 1.7 ms, este dato es utilizando con el combustible extra ya que es el combustible base usado en la región sierra...» (ManzinFi, 2016).

En cuanto a los niveles de emisiones, estos también varían cuando se utiliza un combustible diferente, si bien no puede ser detectados por el dinamómetro o un analizador de gases, son de efectos paralelos a la variación de las curvas de potencia y torque, «El valor de contaminación de los hidrocarburos usando combustibles alternos, muestran un aumento significativo en comparación con el combustible base de muestra, de igual manera en altas revoluciones nos indica un aumento.» (EyidoganF, 2018).

Otra de las preocupaciones ambientales a las cuales el testeado de motores en los dinamómetros, ayuda en las emisiones de gas por causa del invernadero, al respecto, «Los controladores basados en lógicas difusas (FLC) implementado para generar virtual Modelos HEV. La validez de los resultados de la simulación fue verificada por utilizando los datos de prueba, y un sistema híbrido basado en FLC se aplica a los convencionales ICEV para analizar la efectividad de la hibridación del tren motriz sobre la disminución en el uso del combustible y cada emisión de CO<sub>2</sub>.» (YunjungQ & JunhongP, 2017).

También se debe considerar como una alternativa a la realización de testeos y experimentos basados en dinamómetros, el uso de programas de simulación numérica con ayuda de las computadoras, «Si es posible, es deseable desarrollar y avanzar el rendimiento HEV basado en datos de pruebas cuantitativas. Sin embargo, es imposible desarrollar Los HEV solo se basan en el dinamómetro del chasis o en pruebas de manejo reales porque las lógicas de control y las configuraciones del sistema son muy complejas.» (LiaoG, WeberT, & PfaffD, 2016) Los bancos de dinamómetros, contribuyen también a la medición y control de la eficiencia energética, «La eficiencia de combustible prevista y la tasa de emisión de CO<sub>2</sub> de tres tipos de LDV. Excepto para el modelo virtual (Diésel HEV), comparativo. El análisis se realiza utilizando los datos de prueba del dinamómetro del chasis para validar, la precisión de la predicción. Es difícil comparar

directamente las pruebas y resultados pronosticados del modelo de gasolina HEV porque el control de potencia, su lógica no es la misma que la del vehículo, incluso si la especificación principal está configurada para ser el mismo.» (HochgrafG, RyanM, & WiegmanH, 2016).

También se debe diseñar correctamente el control electrónico de los dinamómetros a utilizar, «cuando se implementa dicho control en forma digital, la salida del modelo inverso puede ser muy ruidosa debido a los términos derivados en la transferencia inversa de funciones, Además, la emulación falla si el emulado es mucho mayor que la inercia real del disco. Si se introducen filtros u otras medidas para contrarrestar los problemas anteriores, un rendimiento aceptable de bucle abierto puede ser adquirido.» (HakanZ & AsherG, 2019).

El control programable de los dinamómetros, nos permite trabajarlo de una manera más técnica y moderna, «Dos motores de inducción controlados por vector de 0.55 kW en un eje se emplean en el sistema experimental. Las máquinas de accionamiento y su inversor proporcionan el sistema para la investigación en algoritmos de controles robustos, adaptativos o no lineales...» (SandholdtP & RitchieB, 2016).

También se establecen procedimientos para el manejo de dispositivos electrónicos, «las computadoras PWM llamadas PWM-1 y yo generamos patrones de conmutación que se alimentan a través del contador y la interfaz placas a los controladores de puerta de los inversores MOSFET de potencia de la máquina de accionamiento y el dinamómetro, respectivamente» (LeighJ, 2015)

La medición y determinación de las curvas de funcionamiento del torque, son otros de los objetivos del Dinamómetro, «Su aplicación es relevante en relación con la prioridad del estudio experimental y posterior modelado de características y factores de rendimiento de máquinas de expansión...» (VanyeyevM & MiroshnichenkoD, 2019).

Tenemos que tener en cuenta los principios de los dinamómetros de tensión, «Los dinamómetros de torque torsionales se inventaron mucho antes que las galgas extenso métricas.» (NgiaL & LeL, 2018).

Debemos de considerar el principio de funcionamiento de los dinamómetros hidráulicos, «Debido a lo anterior, el propósito de la investigación es una generación de los sistemas de mediciones en cada dato para medir el Par en el eje de

funcionamiento de una expansión de vórtice máquina utilizando un dinamómetro torsional sin contacto.» (GaponV, GurinovS, & DudnikV, 2012).

Otro de las consideraciones tecnológicas a tener en cuenta , es la posibilidad de los dinámetros de poder testear, motores híbridos, es decir que contenga tanto motores Diésel y motores a gasolina « En el modelo Diésel HEV (fuente de energía: diésel-eléctrico), por otro lado, los puntos de operación del motor se concentran en la condición de baja carga porque la curva de carga completa del motor se forma en el rango de 200-450 Nm, que es mucho más alto que el rango de torque de tracción general necesario para operar el vehículo. » (CagatayK, GozukucukM, & TekeA, 2018).

En los últimos años, con el perfeccionamiento del computador, se han desarrollado modelos Matemáticos, que predicen resultados de curvas de funcionamiento de un Motor, que luego son correlacionadas estadísticamente con los resultados obtenidos en los bancos de prueba, «De forma idéntica, los datos obtenidos de la múltiple regresión manifiestan las directas funciones de las potencias en las maquinas con cada potencia variable de señal, velocidad del vehículo y cilindraje» (CastilloR)

En cuanto a los tipos de dinamómetros, estos se clasifican de acuerdo a los siguientes criterios de diseño y de funcionamiento:

### **Dinamómetro con rodillos**

Su funcionamiento se debe a la medición de los valores de potencia y torque a nivel de las ruedas del vehículo. Es decir, se ensaya con la maquina colocada en el vehículo (No desmontado), para obtener las gráficas de torque y potencia provista por el motor en aceleración, frenado y movimiento del mismo, es utilizado básicamente en las Plantas de Revisiones técnicas.



**Figura 5.** Banco de rodillo con Dinamómetro de Corrientes de Foucault

***Este tipo de Banco de Pruebas o dinamómetro, tiene las siguientes desventajas:***

- La variable potente creada por la maquina hasta las ruedas y ejes de los vehículos, fue útil que esté presente en sistemas de mecanizada transmisión, puesto que, de hallarse aumentos o disminuciones de torque o momentos de fuerza, que, debido que son imprescindibles, produciendo disminución de energía por las fricciones, distorsión de las partes que componen, movimientos de fluido y lubricante. Ocasionando disminución en la potencia variable producida de los ejes contratada con la potencia variable que se espera para la maquina a testear.
- Le falta precisión en caso se mida la potencia variable de los motores, debido que no se puede dar determinación a la perdida que ocurre entre motores y ruedas.
- Sin la presencia de un dinamómetro acoplado al eje es muy difícil de calibrar.
- Costo muy alto respecto a un dinamómetro normal de motor.
- Requiere de mayor área libre de trabajo en taller para su instalación.
- Mayor dificultad para insonorizar y poder cumplir los reglamentos y compromisos ambientales al respecto.

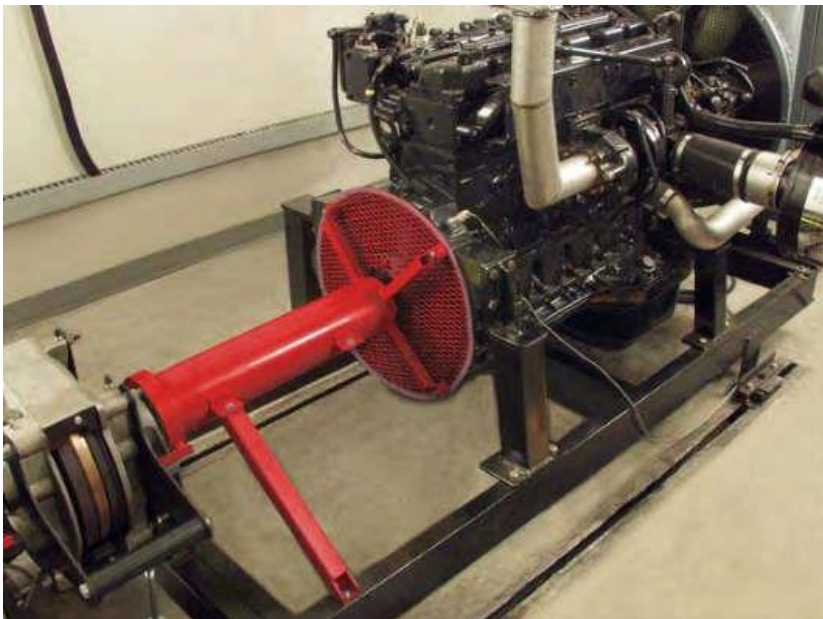


**En cuanto a las principales ventajas podemos mencionar que:**

- La data obtenida se traduce en la actuación real y efectivo del vehículo sobre el cemento asfáltico, pavimento o en calaminado.
- Celeridad en los montajes y desmontajes de los vehículos, permitiendo ensayar varios vehículos en diversos periodos de tiempo, útil para una planta de revisiones técnicas o un taller de reprogramación de Motores.
- Determina la potencia variable efectiva que llega al piso.
- Cuantifica a la vez las curvas de performance de motores y transmisiones
- Posibilitando determinar, con poca precisión, el desenvolvimiento de las transmisiones de manera independiente.

**Banco fijo de ensayos de motor**

La lógica de función es la base de la medida continua de potencia y torque en el árbol externo de los motores, para sus distintas velocidades y otros criterios, donde se evita toda pérdida de potencia debida al paquete de transmisión.



**Figura 6.** Motor de Combustión, acoplado a un Banco de Medición -Dinamómetro

Dicho Mecanismo consiste en un soporte en donde se instala el motor para luego ser testado bajo las condiciones que sean necesarias. Los apoyos de dicha base, deben ser capaces de resistir los esfuerzos y fatigas producidas y disipar las ondas de vibraciones mecánicas producidas por el funcionamiento del motor.



Las potencias se transmiten desde el árbol de los motores hasta los frenos dinamométricos por intermedio de un acople cardánico, y eludir fallas de alineaciones y excéntricas vibraciones del aparato.

***Entre las desventajas más importantes podemos mencionar:***

- Brindando datos de los motores, los cuales pueden ser desventajas para alguna aplicación.

***Ventajas:***

- Libre camino para que el operario llega hasta el mismo motor, haciendo más fácil cada ajuste y variaciones en la duración de las pruebas.
- Rapidez en armado y desarmado de los vehículos. Permitiendo ensayos de cada vehículo en periodos de tiempo (rolos).
- Se miden los motores, sin influencias y distorsiones de diversos componentes de transmisión, solo si se incorpora algún mecanismo.
- Homologable bajo cada norma Nacional e Internacional.
- Pueden probarse los motores en situaciones monitorizadas (la temperatura de la refrigerante medida, alternadores, arrancador y otros subsistemas desarmados)
- Otro criterio de clasificación de tipos de dinamómetros, es según el principio físico que gobierna su funcionamiento de control de Potencia y Torque:

**Banco inercial**

Se trata de juntar el eje con potencia a uno o dos volantes de gran velocidad, y medir la variación de la rapidez de giro en función del tiempo, esta muestra se realiza bajo un régimen variable no fijo, entre la velocidad mínima y máxima permisible (Rango de Velocidades), del motor bajo condición de cambio de velocidad libre.

$$T = I * \alpha; [N * M]$$

Dónde:

T = torque o momento torsor sobre el eje.

I = momento Resistente de inercia del cuerpo que rota en ese eje [kg-m<sup>2</sup>]

$\alpha$ . = aceleración angular [rad/seg<sup>2</sup>].

Es muy importante ver, que con este tipo de medición solo se puede determinar la potencia durante la aceleración – estado variable, es decir, que no podremos realizar pruebas a velocidad no variable – Estado uniforme. Esto disminuye el caso de experimento que podemos realizar, tomando como referencia el mapeo de detonación y avance para distintas alternativas de potencia.

***Ventajas:***

- Bajo costo de Construcción y Operación
- Simplicidad y rapidez del ensayo
- Muy repetitivo y por lo tanto de tiempo optimizable
- Bajo nivel mantenimiento predictivo y preventivo
- No requiere infraestructura extra en el taller

***En cuanto a las desventajas más importantes, podemos decir:***

- No puede ensayarse a carga estabilizada – régimen permanente
- La fuerza aplicada es siempre no variable y depende de la aceleración angular del motor
- Requiere de un excelente sistema de toma y procesamiento de datos para obtener buenos resultados.
- No hay precisión ya que hay poder de causas de afuera como fricciones no conmensurables (rodajes, rodadura de llantas, cadenas o fajas de transmisión) y velocidad de otras partes en giro (rueda del motor, caja, llantas)
- Elevado peso específico
- No es comprobable ni estandarizado si no cuenta con un dinamómetro acoplado

**Banco estático de absorción**

En esta circunstancia, para el caso de un conjunto de rodajes (se adapta en el eje del rodillo al freno) o un grupo motor (el árbol exterior del motor- caja de cambio, va acoplado al freno por medio de un árbol), la potencia variable dada al freno por intermedio del motor o del vehículo a ensayar es consumida.

En el freno, se colocan actuadores y sensores para poder saber el torque del motor, estos pueden ser celdas de carga, una balanza, etc. y elementos para medir las vueltas con la que opera el motor de combustión interna.

### A vigilar:

Intensidad de carga (presionado del acelerador e inyectores).

Régimen de revoluciones.

Freno Mecánico determinado por el dinamómetro.

Disponible Información:

Par Mecánico variable efectivo (medido en el freno)

Régimen de giro.

Consumo unitario de Petróleo.

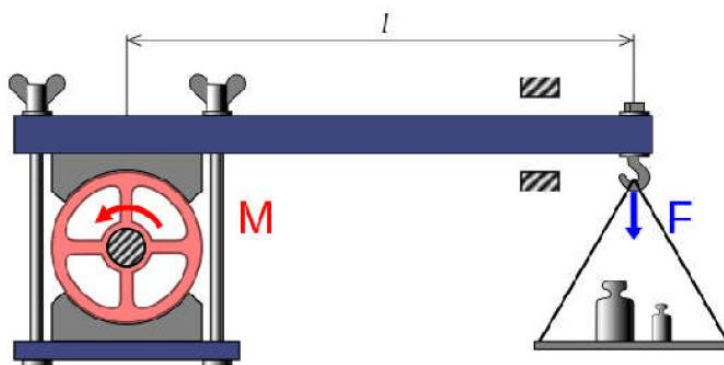
Recordemos que el Momento y la potencia variable

### Frenos tipo absorción

Se les usa pulseando por descarte o lado a lado, ya que los arduinos que comúnmente se usan al realizar este ensayo experimental, registra y crea los dibujos (Variabilidad) de potencia y torque:

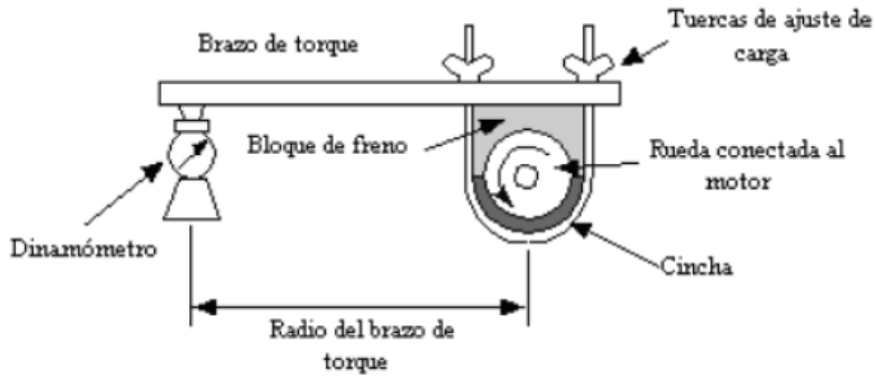
### Freno de Prony

Es un sistema del tipo dinamométrico que se ideó para tasar el momento de revolución de los motores en el siglo XX. Pues bien, este conjunto en el presente se usa solo con propósitos de investigación formativa, es importante describir al detalle su funcionamiento ya que es la base de operación de los demás frenos desarrollados por la industria más adelante.



**Figura 7.** Freno Prony

El Freno está formado por un hierro en el cual van colocados sobre un lado un dinamómetro con un apoyo para colocar contrapesos y en el otro extremo un tambor, la cual consta de una lisa deslizante y resistente a la abrasión.

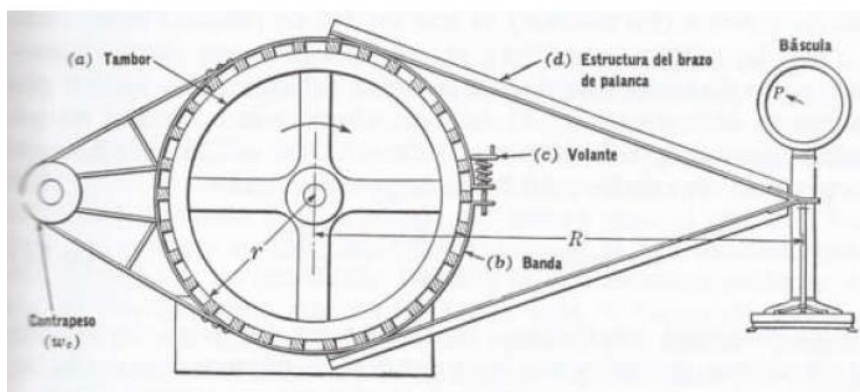


**Figura 8.** Alternativa al Freno Prony

Sin considerar cuál sea el tipo utilizado la determinación del momento par por una celeridad de rotación dada del equipo, esta se realice acabo de la siguiente forma: se aumenta gradualmente y variablemente la compresión realizada sobre las bases a través del aumento de la masa del contrapeso o la distancia de palanca, con lo que el motor es parado hasta que se regulariza en la velocidad de rotación dada.

Ya que con este procedimiento no es fácil dejar el brazo en equilibrio con el motor de combustión teniendo una velocidad de giro estable, su uso más frecuente es la medida de arranque de los motores a electricidad, cuando la velocidad de giro es prácticamente cero.

**Otra disposición muy usada es la que se ve a continuación:**



**Figura 9.** Freno Alternativo

En la figura N.º 9, se puede apreciar que en el medio se coloca el motor de ciclo Otto del cual se desea sus prestaciones saber. Mediante el tambor en (c) podemos graduar el ajuste de la cinta que se encarga de disminuir – distribuir, la potencia

## **Freno de corrientes Foucault.**

El Principio de funcionamiento se basa en acoplar al eje del motor que se está experimentando un disco con alta permeabilidad magnética, «el cuál gira dentro un campo magnético una vez el experimento arrancado. De esta manera, se va variando la cantidad de electricidad que surca por unas bobinas excitatrices que van puestas al disco de ambos lados y responsables son de generar el magnético campo variable. El parado del sistema se debe a que la circular desplazamiento del disco duro de fierro crea una corriente inducida en él (corrientes extrañas), electroimanes generan campos magnéticos que se ponen contrarios a los campos magnéticos por las bobinas del estator creadas. Cuanto más sea el campo electromagnético usado o más la velocidad referencial del movimiento o mayor la carga regular la carga aplicada al motor de combustión interna, puesto a prueba la Conductividad del cable ( rotor), serán más cada corriente externa y cada opositor creado campo, estos efectos producen disminución de energía creando el calor por efecto Joule, por esto, acoplan los productores al sistema o crean de manera meticulosa en cada circuito de las refrigeraciones, evitando el sobrecalentamiento de los elementos lo cual necesita de más complicación en los diseños y fabricación de la máquina, y como consecuencia se producen en precios caros.»

Es esencial la exactitud que logran estos equipos, con buen dinamómetro de un freno, el cual tiene corriente parasita y no cubren grandes variabilidades de potencia variable como otros.

Estos dinamómetros se diferencian porque, la corriente parásita se induce en el estator (a), teniendo como fin enfriar fácilmente el freno ante el incremento del calor producido. El estator va montado sobre los cojinetes en la parte interna de los estatores, encontramos el rotor (d), el cual se conecta al arbol (e), donde el rotor cumple una serie de muelas rectas (f), separadas por estatores de entrehierros de poco grosor.

Al momento de iniciar los movimientos de los flujos magnéticos penetran en el rotor por los dientes, moviéndose en torno de los ejes, ocasionan que cada línea de flujo se flete del acero al interno del estator, produciendo las corrientes externas en el estator y haciéndolo rotar en la misma dirección en el que rota el árbol principal juntado a la máquina.

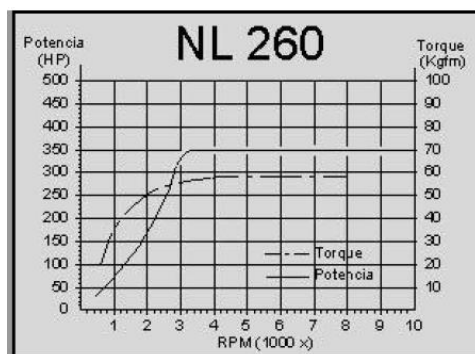
El flujo de líquido para bajar la temperatura, pasar se en las ranuras (h), con un tipo de dinamómetro, donde el agua se usa de refrigerante líquido, mas no como beneficio de frenado de la maquina a probar.

**Ventaja:**

- Alto momento o torque de parado a muy bajas RPM.
- Más exactitud de los controles y rango de cada variables y muy variables y muy variables de torque y velocidad angular.
- El parado de control es constituyente de la refrigeración del dinamómetro
- Permite un automático manejo y mecánico de alta calidad.
- Alta vida útil, preventivo mantenimiento simple y frecuencia menor, libros de control de fallas y prolongación de las mismas.
- En los casos de refrigerado dinamómetro de gas no requieren infraestructuras adicionales.

**En cuanto a las desventajas, debemos de mencionar:**

- Mayor Costo de operación y Mantenimiento.
- Mayor inercia a los cambios



**Figura 10.** Freno de Corrientes Parasitas

**Con las siguientes especificaciones Técnicas:**

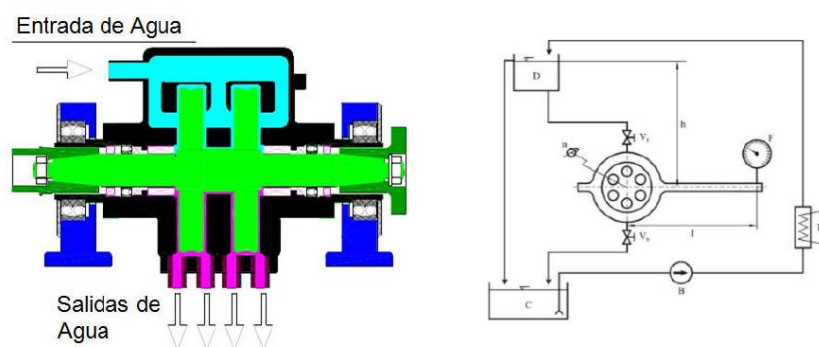
**Tabla 5.** Especificaciones técnicas de refrigeradores dinámicos.

ABSORCION DE POTENCIA MAXIMA	750 CV @ 1800 RPM
VELOCIDAD ANGULAR MAXIMA	4,800 RPM
TORQUE MAXIMO	300 KGM
REFRIGERACION	POR CIRCULACION DE AGUA FRIA

Fuente: elaboración propia

**Froude Freno**

Fue creado en vigésima centuria por el ingeniero de Inglaterra William Froude, esta clase de freno se mueve por el efecto vórtice de un fluido. En el cual cumple los objetivos de accionar el frenado y retirar el sobrecalentamiento producido por la transformación de la potencia variable de su planta motriz, su funcionamiento se resume en la figura siguiente:



**Figura 11.** Vista de Corte de Freno de Froude

El fluido lleva a cabo seguidamente la acción de frenado por que cuando es llevada por los alabes del órgano giratorio, adquiere impulso y cantidad de movimiento de esos que voltean de manera conjunta con la máquina que se está probando, y paletas fijas chocan con el cuerpo del freno debido al giro que sufre el fluido, esto se produce varias veces hasta que evacua el agua el freno. Si el giro a la cual estamos operando el motor es lo suficientemente alta y la cantidad de agua es la precisa para el número de revoluciones.

La estructura del freno tiene acoplado en su exterior un brazo de fuerza de longitud determinada, que va conectado a una balanza o algún otro equipo que nos permita conocer la magnitud de la fuerza que provoca el desplazamiento de ángulo. Se conoce el valor de la distancia que nos podemos valer del par para ese momento y luego la potencia, debido a que el rozamiento entre las paletas y el interior del contenedor se mantiene fijo debido a la renovación constante del líquido en uso.



**Figura 12.** Dinamómetro Hidráulico, eje central y alabes laterales

***Principales Ventajas:***

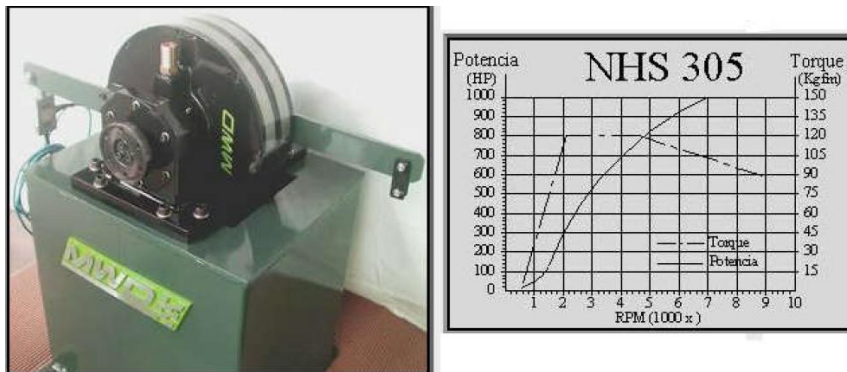
- Costo bajo de Fabricación y Menor Costo de reparación.
- Pequeña dimensión (Compacto), dentro de rangos de potencias altas.
- Bajo Momento de oposición Inercial.
- Permite realizar pruebas a carga estabilizada (Velocidad Constante), por tiempo indefinido (limitado sólo por la capacidad de diluir de calor de la torre de enfriamiento).

***Principales Desventajas:***

- Desgaste elevado debido al fenómeno de la cavitación inducida y turbulencias por vórtice de Von Karman.
- Mantenimiento preventivo y correctivo más frecuente (Mayor frecuencia de falla)



- Se debe controlar el tipo del agua, de acuerdo a lo que la norma general y norma específica así lo establezca.



**Figura 13.** Freno Hidráulico - Rangos de Funcionamiento

**Los principales rangos paramétricos de funcionamiento serán:**

**Tabla 6.** Rangos paramétricos de funcionamiento.

ABSORCIÓN DE POTENCIA MÁXIMA	600 CV @ 5000 RPM
VELOCIDAD MÁXIMA	10,000 RPM
TORQUE MÁXIMO	120 Kgfm
FRENADO Y REFRIGERACIÓN	Circulación del Agua

Fuente: autoría propia.

### Freno eléctrico

Están presentes en todas las variantes de eléctricos motores que sabemos (Síncronos, Asíncronos etc.), de corriente continua, alterna y continua. La pérdida de energía de movimiento en forma de temperatura (efecto Joule) se transfiere a un medio de refrigeración, que puede ser mediante agua o un flujo de aire forzado. Los Principales tipos de dinamómetros eléctricos son:

#### **De corriente directa:**

Es un creador de corriente directa «junto a la maquina a testear mediante alguna Ligazón mecánica. Aunque las deficiencias más visibles de estos equipos es su baja velocidad máxima y la gran resistencia que a altas velocidad crea oscilaciones retorceduras armónicas.

**De corriente alterna:**

Consisten de un generador de inducción «con el girador de jaula de ardilla rota, la velocidad de rotación, variando se controla la longitud de onda de suministro de corriente – variador de velocidad.

**Generador sincrónico (imán permanente):**

Esta clase de «dinamómetros son los que más se estudia su desempeño con objeto de lograr mejoras en sus prestaciones, ente los distintos tipos de frenos eléctricos. Su gran ventaja es la baja inercia a altas continuas velocidades.

**Ventajas:**

- Son idénticas las ventajas que el caso de los flujos parásitos.
- Menor resistencia al giro de acuerdo al tipo de generador utilizado.
- Probabilidad de usarlos también como motor para probar las transmisiones y otros elementos fijos

**Desventajas:**

- Costo Alto
- Hidráulico con mayor inercia
- Controlador muy oneroso
- Disponibles solo para potencias bajas

Por último, debe estar diseñado de modo que el estator quede libre y sea solo la celda de carga quien detiene el giro asegurando una buena medición del torque.

(Coba Guanochanga & Tenorio Chago, 2019) En su tesis «Diseño e implementación de un sistema de monitoreo, para el análisis dinámico de un motor eléctrico asíncrono trifásico de 3 hp» indica lo siguiente. «El siguiente trabajo de investigación se centrará principalmente en el acondicionamiento de las variables electromecánicas para condiciones transitorias de un motor trifásico de 3 HP modelo EM3611T de la marca Baldor, implementándose un sistema de adquisición de datos en el que se podrá almacenar e interpretar señales obtenidas en tiempo real de sensores eléctricos y mecánicos como: velocidad (Encoder), transformadores de corriente (TC) y transformadores de potencial (TP » (Coba Guanochanga & Tenorio Chago, 2019)

(Laura Telechana & Ronquillo Pinto, 2019) En su tesis «Diseño e implementación de un módulo didáctico para la medición de torque rotacional en motores eléctricos de potencia fraccional» indica lo siguiente:

«La Investigación presente nos detalla el cálculo e implementación de un medidor de torque rotacional y velocidad angular. Este sistema consiste básicamente de un sensor de torque rotacional que se encuentra acoplado entre la máquina eléctrica y un sistema de freno mecánico, mientras que para la visualización de estas magnitudes se dispone de una interfaz gráfica la cual recibe una señal previamente acondicionada proveniente del sensor. » (Laura Telechana & Ronquillo Pinto, 2019) (Quispe Bellota & Valer Romero, 2018) En su tesis «Diseño y construcción de un medidor de torque portátil para un motor encendido por chispa de mediana cilindrada» indica lo siguiente.

(Aganamarca Castillo & Arequipa Iza, 2014) En su tesis «Análisis del rendimiento de un motor de combustión interna con biogás y aplicación para la generación de energía eléctrica» indica lo siguiente. «Este proyecto tiene como objetivo principal analizar el rendimiento de un motor de combustión interna alimentado con biogás, mediante curvas características del motor como potencia, torque, consumo de combustible y análisis de emisiones de los gases resultado de la combustión de gasolina y biogás en el motor, utilizando un analizador de gases propiedad de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, y así determinar si el uso del biogás como carburante alternativo en los motores de combustión interna es amigable con el medio ambiente y disminuye la contaminación. » (Aganamarca Castillo & Arequipa Iza, 2014).

«El diseño Electromecánico en función requiere mucha complejidad y sapiencia. El subdividir grandes relaciones es justo, para una serie de tareas unitarias. » (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

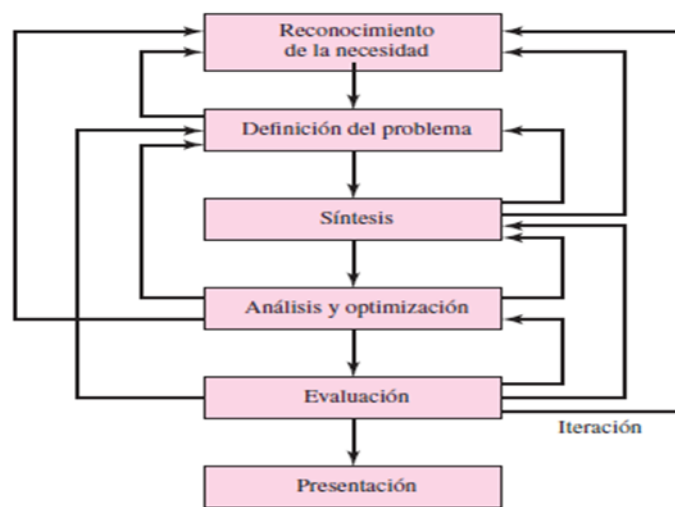
«Diseñar un programa es satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. » (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

«El diseño es un innovador y altamente iterativo plan conceptual. Es considerado También es un proceso de toma de decisiones.» (ManziniF, 2016). Hay una diferencia notable entre el enunciado de la necesidad y la identificación del problema.

«El problema y su determinación, es más puntual y debe abarcar todas las especificaciones de La máquina a fabricarse y operar. » (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

«Algunas veces, un esquema concreto que conecta elementos posibles del sistema de la invención, su construcción y concepto de diseño. » (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

«A medida que el esquema progresa en su desarrollo, se deben evaluar los detalles del desempeño del conjunto, cuando menos satisfactorio, y si lo es, qué tan correctamente el desarrollo podemos seguir.» (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).



**Figura 14.** Fases del Proceso de Diseño

Actualmente, los técnicos poseen un gran surtido de armas y disponibles posibilidades que le ayudan a sacar los diseños, superando los problemas.

### **Las Informáticas soluciones**

Los Programas de diseño asistido por computadora (CAD), de los diseños tridimensionales, permiten las opciones, de donde pueden producirse vistas en dos dimensiones con dimensionamiento automático y ortográfico.

### **Adquisición de información técnica**

En la actualidad vivimos en la que ha sido llamada la era de la información, donde ésta se genera a un ritmo sorprendente.

«Regla es un grupo de especificaciones para partes, materia Prima o procesos determinados a fin de uniformizar, la eficiencia y especificadas. Cantidades» (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

«Código se define como un conjunto de normas para construir, previo análisis, diseño, fabricación y producir algo. » (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

### **Tamaños estándar**

Dimensiones pre establecidas o corrientes es el principio de costo esencial de la disminución del precio.

### **Tolerancias amplias**

«Entre las especificaciones principales de concepción de los precios, tal vez los de las tolerancias sean los más importantes.» (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

### **Puntos de equilibrio**

«Sucede de vez en cuando que, cuando se contrasta el precio de dos o más concepciones de bosquejo» (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

### **Formulación del Problema**

¿Es factible diseñar un dinamómetro para evaluar la potencia de motores de encendido por chispa hasta 2500 CC?

### **Justificación del Estudio.**

#### ***Técnica.***

La presente tesis es muy importante ya que va a lograr el desarrollo de tecnología de punta a nuestra realidad y normas vigentes, optimizando el proceso de diseño para solucionar una necesidad, además permitirá evaluar la potencia de motores vehiculares.

#### ***Económica***

Tiene un impacto positivo ya que va a permitir brindar nuevos servicios a los propietarios de vehículos que deseen conocer el estado real del vehículo en cuanto a sus parámetros de potencia, además de generar mayores ingresos por el mismo.

#### ***Social***

Esta investigación tiene un positivo impacto social, ya que permitirá a los usuarios poder llevar un control del estado de sus vehículos para que de esta manera programen de forma más adecuada sus servicios de mantenimiento.

### **Ambiental.**

El impacto ambiental consiste en que se va a poder monitorizar el estado de los motores, con lo cual se identificará aquellos que han perdido su rango de eficiencia para que se le realice las actividades de mantenimiento correspondiente evitando mayor contaminación al medio ambiente.

En cuanto a los principales criterios de diseño y fabricación, tenemos que manejar criterios de tipo Cimentación de la Maquina, para resistir el peso muerto y la carga dinámica, originada por las fuerzas y vibraciones ocasionadas por los momentos flectores y torsores, la resistencia a la fatiga y esfuerzos cortantes, de flexión y torsión en la estructura, así como los mecanismos de trasmisión, «Se parte de bosquejos o diseños preliminares, los cuales se realizan en software AutoCAD o equivalentes» (VargasA, 2017).

Los cálculos de naturaleza termodinámica, para la estimación de las Curvas de Torque y de Potencia Neta, se basan en consideraciones del ciclo Otto, funcionamiento del mecanismo biela – pistón, procesos de encendido y carburación (inyección en los motores a gasolina modernos), «Potencia obtenida en el eje motor en su equivalente, a la velocidad especificada por el fabricante» (ObertE, 2016) Entre las Principales y definiciones a utilizarse en el diseño y sus respectivas ecuaciones representativas tenemos:

Eficiencia Volumétrica, definida por:

$$\eta_v = \Omega / \delta * 1 / k (r_c - 1) * P_a / P_k * [r_c * (B+1) - B - P_1/P_a]$$

De donde:

$$\eta_v = \text{Eficiencia Volumétrica}$$

$$\Omega = \text{Coeficiente de sobrecarga}$$

$$\delta = \text{Coeficiente de sobrecalentamiento}$$

$$K = C_p / C_v = \text{Coeficiente de Calores Específicos}$$

$$B = U * (K - 1)$$

$$r_c = \text{Relación de compresión}$$

$$P_a / P_k = \text{Relación de Presiones}$$

Presión Media Indicada ( $P_i$ )

$$P_i = P_c / (R_c - 1) * \eta_w * P_z / P_c * [1 - 1 / ((r_c^{n_z} - 1) / (n_z - 1)) - 1 - 1 / ((r_c^{n_i} - 1) / (n_i - 1))]$$

De donde

$P_i$  = Presión Media Indicada del ciclo Termodinámico

$\eta_w$  = Eficiencia de llenado del Diagrama

$R_c$  = Relación de compresión

$n_i$  = Índice Politrópico

$P_z$  = Presión de Combustión

$P_c$  = Presión al final de combustión

Aparte de las bases, el diseño de una serie de elementos de máquinas, tales como el eje y de ser el caso el contra eje de transmisión, así como los rodajes y sistemas de transmisión por fajas en V, o trenes de engranajes para reducir o ampliar velocidades, «El eje va a estar sometido a esfuerzos de torsión y flexión combinados.», (JuvinalR, 2017).

En la instalación del motor en el Banco de pruebas o dinamómetro , este debe ser lo más sencillo posible, pero siempre cumpliendo con no superar los esfuerzos máximos permisibles, tanto en la estructura metálica de perfiles de acero comercial electro soldada y empernada, así como los ejes, rodamientos y trenes de transmisión de velocidad, Torque y Potencia , «Se requiere disponer de accesorios tales como: Mangueras de alimentación de combustible, mangueras de radiador y manguera de toma de aire a la boca del carburador del diámetro necesario » (GiacosaD, 2014)

En la actualidad para tener bancos de prueba con mayor rango de acción, estos han sido automatizados en su operación al respecto « En un piso bajo de la consola la caja de contactores se halla localizada.» (RomeroC, HernaoJ, JaramilloM, & CastroM, 2016).

La exigencia mundial, que los resultados de la medición de las curvas de actuación de los motores de combustión interna obligan a que se sigan intensos protocolos de funcionamiento, «Las pruebas se inician con los trabajos preliminares de diagnóstico y reconocimiento del motor a ensayar.» (National Instruments, 2018) La tendencia mundial hace que estos bancos de prueba sean cada vez más utilizados por lo que tienen que ser habilitados laboratorios completos, «se programa continuar con las siguientes actividades y proyectos: diseño y adaptación de sistema automático para la realización de las pruebas, acondicionamiento de la sala de ensayos» (SAE J1349, 2018).

La exactitud de las mediciones, nos determina, que exista la necesidad de controlar e evitar, los elementos de distorsión de las medidas, el sobrecalentamiento de las partes del freno es una de ellas, para lo cual es necesario utilizar elementos que controlen la temperatura, « En solución a dicha problemática se presenta el estudio de un sistema de enfriamiento para un dinamómetro hidráulico.» (BlancoF & CarrilloV, 2018).

Los balances de energía en los radiadores de enfriamiento de los dinamómetros, obedecen a las leyes de la termodinámica «Para determinar el modelo simplificado del sistema de enfriamiento se realizó un balance de energía en el intercambiador de calor» (CanizalesJ & ZapataJ, 2017).

Los sistemas de refrigeración de los dinamómetros dependen de las condiciones del flujo del refrigerante, «En la simulación se permite observar el comportamiento del sistema de enfriamiento puesto que al aumentar el caudal hay una disminución en el calor absorbido por el radiador.», (RomeroC & CarranzaY, Elementos de Diseño de Sistemas de Enfriamiento de motores de combustion Interna , 2017).

Entre los principales componentes de un Dinamómetro debemos de mencionar, «El compacto o cuerpo, consiste en el caso de máquinas y aporta dureza y forma a la máquina durante su uso y fabricación.» (MartyrM & PlintM, 2018).

En cuanto, la refrigeración del Dinamómetro, existen referencias en la literatura Mundial, «El Parado por corrientes externa o de Foucault produce recalentamiento que ha de disolverse de manera adecuada y dilataciones generar, que alteren el accionamiento del paro...» (AkinolaA, GhamiyuA, & AbubakarM, 2017).

La movilidad de los dinamómetros, es contemplada también en el análisis del estado de la ciencia, «Reconvertir el aparato de este PFC en una portátil instalación, pueden colocarse sobre ruedas de fierro con universales pare...», (PerchinL, 2018).

En cuanto a los principales criterios de Diseño de Máquinas para el cálculo, diseño y/o selección de los principales elementos de máquinas, tales como (Ejes, Chumaceras, Rodamientos, Poleas, Piñones, Engranajes, Fajas, Cadenas, embragues, frenos, motores eléctricos, etc.) para lo cual empezamos con el



concepto de diagrama de cuerpo libre , al cual definimos como , «La técnica más poderosa de la mecánica analítica, que consiste en aislar o independizar una parte de un sistema en el imaginario » (ShigleyJ, 2016).

A fin de determinar las ecuaciones que rigen los esfuerzos normales en flexión en vigas y columnas simplemente apoyadas o estáticas, se realizan las siguientes suposiciones «La viga se somete a cargas de flexión pura, ergo la fuerza cortante es nula y no existen cargas de torsión y/o axiales presentes» (BeerF & JohnstonR, 2016).

En cuanto la definición de torsión, debemos de indicar, «Es el ocasionado por cualquier vector momento que sea paralelo con un eje de un elemento mecánico, recibe el nombra de par torsión» (SedatK, 2017).

El elemento de maquina fundamental de la mecánica es el conjunto rueda – eje, el esfuerzo total variable sobre un elemento ubicado en la superficie de un eje redondo solido de diámetro d, sometido a carga de flexión, carga axial y carga de torsión es:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= 32 M / \pi d^3 + 4F / \pi d^2 \\ T_{xy} &= 16 T / \pi d^3 \end{aligned}$$

De donde, «la proyección axial del esfuerzo axial  $\sigma_x$ , puede ser agregativa o sustractiva, se observa que las tres cargas M, F y T, ocurren en una sección que contiene el elemento superficial específico bajo estudio. Basándonos en círculo de Mohr, se puede demostrar matemáticamente, que los esfuerzos principales diferentes de cero  $\sigma_a \sigma_b$  son:»

$$\sigma_a \sigma_b = \sigma_x / 2 \pm [(\sigma_x / 2)^2 + T_{xy}^2]^{1/2}$$

«Para el caso de Cargas de Flexión y Torsión de naturaleza estática o cuasi estática, la fuerza axial se puede asumir sin mayor error igual a cero, por lo que reemplazando valores y aplicando el teorema de Von Mises, se tiene:»

$$\begin{aligned} \sigma &= 16 / \pi d^2 (4M^2 + 3T^2)^{1/2} \\ T_{mas} &= 16 / \pi d^2 (M^2 + T^2)^{1/2} \end{aligned}$$

Para un factor de diseño de  $n_d$  (Variable), la energía de distorsión de falla dúctil proporciona el esfuerzo permisible de:

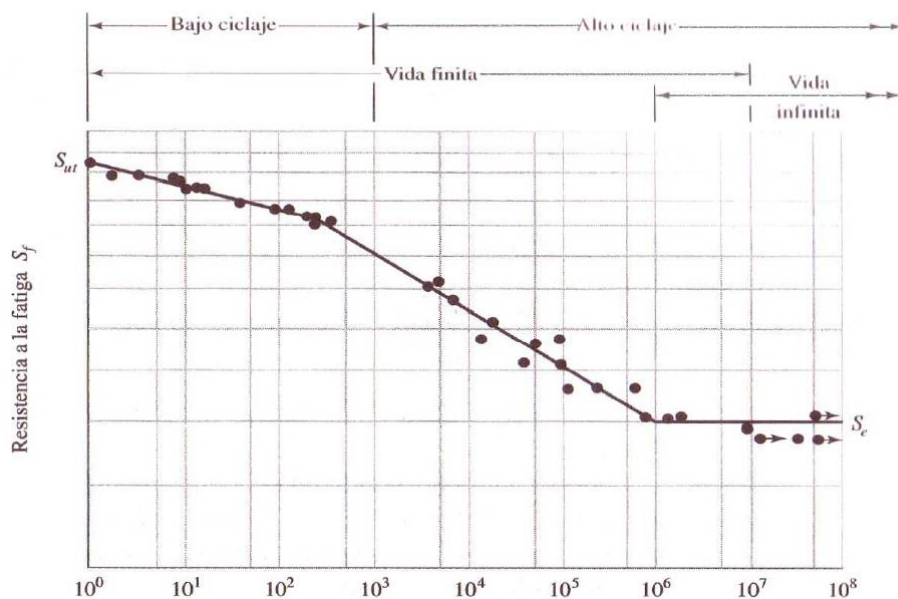
$$\sigma = S_y / n_d$$

Para un factor de seguridad de diseño de  $n_d$ , la hipótesis de esfuerzo cortante máximo de falla dúctil, proporciona un esfuerzo cortante permisible de:

$$\tau = [16 * n / \pi S_y (4M^2 + T^2)^{1/2}]$$

En cuanto a las consideraciones de fatiga o diseño a carga variable o diseño dinámico, «Se determina que los elementos de maquina han fallado bajo la acción de esfuerzos repetitivos o fluctuantes», (AbdelA & HamidY, 2017).

Es por eso que el límite a la resistencia a la fatiga, depende del número de ciclos de variaciones de los esfuerzos» La región de fatiga se extiende desde  $N = 1$ , hasta casi  $10^3$  ciclos, ocasionando que en esta región la resistencia a la fatiga  $S_f$  es menor que la resistencia a la tensión  $S_{ut}$ , lo que determina que el dominio de la fatiga de alto ciclaje se extienda desde  $10^3$  ciclos para los aceros comerciales al límite de la resistencia a la fatiga  $N_e$ , que es aproximadamente de  $10^6$  a  $10^7$  ciclos.



**Figura 15.** Número de ciclos del esfuerzo

En forma experimental deductiva, el ajuste de correlación de la curva puede ser expresada por la siguiente ecuación:

$$S_f = .an^b$$

De donde cada variable significa:

N = Ciclos en que se produce la falla

a.= Constante definida por el punto  $10^3$

b.= Constante definida por el punto  $10^3$ »

De acuerdo a la bibliografía existente, se determina que la resistencia real a la fatiga de una pieza depende de otros factores, «Material, composición, base de la falla y variabilidad, Manufactura, Método, tratamiento termoquímico o térmico, corrosión por frotamiento» (AstakhovV, 2019)

Los Criterios miden los efectos de la superficial característica, la fuerza actuante, y la masa, la temperatura se calcula por la siguiente fórmula:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_d * S_e \text{ de donde:}$$

$S_e$  = Limite de resistencia a la fatiga, en la ubicación crítica de la geometría de Máquina

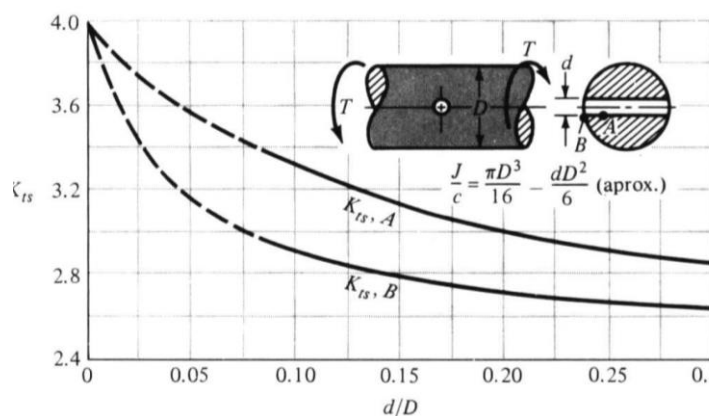
$K_a$  = Variación Criterio de la condición de la superficie

$K_b$  = Variación Criterio de la condición del Volumen

$K_c$  = Variación Criterio de la condición de la Fuerza

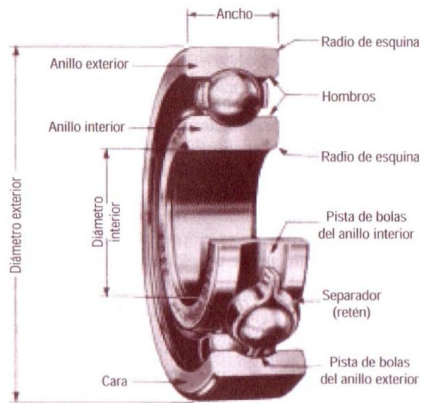
$K_b$  = Variación Criterio de la condición de la Temperatura

$S_e$  = Variación Criterio de la resistencia a la fatiga rotatoria



**Figura 16.** Factor de Concentración de Esfuerzos

En cuanto a los rodamientos, estos elementos que sirven de apoyo a los elementos móviles de las maquinas, « Los cojinetes se manufacturan para aguantar cargas radiales puras, cargas axiales puras o una mezcla de ambas » (ShipL, 2017).



**Figura 17.** Esquema de Rodamiento

En cuanto a los valores que dimensionan al dinamómetro, debemos de mencionar a los siguientes:

**Momento de Inercia del volante – Giro de las Ruedas:**

$J_g = m \cdot r^2$ , de donde:

M = Masa de la Rueda

r. = Radio del Neumático

Cálculo de la Energía cinética del motor a su máxima capacidad de carga:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot [M + J_g \cdot (1/r.)^2 + J_g \cdot (1/\tau r.)^2] \cdot V^2$$

**Dimensionamiento de los discos de inercia**

**Se necesitan las siguientes especificaciones técnicas:**

- Velocidad Angular de la Maquina de ensayo
- Radio de aro circular externo
- Radio de aro circular interno
- Cálculo de la inercia de los discos del dinamómetro en forma de aro circular

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot M_{ar} \cdot W_M^2$$

Cálculo de la masa de los discos del dinamómetro en forma de aro circular

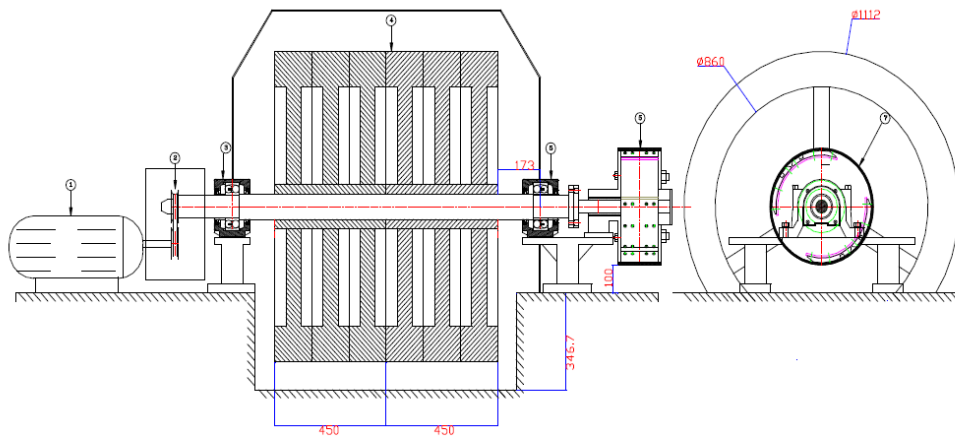
$$I = m \cdot r^2$$

$$m. = I/r^2$$

Cálculo de la longitud de los aros circulares para una masa

$$\delta. = m/v$$

$$V = B \cdot L$$



**Figura 18.** Dimensionamiento de los Elementos de un Dinamómetro

Cálculo del Rango de Potencias del Dinamómetro (Rango que abarca desde Potencia de arranque, potencia de funcionamiento para cada parámetro), de donde:

$$E_c = \frac{1}{2} * I * W^2$$

$$P = E_c / t \text{ de donde:}$$

W = Velocidad Angular

I = Momento de Inercia

t. = Tiempo de arranque

Calculo del Par de Torsión del Motor del Dinamómetro

Se cumple que:

$$T = \text{Potencia} / \text{Velocidad Angular}$$

Costos de Fabricación; Se consideran todos los costos incurridos durante el proceso de fabricación, tales como:

- Costo de Materia prima y Materiales
- Costo de Maquinado o Maquinarias
- Costo de Mano de Obra directa e indirecta
- Costo de Investigación, diseño y desarrollo del producto

Por lo que podemos afirmar que « la construcción de un modelo permite hacer prospectiva de la problemática de la construcción futura del prototipo », (CerettiP, FalbohmerW, & WuA, 2017)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y Diseño de Investigación.

##### No experimental

Esta Tesis se basa en una investigación que no es de laboratorio debido a que no realiza de manera deliberada una manipulación de las variables independientes para determinar sus consecuencias positivas, funda en observación su fuerza sobre las variables en su contexto normal, un análisis posterior se hace necesario, el tesista pierde control sobre la variable independiente, por los acontecimientos que se sucederán.

Esta investigación se inicia describiendo las características operacionales de los diversos motores hasta 2500 CC.

##### Descriptiva

Es descriptiva la tesis, Se observa de manera detallada el problema tal como se ve en forma natural sin la intervención o manipulación del tesista.

**Tabla 7.** *Tesis descriptiva.*

Estudio	T1
N1	P1
N2	P2

Fuente: autoría propia.

Donde:

N1 y N2 son muestrales

P1 y P2 son casos

#### 3.2 Variables y operacionalización

##### Variable Independiente

Dinamómetro

##### Variable Dependiente

Potencia

## Variables y Operacionalización.

**Tabla 8.** Variable independiente y Operacionalización.

Variable independiente	Conceptual	Operacional	Indicadores	Escala	Herramientas
Dinamómetro	“El diseño de Elementos es el flujo por el cual se define las Medidas” (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008)	Conceptualizado medidor de torque para realizar una tarea específica.	Dimensiones	Mm	Observación
			Material	Tipo	
			Capacidad:	N.m	Documentaria

Fuente: elaboración propia

**Tabla 9.** Variable dependiente y operacionalización

Variable dependiente	Conceptual	Operacional	Indicadores	Escala	Herramientas
Potencia	<p>“La potencia de los MCI se puede expresar como las veces que el par motor está disponible en el tiempo” (Castillo, Rojas, &amp; Martínez, 2017)</p>	<p>La potencia de los MCI se genera en el eje, entrega energía para el desplazamiento del vehículo.</p>	<p>Rango de Potencia</p> <p>Rango de velocidad de rotación</p>	<p>KW</p> <p>Rpm</p>	<p>Observación</p>

Fuente: elaboración propia



### 3.3. Población, muestra y muestreo.

#### Población.

Motores de combustión interna de hasta 2500 cc.

#### Muestra.

Motores de combustión interna de hasta 2500 cc evaluados

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos.

**Tabla 10.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

<b>Técnicas</b>	<b>Uso</b>	<b>Instrumentos</b>
Observación	Determinar las características relevantes de los MCI hasta 2500 cc.	Ficha
	Evaluación del diseño de la máquina	Ficha
Revisión	Búsqueda de técnicos datos y elementos bases.	Ficha

Fuente: elaboración propia

### Recolección de Técnicas de datos

#### **Observación**

La aplicación de esta técnica nos va a permitir determinar los diversos parámetros relevantes y pertinentes para el diseño de los motores de ciclo Otto de hasta 2500 CC., esta técnica también se va aplicar la para realizar la evaluación del diseño del medidor de torque portátil.

#### **Revisión Documentaria**

Esta Práctica nos posibilita la búsqueda de los criterios de la concepción del medidor de torque portátil, los materiales buscados y adecuados para los diversos elementos de la máquina, determinación de diversos elementos normalizados para el motor como tuberías, rodajes, correas, pernos, piñones etc.

## **Instrumentos de Recolección de Datos**

### ***Ficha de control de diseño***

La Tabla de diseño y su control es una herramienta que va a posibilitar la medición de la capacidad, funcionalidad y operatividad del diseño del dinamómetro.

La ficha cuenta de dos partes, en la primera se colocan los datos generales de la evaluación como la fecha, hora, nombre del evaluador; en la segunda los parámetros a medir, las condiciones de trabajo y los resultados obtenidos durante las pruebas.

### ***Ficha de parámetros***

Esta herramienta, posibilita llevar un control de las características pertinentes de los motores de gasolina para el cálculo y determinación del momento.

### ***Ficha de Revisión Documentaria.***

La cartilla de documentario chequeo, va a permitir tener un control escrito de los diversos instrumentos que serán revisados para diseñar el Dinamómetro.

## **Validez y confiabilidad**

### ***Validez***

La presente tesis será verificada por expertos en el tema (Técnicos de Ingeniería Mecánica) y por los encargados determinados por la institución donde se realizará la pesquicia, como el cumplimiento de la Guía de Productos observables de la UCV Chiclayo.

### ***Confiabilidad.***

Se determinará la confiabilidad por los conocedores que verificaran las herramientas, si se requiere la alteración de acuerdo a sus necesidades se dará prioridad a sus criterios no vinculantes. Esta tesis tendrá la firmeza o seguridad de la verdad de los datos primarios o secundarios con los cuales se trabajará.

## **3.5. Procedimiento:**

Antes de empezar a aplicar los instrumentos se tuvo que interactuar con los dueños de la empresa Semsá Representaciones, quienes mostraron interés en la ejecución de presente proyecto.

La recolección de datos se obtuvo mediante la aplicación de fórmulas ingresadas al software AutoCAD y SolidWorks para su respectivo diseño y modelamiento para ser aplicadas posteriormente al desarrollo del proyecto.

### **3.6. Métodos de Análisis de Datos.**

El análisis Inferencial - estadístico nos ayuda a determinar la existencia de una función entre las pocas variables, adicionalmente a través de la estadística inferencial aplicada a las variables de tesis.

### **3.7 Aspectos Éticos.**

Yo Tesista de la UCV investigador juro ante Dios el valorar la propiedad de otros intelectuales, la validez de los datos proporcionados por la entidad y la verdad de los resultados y en la tesis que presento, la construcción de la Máquina planteada tiene un efecto positivo en la comunidad si no por el contrario representa un beneficio para esta.

#### IV. RESULTADOS.

##### **Determinar parámetros de diseño del dinamómetro.**

Los principales parámetros de las partes integrantes de un Dinamómetro de uso vehicular son:

- Características del Contra par, el cual puede ser accionamiento Mecánico, eléctrico, e Hidráulico, que tiene que ser dimensionado de acuerdo a las características de Par y Potencia determinados en los motores de vehículos a ser evaluados, estos como sabemos están determinados por la familia de vehículos, Marca, Modelo y Características de programación, trabajaremos con las principales Marcas, tales como Toyota, Nissan, Renault, Volkswagen Mitsubishi, entre otros , con tablas de rangos de potencia y torque por motor.
- Mecanismo de acople y sujeción del motor, es decir si se aplicara al motor desmontado o montado en el vehículo, con las correspondientes ventajas y desventajas en cada uno de los casos, determinando sus capacidades de soporte de fuerzas, momentos, desgaste, vibración y fatiga de los materiales
- Diseño del eje, de acuerdo a los criterios ASME, en lo relativo a longitud, diámetros, acoples, canales chaveteros, muescas, cálculos de fuerzas y momentos por flexión, compresión, torsión y fatiga, rangos de funcionamiento de potencia y torque, tipo de maquinado y acabados.
- Mecanismos de transmisión de potencia, que podrán ser Poleas y fajas en V, Piñón – Catalina y cadenas de eslabones
- Tablero de control y mando y sus respectivos conjuntos de sensores y actuadores electromecánicos y electrónicos.
- Mecanismos de seguridad y control de impactos al medio ambiente.
- Otros criterios complementarios de diseño.

En cuanto al Mecanismo de contra par se trabajará con un Generador eléctrico, con las características determinadas por el rango de valores de Potencia y Torque.

**Tabla 11.** *Motores más comunes Rangos de Potencia*

Nº	MOTORIZACION	CARRO	POT	LADOS	MASA
1	2GD	Prado , Hilux	110 – 120 KW	0.60*0,45 *0.55	230
2	M4R/MR20	Qasqai Xtrail	101 – 140 KW	0.60*0,45 *0.55	220
3	YD25MO	Fluence	112 – 132 KW	0.60*0,45 *0.55	240
4	2.0 TDI 1,998	Amarock	90 - 103 KW	0.64*0.45 * 0.56	225
5	2.5 DI-D	L 200	112 – 133 KW	0.70 *0.55*0.52	245
6	G5 SOHC	Mazda BT-50	80 - 87 KW	0.63* 0.54 *0.54	213
7	4B28TC	Isuzu D-Max	132 – 147 KW	0.67*0.52*0.53	221
8	V8 4.7L	Dodge Dakota	172 – 194 KW	0.72*0.65 * 0.52	310
9	G9U – 2.2	Renault Master	84 – 107 KW	0.62*0,45* 0,53	190
10	L1H1 2.2 HDI	Peugeot Bóxer	82 - 111 KW	0.63*0,44*0,54	205
11	OM640	Mercedes Sprinter	70 - 121 KW	0,60 *0,44*0,56	201
2	SOFIM 814	Fiat Ducato	53 - 68 KW	0,62*0,44*0,54	199
13	PSA DW10	Citroen Jumper	112 - 132 KW	0,57*0,55*0,54	214
14	L2H2 -Turbo	Opel Novano	99 - 110 KW	0,59*0,56 *0,57	212

15	DCi L1H1	Nissan NV400	106 - 124 KW	0,61*0,57*0,63	223
16	M15A –FKS I3	Toyota Yaris	66 - 88 KW	0,60*0,47*0,56	231
17	1CD - FTV	Toyota Corolla	81 – 85 KW	0,65*0,46*0,57	215
18	MR18DE	Toyota Tidia	91 - 96 KW	0,63*0,45*0,53	200
19	3S-GE	Toyota Caldina	132 – 147 KW	0,73*0,51*0,58	235
20	1.8T L4 20V	Audi A4	110 - 132 KW	0,64*0,45*0,53	205
21	B48 2.0 L	BMW	135 - 165 KW	0,66*0,47*0,56	213
22	2.0 R20Z1	Honda Civic	110 – 114 KW	0,65*0,48*0,55	212
23	GDI - DOHC	Hyunday Accent	108 – 124 KW	0,60 *0,49*0,56	201
24	T6 . 225	Volvo XC90	119 – 135 KW	0,64 *0,51*0,54	207
25	DOHC – 1.5	Kia Rio	70 - 79 KW	0,57*0,44*0,55	195
26	4.7 LV8	Jeep Cheeroke	175 – 198 KW	0,78*0,54*0,61	286
27	1.6 CRDI	Tucson	84 – 100 KW	0.75*0,45 *0.55	190

Fuente: Elaboración propia

Esto nos permitirá el poder determinar el rango de potencias , con los cuales trabajaremos en el diseño del Dinamómetro , pues nos pone en claro que la potencia nominal de un motor (No potencia mínima, máxima o cualquier otra errónea denominación), está determinada por un rango de variación de acuerdo a su régimen de velocidad.

## Criterios de modulación de motores:

Las grandes fábricas Mundiales; RENAULT, VOLVO, MERCEDES BENZ, IVECO, SCANIA, TOYOTA, NISSAN, etc., con un mismo motor (Misma cilindrada, Misma carrera de Pistos, Diámetro del Cilindro, Peso), realizan diversas aplicaciones en donde varia la Potencia, Torque y eficiencia básicamente, por lo cual un mismo motor abastece distintas potencia dentro de un mismo rango, de acuerdo al siguiente detalle:

### Caso motor volvo

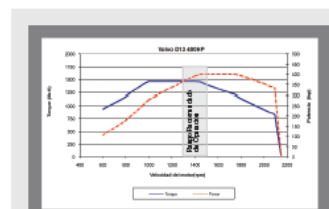
## EL MOTOR DIESEL PESADO MÁS FABRICADO EN EL MUNDO

Especificaciones	
Rangos:	Potencia: 400, 435, 465, 500 HP Torque: 1450, 1585, 1650, 1770lb-ft
Configuración:	4 Ciclos / 6 en Línea
Aspiración:	Turbo cargador de Geometría Variable con Boquilla desmontable
Árbol de levas / Conf. Válvulas:	A la cabeza / 4 Válvulas por Cilindro
Cabeza de Cilindro:	Rígida de una Sola Pieza
Sistema de Inyección:	Unidad Electrónica de Inyección con Solenoide Dual
Presión de Inyección de Combustible, psi (bar):	35,000 (2,400)
Sistema de Contor Electrónico:	Volvo VECTRO
Cambio de Potencia:	Solo Cambio de Software
Desplazamiento, L (in3):	12.8 (780)
Relación de Compresión:	16.0:1
Diámetro y Carrera mm (in):	131x158 (5.16x6.22)
Espacio entre Cilindros mm (in):	168 (6.61)
Peso en Seco, kg (lb):	1214 (2676)
Lubricación y Combustible:	
Filtros de Combustible:	Primaio más Secundario
Capacidad de Aceite Lubricación (L):	36
Filtros de Aceite:	Dos Flujo Pleno, Uno Bypass
Especificación de Aceite:	Volvo VDS-4, SAE 10W-30
Equipo de Motor:	
Compresor, CFM:	Dos Cilindros, 31.8
Retardador:	HVEB Freno de Motor Volvo
Potencia de Frenado:	450 hp @ 2200 rpm 310 hp @ 1500 rpm
Peso de Freno de Motor, kg (lb):	25 (12)

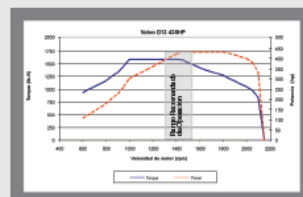


La Guía de Recompensas de Desempeño desarrollada por Volvo, permite retroalimentar al operador sobre sus hábitos de conducción. El sistema interactivo permite al operador saber, a través de la pantalla de información del conductor, si sus acciones mejoran o afectan el rendimiento de combustible y al mismo tiempo que evalúa su participación en el cumplimiento de los objetivos que la empresa le ha establecido.

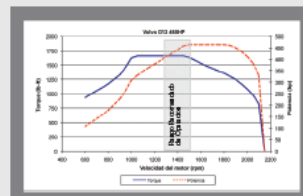
Característica tecnológica	Beneficio
Sistema de Combustible	Mantiene la temperatura del combustible regulada, permitiendo a los motores Volvo operar con mayor eficiencia para tener mejor economía de combustible y bajos costos de operación.
Inyección de combustible de ultra alta presión, 35,000psi	Atomización de combustible muy fina para una combustión más limpia, reduce emisiones y mejor economía de combustible.
Damper en árbol de levas	El damper protege al motor de las vibraciones torsionales destructivas para una vida más larga de componentes.
Freno de Motor de Volvo totalmente integrado con I-Shift	El HVEB permite múltiples niveles de freno de motor combinándolo con el pedal, gracias a la integración de módulos de control de la transmisión y el motor existe un desempeño más optimizado del freno de motor. Cuando el vehículo reduce la velocidad, la transmisión puede cambiar a un engranaje de velocidad inferior para mantener alto el torque de frenado.



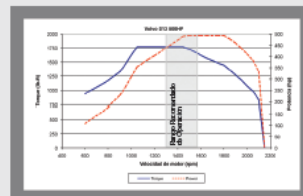
Potencia HP	400
Torque pico lb-ft @ rpm	1450 @ 1100
rpm govmeadas	2100
Rango recomendado en velocidad cruceo, rpm	1300 - 1500



Potencia HP	435
Torque pico lb-ft @ rpm	1585 @ 1100
rpm govmeadas	2100
Rango recomendado en velocidad cruceo, rpm	1300 - 1500



Potencia HP	465
Torque pico lb-ft @ rpm	1650 @ 1100
rpm govmeadas	2100
Rango recomendado en velocidad cruceo, rpm	1300 - 1500



Potencia HP	500
Torque pico lb-ft @ rpm	1770 @ 1100
rpm govmeadas	2100
Rango recomendado en velocidad cruceo, rpm	1300 - 1500

Figura 19. Modulación de Motores

## Caso motor iveco

Motor	490S48T	490S44T
Marca/Modelo	Iveco FPT / Cursor I3	Iveco FPT / Cursor I3
Nº Cilindros/Cilindrada Total	6 cilindros - 12.880 cm <sup>3</sup>	6 cilindros - 12.880 cm <sup>3</sup>
Diámetro x Curso	135x150 mm	135x150 mm
Relación de compresión	16,5 (±0,8):1	16,5 (±0,8):1
Potencia máxima	480 cv - 353 kW (1.900 rpm)	440 cv - 324 kW (1.900 rpm)
Torque máximo	245 kgfm - 2.400 Nm (1.000 - 1.400 rpm)	230 kgfm - 2.250 Nm (1.000 - 1.500 rpm)
Sistema de inyección	Unidad individual de inyección (BOSCH N3 EU)	Unidad individual de inyección (BOSCH N3 EU)

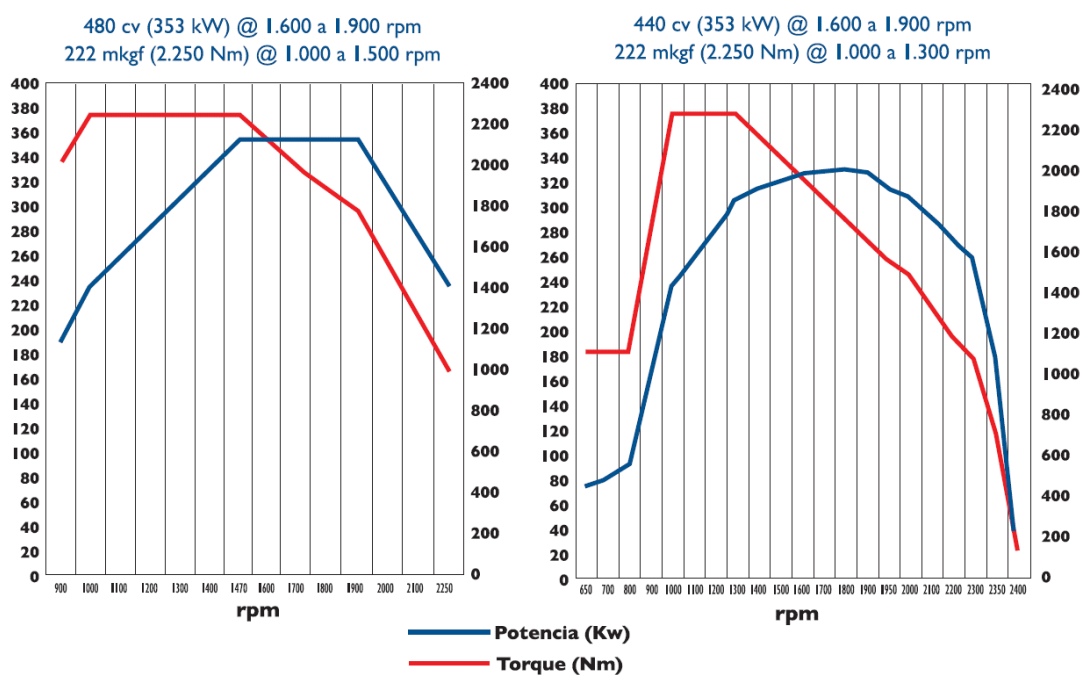


Figura 20. Modulación de Motores caso IVECO

## Caso motor renault g9ua754

G9U (2.5L) [editar]

El GxU tiene una cilindrada de 2463 cm<sup>3</sup>, con un diámetro de 89 mm (3,5 in) y una carrera de 99 mm (3,9 in). Todos cuentan con una relación de compresión de 17,8:1, distribución DOHC 16 válvulas, alimentación vía inyección directa, common-rail, turbo, intercooler y catalizador.

Potencia máxima	Par motor	Normativa de anticontaminación	Usos
100 CV (74 kW) @ 3500 rpm	260 Nm @ 1500 rpm	Euro 3, Euro 4	Renault Master II
115 CV (85 kW) @ 3500 rpm	290 Nm @ 1600 rpm	Euro 3	Opel Movano
145 CV (107 kW) @ 3500 rpm	310 Nm @ 2100 rpm	Euro 3, Euro 4	Nissan Interstar

Figura 21. Modulación de Motores caso RENAULT



## Caso motor cummins serie qsx

### Ratings

ENGINE MODEL	ADVERTISED HP (KW) @ RPM	PEAK HP (KW) @ RPM	PEAK TORQUE LB-FT (N•M) @ RPM
QSK 665*	665 (496) @ 2100	665 (496) @ 1000	1875 (2542) @ 1400
QSK 630*	630 (470) @ 2100	630 (470) @ 1000	1875 (2542) @ 1400
QSK 600	600 (447) @ 2100	610 (456) @ 1000	1875 (2542) @ 1400
QSK 600*	600 (447) @ 1800	600 (447) @ 1800	1875 (2542) @ 1400
QSK 560	560 (418) @ 1800	560 (418) @ 1800	1875 (2542) @ 1400
QSK 560*	560 (418) @ 1800	560 (418) @ 1800	1744 (2366) @ 1400
QSK 535	535 (399) @ 2100	580 (430) @ 1800	1873 (2540) @ 1400
QSK 535	535 (399) @ 2100	572 (427) @ 1800	1806 (2449) @ 1400
QSK 520	520 (388) @ 2100	555 (414) @ 1800	1744 (2366) @ 1400
QSK 510**	510 (380) @ 1800	510 (380) @ 1800	1744 (2366) @ 1400
QSK 500	500 (373) @ 2100	550 (410) @ 1800	1744 (2366) @ 1400
QSK 500	500 (373) @ 2000	533 (397) @ 1800	1744 (2366) @ 1400
QSK 500**	500 (373) @ 1800	500 (373) @ 1800	1744 (2366) @ 1400
QSK 485	485 (362) @ 2100	519 (387) @ 1800	1630 (2222) @ 1400
QSK 450	450 (336) @ 2100	480 (358) @ 1800	1550 (2102) @ 1400
QSK 450	450 (336) @ 2000	480 (358) @ 1800	1550 (2102) @ 1400
QSK 450**	450 (336) @ 1800	450 (336) @ 1800	1550 (2102) @ 1400
QSK 435	435 (324) @ 2100	465 (347) @ 1800	1480 (1994) @ 1400
QSK 410	410 (306) @ 2000	410 (306) @ 2000	1346 (1825) @ 1400
QSK 400	400 (298) @ 2100	440 (328) @ 1800	1452 (1969) @ 1400
QSK 390	390 (291) @ 2000	390 (291) @ 2000	1346 (1825) @ 1400
QSK 375**	375 (280) @ 1800	375 (280) @ 1800	1346 (1825) @ 1400

\*Indicates a restricted rating.

\*\*Indicates a continuous rating.

All ratings are intermittent unless otherwise noted.

Additional ratings may be available. Check with your Cummins distributor or dealer.

### Specifications

ENGINE TYPE	IN-LINE, 6-CYLINDER	
DISPLACEMENT	915 CU IN	15 L*
ADVERTISED HORSEPOWER	375-665 HP	280-496 kW
PEAK TORQUE	1346-1875 LB-FT	1825-2542 N•M
BORE AND STROKE	5.39 IN X 6.65 IN	137 MM X 169 MM
ASPIRATION	TURBOCHARGED AND CHARGE AIR COOLED	
OIL SYSTEM CAPACITY	48 U.S. QT	45.42 L*
COOLANT CAPACITY	20 U.S. QT	18.9 L*
LENGTH	56.8 IN	1443 MM
WIDTH	40.6 IN	1032 MM
HEIGHT	51.1 IN	1298 MM
DRY WEIGHT	3,200 LB	1,451 KG

\*L - Liters/Litres

Figura 22. Modulación de Motores caso CUMMINS

A esta variabilidad dentro de rangos de las potencias y torques de los motores, le tenemos que agregar la posibilidad de reprogramar los parámetros de Potencia y Torque, de los motores de control electrónico, exponemos el caso RENAULT:

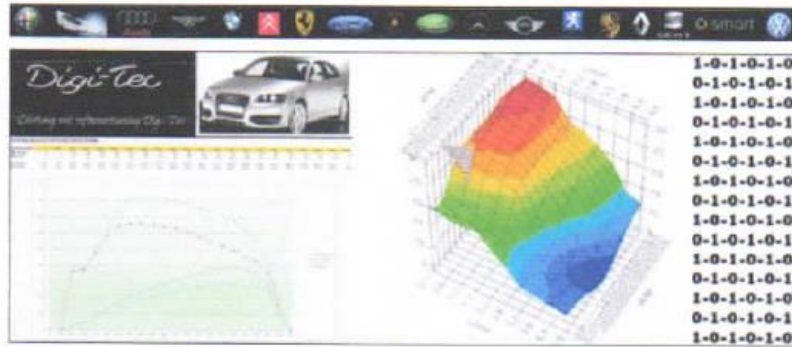
REPROGRAMACIÓN CENTRALITA RENAULT MASTER



MARCA MODELO	CV SERIE	COMBUSTIBLE	CV DIGI-TEC	PAR MOTOR
<b>Master I</b>	from year 1997 to 1998			
2.5 dTi	115 hp / 85 kw	diesel	140 hp / 103 kw	+65 N-M
<b>Master II</b>	year 1998 to 2003			
1.9 dTi	80 hp / 59 kw	diesel	105 hp / 77 kw	+60 N-M
1.9 dCi	82 hp / 60 kw	diesel	105 hp / 77 kw	+60 N-M
2.2 dCi	90 hp / 260 N-M	diesel	125 hp / 92 kw	+60 N-M
2.5 dCi	115 hp / 85 kw	diesel	150 hp / 110 kw	+65 N-M
2.8 dTi	114 hp / 84 kw	diesel	151 hp / 111 kw	+70 N-M
2.8 dTi	116 hp / 85 kw	diesel	151 hp / 111 kw	+70 N-M
<b>Master III</b>	from year 2003			
1.9 dCi	82 hp / 60 kw	diesel	105 hp / 77 kw	+60 N-M
2.2 dCi	90 hp / 260 N-M	diesel	125 hp / 92 kw	+60 N-M
2.5 dCi	100 hp / 74 kw	diesel	132 hp / 97 kw	+75 N-M
2.5 dCi	114 hp / 84 kw	diesel	150 hp / 110 kw	+65 N-M
2.5 dCi	120 hp / 88 kw	diesel	160 hp / 118 kw	+65 N-M
2.5 dCi	146 hp / 107 kw	diesel	180 hp / 132 kw	+65 N-M
2.5 dCi	150 hp / 110 kw	diesel	173 hp / 127 kw	+60 N-M
3.0 dCi	136 hp / 100 kw	diesel	171 hp / 126 kw	+70 N-M
3.0 dCi	156 hp / 115 kw	diesel	182 hp / 134 kw	+60 N-M

**Figura 23.** Variación de Parámetros

Con el criterio de remapeo de parámetros del Motor (Potencia, Torque, Fuerza, Emisiones de Gases, Consumo específico de combustible – eficiencia Energética), de acuerdo al siguiente criterio:



**Figura 24.** Mapeo de parámetros de motor.

Las Principales Características del Dinamómetro Hidráulico con el cual trabajaremos:

- Potencia: Entre 50 KW a 200 KW
- Torque en el eje Motriz: 200 Nm a 450 Nm
- Velocidad Angular: Entre 1,000 RPM a 3,000 RPM
- Tipo de Freno: Freno Hidráulico

En cuanto a los criterios para diseñar el chasis del Dinamómetro tenemos: Usualmente el chasis del dinamómetro requiere que este enterrado para poder observar la potencia, el Torque y las vibraciones, y también por consideraciones de seguridad.

Por la consideración de sobreponer el vehículo en su totalidad y pensando en la futura ampliación a nuevas pruebas a realizarse, y no distorsionar los resultados obtenidos, y cumplir con las normas de seguridad (Matriz de Procedimientos (PETS) y la Matriz de Peligros (IPER), por los cuales se determinan las siguientes dimensiones:

- Ancho Mínimo de la Vía: 2.27 M de acuerdo al Reglamento Nacional de Vehículos: DS N° 058 – 2003 –MTC
- Longitud o batalla: Entre 6.00 a 8.00 M de acuerdo a las características de catálogo técnico de los vehículos a ser evaluados.

Se utilizará el Software SOLIDWORKS, para su dimensionamiento y diseño, con una longitud de 8,000 mm y un ancho de 2,600 mm, necesarias para dar servicio a todos los vehículos considerados en el estudio de mercado realizado.

El diseño será en acero ASTM A36, tubo cuadrado de sección de 2 Pulgadas \* 2 Pulgadas, con el espacio suficiente para el rodillo y el dinamómetro. Se considerará una altura de 1025 mm, suficiente para alojar al banco y no mayor para evitar accidentes que podrían ocasionar sanciones por parte de SUNAFIL, se incorporan cuatro arrostramientos en extremos laterales del bastidor para eliminar el pandeo de viga larga de la estructura, ante cargas de flexión y fatiga, todas las uniones son soldadas serán mediante soldadura de arco eléctrico, mínimo dos pasadas con pasada de esmeril para limpieza

Las propiedades a detalle del chasis serán:

**Tabla 12.** *Propiedades del Chasis*

Propiedades del Chasis	
Fabricación y Montaje	Tubo de acero cuadrado de sección hueco de 2 pulgadas * 2 pulgadas y 2mms de espesor
Material Utilizado	Acero , conformado por tren frio y de estructura metalográfica Perlitica
Densidad Lineal	3.45 Kg/ml
Área de la Sección Transversal	4.65 cm <sup>2</sup>
Peso aproximado	245 Kgs
Limite Deformación Plástica	26500 N / cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de Rotura por Tensión	41000 N / cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de Rotura por fatiga	17500 N / cm <sup>2</sup>
Coeficiente Poisson en X	0.3
Coeficiente Poisson en Y	0.2
Coeficiente Dilatación	0.000012 ( ° C ) <sup>-1</sup>
Momento de Inercia a flexión en x	2.72 cm <sup>4</sup>
Momento de Inercia a flexión en y	1.92 cm <sup>4</sup>

Momento de Inercia a flexión en z	1.67 cm <sup>4</sup>
Momento polar de Inercia	5.67 cm <sup>4</sup>
Acabado Superficial	Galvanizado en caliente o granallado y pintura base anti corrosiva
Uniones permanentes	Soldadura de arco eléctrico con atmosfera protegida
Comportamiento a Torsión	Excelente
Comportamiento a Flexión	Excelente
Comportamiento a Pandeo largo	Excelente
Propiedades	Sin ángulos vivos protección anticorrosión

Fuente: Elaboración propia

***Tipos de Rodamientos a ser utilizados:***

- De acuerdo con las especificaciones del banco del Dinamómetro a diseñar, se escogerán rodajes duros de esferas de una hilera común.
- La selección de estos planos se debe a un conjunto que se detallan a continuación:
- La base trabajada de este porte permite un muy buen ajuste junto al rodaje SKF apropiado.
- La base cuadrado y plano nos permite alinear la base.
- Están contruidos para acciones pesadas y velocidades de giro.
- Rodillo de inercia.
- La concepción exacta del rodillo en un chasis dinamómetro es elemento inicial, pues sobre él se apoyan y fraccionan las motrices del carro al cual se va a someter a prueba.

A disposición está disponible una amplia y profunda data acerca de la resistencia a la rodadura en los libros de texto de física:

$$F_{rod cil} = F_{rod plano} * (1 + r/R)^{1/2}$$

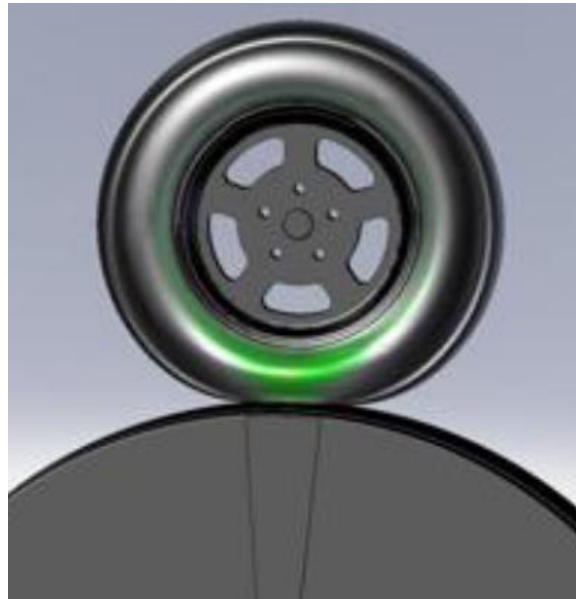
De donde:

**Frod cil**, = es la fuerza de oposición al giro sobre una superficie de una llanta.

**Frod plano** = fuerza resistencia al giro sobre una superficie de un neumático sobre un plano uniforme sin pendientes.

**r**, = es la mitad del diámetro del neumático.

**R**, = es la mitad del diámetro del rodillo de inercia.



**Figura 25.** Rodamiento  $r/R = 1/2$

En cuanto a las características de diseño del rodillo de momento de inercia, estas serán:

**Tabla 13.** *Propiedades del Rodillo de Inercia*

Características del Rodillo de Momento de Inercia	
Características	Fibra Sintética de vidrio más silicato, aluminio de 0.13 mm de espesor en grosor de resina epóxica Tipo S-2 (60 % SiO <sub>2</sub> )
Peso Especifico	2480 Kg/m <sup>3</sup>
Masa	32 – 38 Kg
Temp de distorsión	766 °C
Temp de Ablandamiento	1,056 °C

Coeficiente de Térmica expansión	0,00000016 ( °C ) <sup>-1</sup>
Tensión	5700 bar rango
Compresión	4500 bar rango
Superficie exterior	Papel de esmeril, grano fino clase 100
Otras peculiaridades	Muy buen comportamiento bajo condiciones extremas de calor y ambientes corrosivos

Fuente: Elaboración propia

### Calcular los elementos mecánicos del dinamómetro para evaluar motores de combustión interna.

Cálculo del Eje Central del Dinamómetro. Los ejes motores centrales son elementos de transmisión de movimiento giratorio, torque y Potencia. La función fundamental del eje de transmisión en un automotor dinamómetro es la de pasar el movimiento giratorio del inercial volante hasta la parte que actúa como freno del banco.

**Tabla 14.** *Propiedades de los Semiejes de Trasmisión*

Propiedades de los semiejes de trasmisión	
Construcción	Tubo de fierro redondo de corte hueca de 7 cm $\Phi$ y 0,3 cm de grosor
Material utilizado	Acero A36 , estampado en frio y de superficie lisa
Peso lineal promedio	54,1 kg/ 10m
Área del Corte	6.31 cm <sup>2</sup>
Promedio de Peso	4,7 Kg
Elástico	265 N/mm <sup>2</sup>
Rotura	410 N/mm <sup>2</sup>
Coeficiente Deformación	0.3
Coef Dilatación	0.0000012 (°C) <sup>-1</sup>
Momento Torsión	92.2 cm <sup>4</sup>
Momento Flexión	46.1 cm <sup>4</sup>
Acabado Superficial	Galvanizado en caliente, granallado y con pintura base

Normatividad Aplicable	UNE. EN 10219. 2 – 2007
Otras Propiedades	Muy Buen comportamiento, de fácil soldado, terminales redondeados, protección anti corrosión

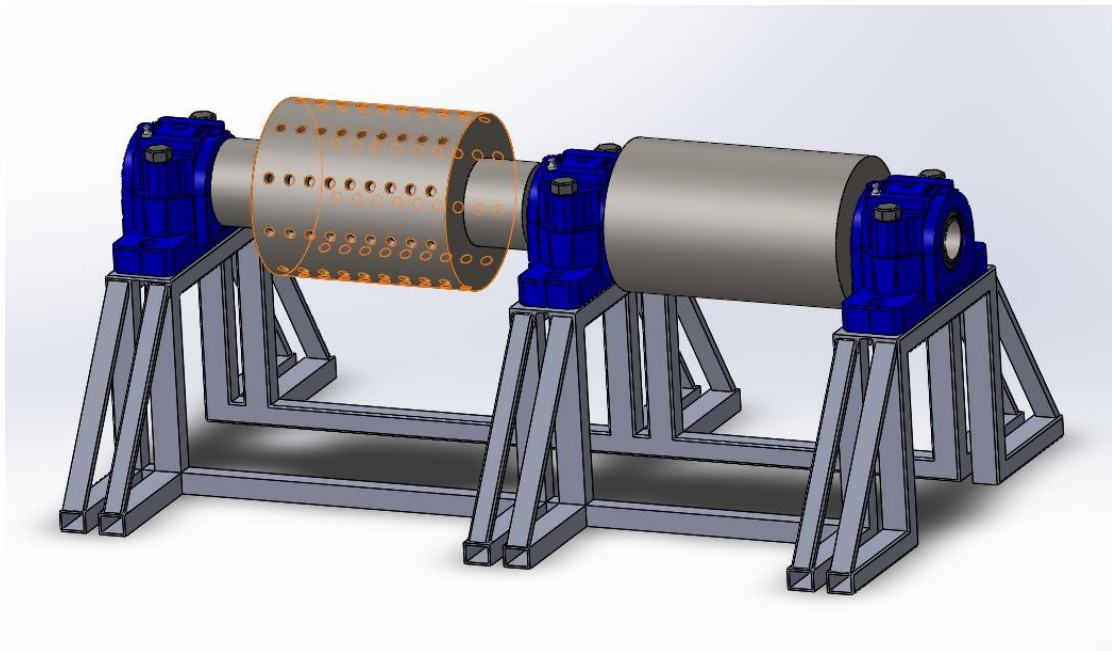
Fuente: Elaboración propia

El diseño mecánico de los ejes de transmisión, de acuerdo a los procedimientos del código ASME:

Análisis de modos de oscilaciones lineales y no lineales. Determinación de la celeridad optima del motor del auto en prueba.

**Configuración geométrica de la pieza y análisis de materiales:**

Para determinar las formas geométricas de las partes y los reclamos, hay que aprovecharse el esfuerzo realizado en cuanto a la concepción CAD.

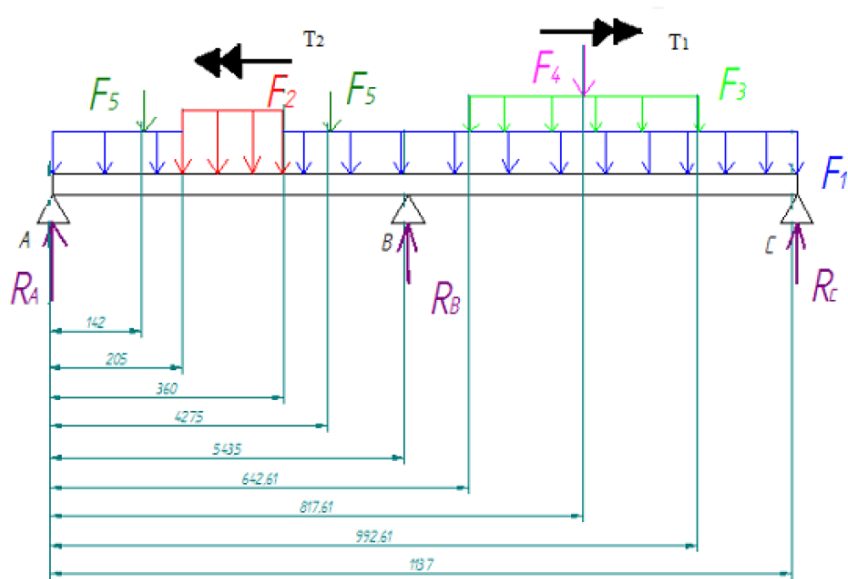


**Figura 26.** Vista frontal Dinamómetro, lado izquierdo despiezado, lado derecho completo

**Diagrama de cuerpo libre simple**

Intuir se puede como los dos semiejes se juntan al rotor del freno, y no se puede apreciar de manera visible porque la perforada carcasa del estator oculta dicha junta.





**Figura 27.** Diagrama de Cuerpo Libre del Semi Eje del Dinamómetro

De donde tenemos que cada símbolo significa:

**F1**, es el Peso distribuida Goza de un valor de **530 N/ 10m**.

**F2**, es el Peso a prueba, llega a un valor de ó **6510 N/10m**.

**F3**, es la Peso distribuida por origen del peso propio del rodillo inerciales, se determina en **10090 N/10m**.

**F4**, es un peso concentrado, que equivale por Rueda o 4,900 N

**F5**, es un peso concentrado originada por el estator y su carcasa, vale **83,5 N**.

**T1**, es el torsor originado por la aceleración del tambor del auto sometido:  
 $w. = v/R = 50 \text{ m/s} / 0.120 \text{ m} = 416.67 \text{ rad/s}$

Luego:

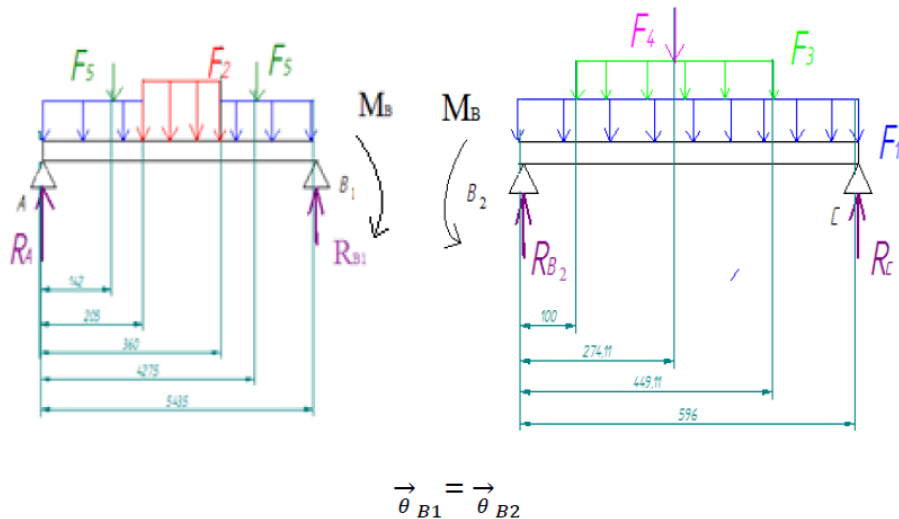
$$T_1 = P_{\text{max rango}} / w = 200,000 \text{ W} / 416.67 \text{ rad/s} = 480 \text{ Nm}$$

$T_2$  = Es el par de frenada ejercido por el Dinamómetro, es decir 480 Nm

$$GH = N^{\circ} \text{ de Incógnitas} - N^{\circ} \text{ de Ecuaciones}$$

De donde al apreciar que el número de incógnitas es tres, se trata de un sistema con 1 grados de libertad y se puede resolver por las leyes de Newton, es decir se cumple los supuestos:

$$\sum F = 0; \sum M = 0 \text{ y es hiperestático}$$



**Figura 28.** Compatibilización de Giros

Se despiece cada longitud en vigas acerca de una carga puntual, puede lograrse rápidamente el giro en B1 y B2 (simbólicos lados) ayudándose de los largueros más frecuentes ya solucionados. Sin lugar hay que poner énfasis especial al utilizar valores.

<i>Vigas biapoyadas</i>			
$\Theta_A$		$\Theta_B$	$\delta_c$
$\Theta_A = \frac{PL^2}{16EI}$		$\Theta_B = \frac{PL^2}{16EI}$	$\delta_c = \frac{PL^3}{48EI}$
$\Theta_A = \frac{Pab}{6EIL} * (L+b)$		$\Theta_B = \frac{Pab}{6EIL} * (L+a)$	
$\Theta_A = \frac{ML}{3EI}$		$\Theta_B = \frac{ML}{6EI}$	$\delta_c = \frac{ML^2}{16EI}$
$\Theta_A = \frac{qL^3}{24EI}$		$\Theta_B = \frac{qL^3}{24EI}$	$\delta_c = \frac{5qL^4}{384EI}$
$\Theta_A = \frac{9qL^3}{384EI}$		$\Theta_B = \frac{9qL^3}{384EI}$	$\delta_c = \frac{5qL^4}{768EI}$
$\Theta_A = \frac{a^2 q}{24EI} (2L-a)^2$		$\Theta_B = \frac{(a^2 q)}{24EI} (2L^2 - a^2)$	
$\Theta_A = \frac{7qL^3}{360EI}$		$\Theta_B = \frac{8qL^3}{360EI}$	
$\Theta_A = \frac{5qL^3}{192EI}$		$\Theta_B = \frac{5qL^3}{192EI}$	$\delta_c = \frac{qL^4}{120EI}$

**Figura 29.** Movimientos y valores en vigas de un tramo más comunes

Pues ASI, Al giro en B1 y B2 va a determinarse por superposición de tijerales simples, y los cálculos se diseñan en la siguiente figura de valores:

**Tabla 15.** Datos del Diagrama de Cuerpo Libre

Datos del Diagrama de Cuerpo Libre						
a.= 0,142m	a. <sup>`</sup> = 0,427m	a. <sup>''</sup> = 0,205m	a. <sup>'''</sup> = 0,360m	a. <sup>v</sup> =0,316 5m	a. <sup>v</sup> =0,274 1m	C= 0,155 m
b.=0,401 5m	b. <sup>'</sup> =0,116 m	b. <sup>''</sup> =0,338 5m	b. <sup>'''</sup> =0,18 4m	b. <sup>iv</sup> =0,23 m	b. <sup>v</sup> =0,322	C'=0,35 0m
F <sub>1</sub> = 53 N/m	F <sub>2</sub> =4900 N/m	F <sub>3</sub> =2009 N/m	F <sub>4</sub> = 2,700N	F <sub>5</sub> = 83,5 N	L= 0,5435 m	L <sup>1</sup> =0,59 4 m

Fuente: elaboración propia

Luego obtenemos el valor del momento Máximo

$$M_B = 210,77 \text{ N m}$$

Una vez solucionado el problema hiperestático, el problema estático se deduce fácilmente, calculando las reacciones y el diagrama de momentos flectores y momentos cortantes, para determinar ante el estado de carga analizado la sección crítica de la pieza, se puede utilizar el criterio de sumatoria de las partes.

$$R_A = \frac{F_5 b}{L} + \frac{F_5 b'}{L} + \frac{F_1 a''}{L} \left( b'' + \frac{a''}{2} \right) + \frac{F_1 a'''}{L} \left( b''' + \frac{a'''}{2} \right) + \frac{F_2 b^{iv} c}{L} - \frac{M_B}{L}$$

$$R_B = \frac{F_5 a}{L} + \frac{F_5 a'}{L} + \frac{F_1 a''^2}{2L} + \frac{F_1 a'''^2}{2L} + \frac{F_2 a^{iv} c}{L} + \frac{M_B}{L} + \frac{F_1 L'}{2} + \frac{F_3 b^v c'}{L'} + \frac{F_4 b^v}{L'} + \frac{M_B}{L'}$$

$$R_C = \frac{F_1 L'}{2} + \frac{F_3 a^v c'}{L'} + \frac{F_4 a^v}{L'} - \frac{M_B}{L'}$$

**Figura 30.** Sumatoria de partes.

Reemplazando valores, se deducen los valores en los apoyos A, B, C, con los resultados siguientes:

$$R_A = 49,50 \text{ N}$$

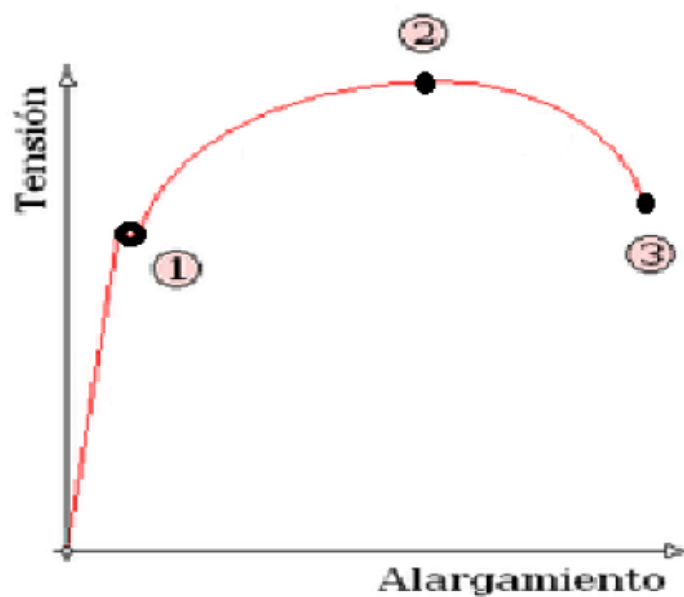
$$R_B = 3,794 \text{ N}$$

$$R_C = 897 \text{ N}$$

Luego al determinar las reacciones se detecta que el rodamiento B (punto medio) es el que tiene mayores solitudes, tal y como cabía esperar. Se utiliza la reacción en B como carga excéntrica más desfavorable, para acabar, los gráficos de fuerzas cortantes, Momentos flectores y Momentos se aprecian para determinar para así conocer el corte crítico del eje de transmisión, ya que será en este lugar donde se efectúen los diferentes análisis de esfuerzos de materiales a ser utilizados.

### ***Análisis comparativo con fuerzas estáticas***

Al Momento de precisar el análisis con fuerzas no móviles, determinarse la resistencia de una materia tras sujetarse a un grupo de fuerzas externas cuyo valor absoluto, dirección, orientación y lugar de fijación no cambia con el diagrama de cargas y tiempo. Cuando se quiere realizar dicho análisis.



**Figura 31.** Esfuerzo – Deformación

Puesto que es dúctil el material de hierro, las teorías o razones que se deben utilizar son la plastificación a tal fin orientado. Varios de ellos orientados, destacando los siguientes la Teoría de la Fuerza Normal Mayor, la Teoría del cortante máximo esfuerzo (**Criterio de Tresca**) y la Teoría de la Distorsión

energética (**Criterio de Von-Misses**), que se desarrollan en las asignaturas de Resistencia de Materiales y Esfuerzos de Elementos de Maquinas.

***Tensiones producidas al Momento flector.***

El momento doblador tensiones perpendiculares ( $\sigma$ ) ocasiona en el eje de axial geometría en la transmisión. La fuerza perpendicular es un problema de pura flexión puede lograrse con el Stockes principio:

$$\sigma_{\max} = M_{\max} * R / I_x$$

De donde:

**M<sub>max</sub>**, es el flector mayor del corte crítico de la parte. = 210.77 Nm.

**R**, es la mitad del diámetro de árbol de transmisión y tiene un valor de **0,035 m**.

**I<sub>x</sub>**, es inercia momento en sentido axial del árbol de transmisión. = 4.61 \*10<sup>-7</sup> m<sup>4</sup>

De donde:

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= 210.77 * 0.035 \text{ m} / 4.61 * 10^{-7} \text{ m}^4 \\ &= 16 \text{ MPa}\end{aligned}$$

***Tensiones producidas por el brazo torsor.***

El brazo torsor produce esfuerzos tangenciales ( $\tau$ ) en el plano recto al eje de igualdad axial del árbol trasmisor. La tensión tangencial en un eje hueco de espesor acabable ( $e < R / 10$ ) se simplifica con la siguiente ecuación:

$$T_{\max} = M_{t\max} / (2 \pi r^2 e)$$

De donde tenemos:

**MT<sub>max</sub>**, es el momento de torsión mayor en el área crítica de la pieza y vale 153 Nm

**e**, es el grosor del eje de fuerza y goza de un valor de 0,003 m.

Luego:

$$\begin{aligned}T_{\max} &= 153 \text{ Nm} / (2 \pi * (0,035)^2 * 0.003) \\ &= 6.63 \text{ MPa}\end{aligned}$$

La rotura de la parte débil se origina en el momento que se cumpla la siguiente situación:

$$S_y \leq \sqrt{(\sigma_{\max}^2 + \tau_{\max}^2)}$$

Luego

$$S_y < = 19,69 \text{ Mpa}$$

$S_y$ , es la resistencia a fluencia o límite elástico del material, y alcanza un valor de 265 MPa, de acuerdo a tablas. Luego, puede llevarse la resistencia del eje de transmisión del dinamómetro sometido a cargas fijas con un factor de seguridad (**n**):

$$n. = 265 / 19,69 = 13,46$$

### **Estudio bajo cargas variables (Fatiga)**

Para poder realizar el análisis bajo cargas variables se va a utilizarse un criterio analítico denominado Criterio de Goodman:

$$1/N = .\sigma_a/S_f + \sigma_m/S_{ut}$$

De donde:

**N**, es el número de ciclos de variación hasta que se produzca la rotura.

**S<sub>f</sub>**, es la carga a la fatiga del material, puesta en [**MPa**].

**S<sub>ut</sub>**, es la carga a la rotura puesta y, formulada [**MPa**].

**$\sigma_a$  y  $\sigma_m$** , son los esfuerzos alternantes y medios a las cuales está acogida el árbol motriz, medidas en [**MPa**].

Se logra poder dicha labor, el criterio de Goodman debe ser variado siguiente manera:

$$1/N = .\sigma_a/S_e + \sigma_m/S_{ut}$$

Y:

**N**, es la seguridad ratio y es un numero adimensional en concordancia al Teorema de Buckingham

**S<sub>e</sub>**, es límite de fatiga corregido, expresado en [**MPa**].

**S<sub>ut</sub>**, es la resistencia a rotura del material, formulada [**MPa**].

**$\sigma_a$  y  $\sigma_m$** , son las tensiones variables y media a las cuales está sometida la parte en [**MPa**].

Se empieza el análisis logrando el **límite de fatiga corregido** de la pieza. Pero sin embargo para comenzar es necesario el determinarse el **límite de fatiga no corregido (S<sub>e'</sub>)** de la parte. Para fierros comerciales percolados (no

trabajados) con una duración a la rotura menor a 600 MPa, el máximo de fatiga puede determinarse con la siguiente expresión:

$$S_e = 0,45 * S_{ut} = 0,45 * 410 \text{ MPa} = 184,50 \text{ MPa}$$

Luego se calculan los diferentes coeficientes determinantes del problema del cual trata el trabajo de investigación:

$$S_e = S_e \cdot \prod_{i=a} K_j$$

#### ***Factor de acabado superficial ka.***

En el caso de peor sea el superficial acabado de un parte, su límite de fatiga es menor. Esta disminución mayor será cuanto mayor sea la última resistencia del acero:

$$K_a = a * S_{ut}^b = 4,51 * 410^{-0,265} = 0.916$$

De donde:

a y b son función del acabado típico exterior de la parte y se obtienen de cuadros para fierro al frío conformado logran los valores expuestos en la presente tesis.

#### ***Factor de tamaño kb.***

Cuanto el diámetro es mayor de un eje o árbol, su fatiga limite es menor. Para componentes sometidos a torsión y radios comprendidos entre 26 y 125 mm:

$$K_b = 1,189 * D^{-0.097} = 1,189 * 70^{-0.097} = 0.787$$

#### ***Factor de confiabilidad kc.***

Se determina de un estadístico análisis. La pérdida en el límite de fatiga menor será cuanto menor sea la posibilidad de fallo que se desee lograr. Un rango y margen de error de 0,99 (99%), vale dicho factor:

$$K_c = 0.814$$

#### ***Factor de temperatura kd.***

Las Mecánicas propiedades son alteradas por la Temperatura.

$$K_d = 1$$

### **Factor de concentración de esfuerzos $k_e$ .**

No se ha ubicado puntos de tensiones concentración en la crítica sección de la parte.

### **Factor de efectos $k_f$ . <math>s</math>**

Se Tiene presente hechos como los fenómenos de oxidación, corrosión, cubrimientos, ajustes etc. No se va a considerarse este factor en la presente tesis. Después de obtenidos todas las ratios de Marín, se obtiene el coeficiente de fatiga corregido:

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d$$

Para terminar, Procederemos al cálculo y determinación de las tensiones alterna y promedio antes de aplicar el criterio de Goodman:

$$\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) / 2 = 12.462 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) / 2 = 0.00 \text{ MPa}$$

Luego a partir de los esfuerzos normales procederemos al cálculo de los esfuerzos tangenciales, se utiliza los conceptos de tensión variada y mediana equivalente. De acuerdo a lo determinado por la teoría de Von-Misses:

$$\sigma_{a \text{ eq}} = \sqrt{(\sigma_a^2 + 3 \tau^2)} = 13.081 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m \text{ eq}} = \sqrt{(\sigma_m^2 + 3 \tau^2)} = 3.975 \text{ MPa}$$

Al final, se determina el análisis determinando el grado de seguridad, despejando “n” en el criterio de Goodman alterado para larga vida:

$$n = 1 / (\sigma_a / S_e + \sigma_m / S_{ut}) = 7.66$$

En resumen, puede garantizarse una larga vida a fatiga del eje de transmisión del dinamómetro con un nivel de confianza del 99% y un coeficiente de seguridad de grado alto de 7,66.

### **El dinamómetro y su freno**

El freno del dinamómetro es la mejor opción componente que logra contrarrestar el desplazamiento del carro para así poder obtener mediciones de energía y momento y por lo tanto describir la máquina de dicho vehículo. (Elaborar curvas en toda su variabilidad).



Este camino de parado se realiza sin relación íntima entre los lados descritas por desgaste no corresponde, como sí se realiza en la fricción paradores. Pero, como en todo lugar de parada, la energía calienta por el calor generado y no deseado que ha de ser eliminado mediante un sistema de ventilación propio, ya sea por aceite, o fluido.

$$M = F * l$$

Donde:

**M**, Momento del par de frenado, dado en [**Nm**].

**F**, es la fuerza registrada en la celda de carga, obtenida en [**N**].

**l**, es la distancia del brazo de momento determinado desde el centro del aparato en [**m**].

$$P = M * \omega$$

Donde:

**P**, es la Energía /Tiempo del auto, dado en Watts.

**M**, la medida del torque parado ejercido por el pare de corrientes de Foucault [**Nm**].

**$\omega$** , es la velocidad de giro de las llantas motrices del carro, medida en Hertz [**s<sup>-1</sup>**].

### ***El girador del Pare de Foucault***

El Freno giratorio es una parte dura de fierro con dos lados entre las que tenemos ira el estator luego. Las superficies aleteadas se hallan de manera efectiva en su lado externo para poder diluir la energía más rápidamente mediante refrigeración.

$$Q_{\text{tornillo}} = F_{\text{acoplamiento}} / 8 \text{ Tornillos} = T_{\text{mac}} / d / 8 = 155 \text{ N}$$

Donde:

**d**, es la longitud del cubo su centro al centro del tornillo, expresada en [**m**].

Este esfuerzo de corte ha de contrastarse con la dureza del tornillo al esfuerzo de corte, que se obtiene con la siguiente a relación:

$$R_{\text{corte}} = 0.5 * f_{\text{ub}} * A_s / \delta * M_2$$

Donde:

**f<sub>ub</sub>**, es el último esfuerzo del acero del Perno. **5000 Bar**.

**As**, es el promedio del área del corte transversal del Perno Vale 0.078 cm<sup>2</sup>.

**γM2**, Coeficiente de seguridad Se toma el rango de 125/100

Luego:

$$R_{\text{corte}} = 0.5 * 500 \text{ MPa} * 7.8 \text{ mm}^2 / 1.25 = 1,560 \text{ N} \geq Q_{\text{tornillo}}$$

Se garantiza la integridad del acoplamiento durante la operación de carga y descarga del equipo. Las fundamentales características del girador del freno se ven en el cuadro siguiente:

**Tabla 16.** *Propiedades del Rotor*

Principales Propiedades del Rotor	
Elemento	Fierro SAE 1020 , contenido bajo en Carbono ( 0.2 % C )
Producción Proceso	Torneado de Calidad
Peso Especifico	7872 kg/m <sup>3</sup>
Aproximado Peso	10.3 Kgs aproximado
Elástico limite	205 MPa
Tensión de Rotura	380 MPa
Coeficiente de Poisson	0,29
Dureza a la penetración	111 HB
Conductividad Térmica	51,9 W/mk
Conductividad Eléctrica	6,1 * 10 <sup>6</sup> S/m
Permeabilidad Magnética	0.2 T
Otras Propiedades	Material Ferromagnético, bien maquinable, soldable, acero de propósito general

Fuente: elaboración propia

### ***El estator del freno de corrientes de Foucault***

El estator del freno de corrientes de Foucault se compone de un anillo que tiene forma de un octógono que contiene cuatro, pares de electroimanes o bobinas eléctricas dispuestas por todo su contorno. La caracterización de este componente no forma parte integrante de esta tesis y esperamos que sea desarrollada por otro tesista de la Universidad Cesar Vallejo.

### **La carcasa del estator del freno**

También las tapas del caparazón están fabricadas en plancha de fierro de 2 mm de grosor y se encuentran debidamente perforadas para enriquecer la ventilación. Cada cierre tiene una cilíndrica base para alojar una chumacera rodamiento que minimice el rozamiento entre la y el eje carcasa. Ambas tapas van a ir pegadas con pernos y arandelas o bien al cuerpo pegadas.

Propiedades del caparazón se adjuntan en la siguiente:

**Tabla 17.** *Propiedades de la Carcaza*

Propiedades de la Carcaza	
Material	Chapa de fierro planchado en Caliente de 2mms de grosor
Proceso de Fabricación	Soldadura y dobladora
Densidad	7850 kg/m <sup>2</sup>
Peso Rango	6,5 Kg – Rango
Limite Plástico	2750 Bar
Limite a la Tracción	4500 Bar
Factor de Poisson	0,3
Coefficiente Dilatación	0.0000012 ( °C ) <sup>-1</sup>
Otras Propiedades	Fácil conformado, excelente soldabilidad

Fuente: elaboración propia

### **La Distancia del momento del freno**

El brazo de par de freno o de par del aparato tiene la función de conducir las reacciones y carcasa movida del freno de corrientes externas hasta una partícula de carga anclada directamente al fondo del banco, según las siguientes ecuaciones:

$$M = F \cdot l$$

Donde:

**M**, es el momento desplegado por el auto, dado en [**N.m**]

**F**, es la presión por área detallada en la celda de carga, dado en [**N**]

**l**, es la longitud entre el centro del freno al final del elemento del par , **41.5 cms**

En primer puesto se calcula el par máximo al cual va a estar sometido el dinamómetro., se estimó un valor de **53 N.m**. Entonces:

$$F_{max} = M_{max} / l = 13 \text{ Kgs}$$

Cálculo de la Bomba Hidráulica del Dinamómetro:

En los dinamómetros Hidráulicos, la Potencia necesaria se convierte en presión del aceite hidráulico , para lo cual se usa la celeridad radial del eje de la Bomba y la presión ocasionada por el fluido líquido para poder determinar la potencia mediante la siguiente fórmula:

$$P_h = P \cdot Q / 1714$$

De donde:

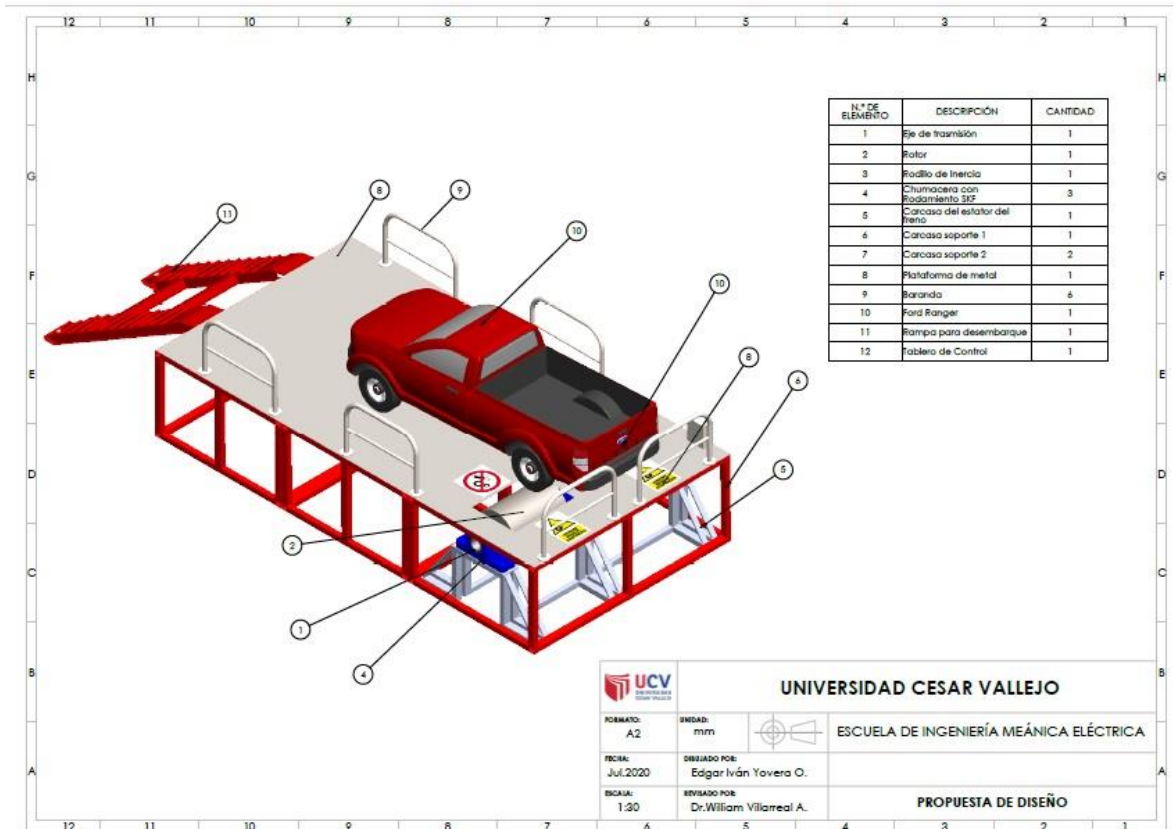
P = Fuerza /Área en Libras

Q = Flujo Volumétrico en GPM

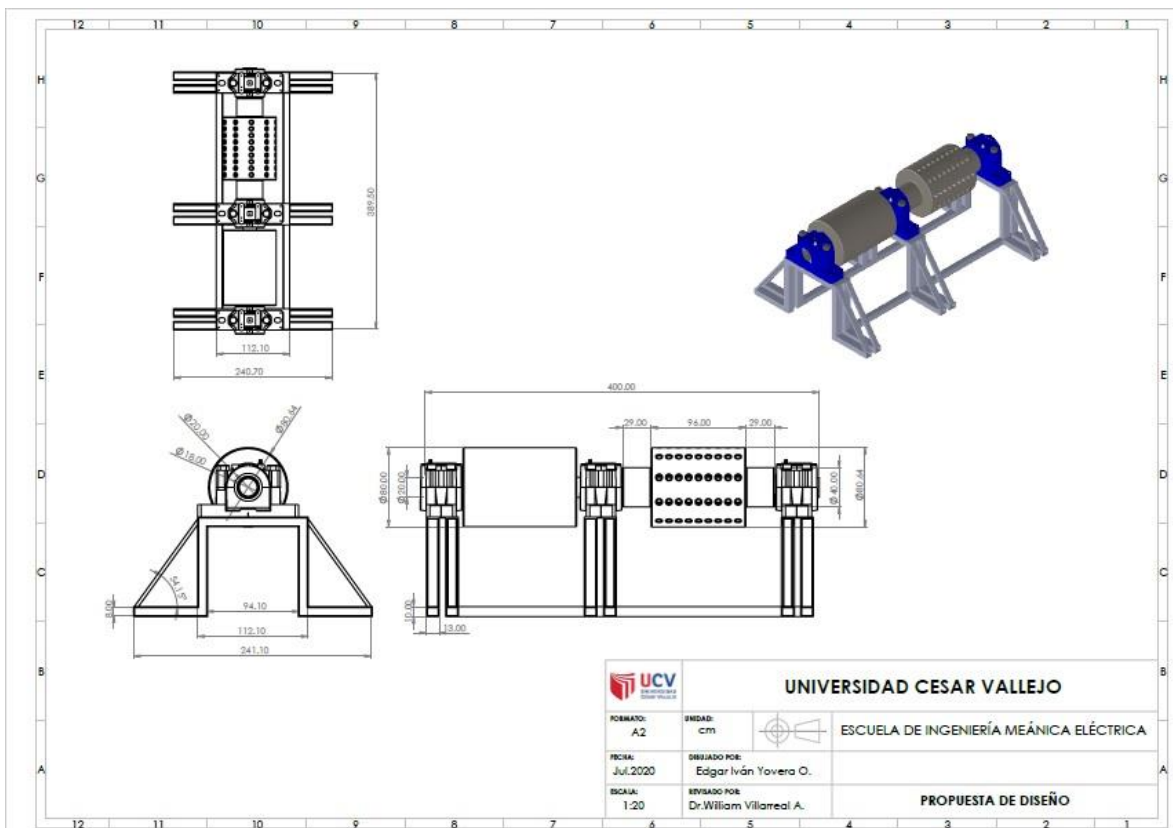
Donde Q, depende del desplazamiento volumétrico por giro de la Bomba y P es la presión ocasionada al restringir el abra del fluido a la salida de la bomba con la válvula, y de esta manera se puede medir el funcionamiento de la maquina en todo un rango de velocidades y de esta manera producir las gráficas de funcionamiento del mismo.

La Presión es medido con un manómetro ubicado entre la descarga de la bomba y la entrada a la válvula, Q se calcula al conocer el desplazamiento cubico y las RPM del eje de la bomba.

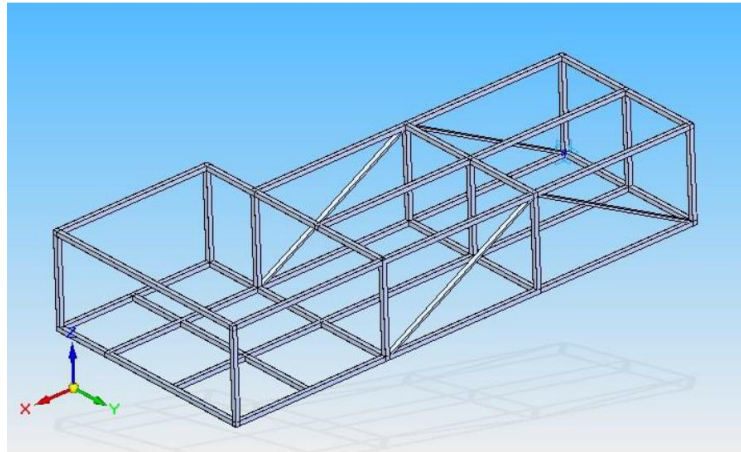
A continuación, se muestran las principales vistas del dibujo en 2D del Dinamómetro del presente trabajo de Investigación:



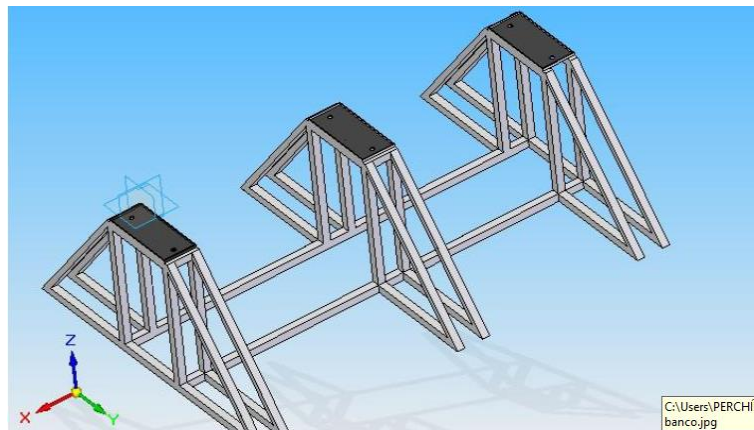
**Figura 32.** Banco Completo del Dinamómetro



**Figura 33.** Detalle del Conjunto Motriz

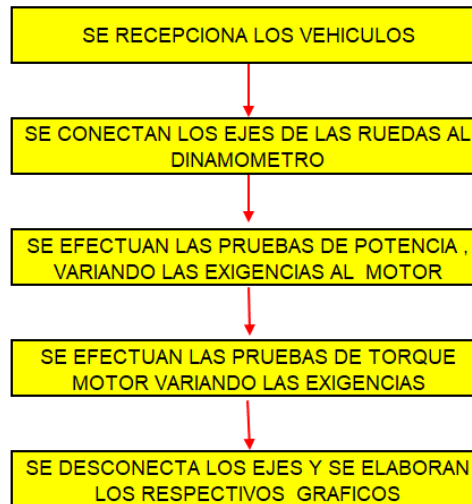


**Figura 34.** Dibujo del Chasis del Dinamómetro



**Figura 35.** Dibujo del Sub - chasis del Dinamómetro

Si bien es cierto que no es objetivo de la Tesis el efectuar pruebas con el Dinamómetro, exponemos a continuación un diagrama de flujo de cómo se realizan las Pruebas de funcionamiento, midiendo las curvas de Potencia y Torque de los motores.



**Figura 36. Diagrama de flujo**

### **Determinar el costo total de fabricación del dinamómetro, así como su análisis económico - financiero**

Finalmente procederemos al cálculo de todos los costos de Fabricación, Producción, Administrativos, Venta, en que se incurre en la fabricación del presente Dinamómetro, tanto con el criterio de costos fijos y costos variables. Así mismo en base a un estudio de mercado, se determinará los potenciales clientes de los servicios de testeo de Motores en lo referente a medición de Potencia y Torque, entre los que podemos mencionar con un criterio de segmentación de mercado:

- Los tradicionales, que testean por necesidad de cumplir con algún tipo de regulación de revisión técnica por normas Nacionales o Internacionales, Mercado reducido en la actualidad.
- Los que testean su motor después de una revisión general, reparación general o over Hall, para saber a ciencia cierta la efectividad de la reparación y si el motor ha quedado en óptimas condiciones, iguales o mejores a las de fábrica, cada vez es utilizada más como una herramienta de mercadotecnia por los talleres de mecánica formales autorizados.
- Para testeos posteriores a tuning, ya sea con modificaciones mecánicas, aerodinámicas, modificaciones eléctricas o electrónicas o últimamente con simple programación – reprogramación de ECU

(Versión cada vez más utilizada) , modalidad con amplio auge por las exigencias de la vida moderna

- Dentro de los mantenimientos rutinarios de los motores, una vez transcurrida medio vida de los mismos, es decir de 100,000 a 200,000 Kms, para poder diagnosticar planes de mantenimiento correctivo mayor.

Se determinará por las fuerzas del libre mercado, un precio de venta del mencionado producto, el cual será considerado como ingreso en el presente proyecto y se supondrá penetraciones de mercado, ligeras por el momento de entre el 10 % al 20 %.

Se considerará una vida útil económica del proyecto de 10 años, sin valor de recupero o residual, considerado como una serie uniforme de ingresos y egresos y en cuanto a la tasa de interés, la consideraremos como la suma de tres factores:

$$I_{\text{total}} = I_{\text{riesgo país}} + I_{\text{riesgo negocio - persona}} + I_{\text{base}}$$

De donde:

$I_{\text{base}}$  = Tasa resultado de la interacción de la demanda y oferta monetaria en un determinado País, interacción entre la oferta monetaria dada por el sistema financiero encabezado por el Banco Central de Reserva de manera primaria y el sistema bancario de manera secundaria, « El modelo de curvas macroeconómicas IS-LM, está basado en los trabajos de John Nash además resume sus conceptos con las de los modelos clásicos en la costumbre de Alfred Marshall. Fue trabajado de manera inicial por John Hicks en 1937 y desarrollado y difundido de manera posterior por Alvin Hansen. Las curvas IS-LM constituyen el ejemplo máximo de la enseñanza de la teoría económica de los momentos de moda del pensamiento Liberal.» (MankinG, 2014) , en donde se deducen las siguientes fórmulas:

Curva L- M

$$.i = - M / ph + k / h Y , \text{ de donde :}$$

Curva I –S

$$Z = 1 / (1 - c) * ( A_0 - c * T - ( a, s ) * i . , \text{ de donde :}$$



Como medida práctica, se toma como la mejor expresión del valor de la tasa de interés sine de riesgo, como el interés que fija el rendimiento de los Bonos del Banco Central de Reserva de USA, a un plazo de 30 años, en este caso:

**Tabla 18.** *Tasas de Rendimiento de los Bonos de la Reserva Federal de USA*

**Tasas de curva de rendimiento del tesoro diario**

[Obtenga actualizaciones de este contenido.](#)

**XML** Estos datos también están disponibles en formato XML haciendo clic en el icono XML.

**XSD** El esquema para el XML está disponible en formato XSD haciendo clic en el icono XSD.

[Si tiene problemas para ver el XML anterior en su navegador, haga clic aquí.](#)

[Para acceder a los datos de tasas de interés en el formato XML heredado y el esquema XSD correspondiente, haga clic aquí.](#)

**Seleccionar tipo de datos de tasa de interés**  
Tasas de curva de rendimiento del tesorc

**Seleccionar periodo de**  
2020

Fecha	1 Mes	2 Meses	3 Meses	6 Meses	1 Año	2 Años	3 Años	5 Años	7 Años	10 Años	20 Años	30 Años
01/02/20	1,53	1,55	1,54	1,57	1,56	1,58	1,59	1,67	1,79	1,88	2,19	2,33
01/03/20	1,52	1,55	1,52	1,55	1,55	1,53	1,54	1,59	1,71	1,80	2,11	2,26
01/06/20	1,54	1,54	1,56	1,56	1,54	1,54	1,56	1,61	1,72	1,81	2,13	2,28
01/07/20	1,52	1,53	1,54	1,56	1,53	1,54	1,55	1,62	1,74	1,83	2,16	2,31
01/08/20	1,50	1,53	1,54	1,56	1,55	1,58	1,61	1,67	1,78	1,87	2,21	2,35
01/01/20	1,53	1,55	1,54	1,56	1,54	1,58	1,59	1,65	1,77	1,85	2,17	2,38
10/01/20	1,52	1,55	1,54	1,55	1,53	1,56	1,59	1,63	1,74	1,83	2,14	2,28
13/01/20	1,54	1,56	1,57	1,57	1,53	1,58	1,60	1,65	1,76	1,85	2,16	2,30
14/01/20	1,53	1,56	1,57	1,57	1,53	1,58	1,59	1,63	1,74	1,82	2,12	2,27
15/01/20	1,53	1,56	1,57	1,58	1,54	1,56	1,56	1,60	1,71	1,79	2,09	2,23
16/01/20	1,54	1,56	1,55	1,56	1,54	1,58	1,58	1,63	1,73	1,81	2,11	2,26
17/01/20	1,54	1,56	1,56	1,57	1,56	1,58	1,56	1,63	1,74	1,84	2,16	2,29
21/01/20	1,52	1,54	1,56	1,57	1,54	1,53	1,53	1,57	1,69	1,78	2,10	2,23
22/01/20	1,52	1,53	1,55	1,56	1,55	1,53	1,52	1,57	1,68	1,77	2,07	2,22
23/01/20	1,55	1,57	1,55	1,56	1,55	1,51	1,51	1,55	1,65	1,74	2,03	2,18

Fuente: Banco Central de Reserva de USA.

En donde podemos observar que, al mes de mayo del 2020, la tasa libre de riesgo es de 1.39 %. En lo relativo a la tasa de interés del Riesgo Negocio País, está basada en los informes de las calificadoras de riesgo, entre las principales agencias calificadoras de riesgo del mundo, tenemos a:

USA -Standard & Poor's

USA - Moody's - Moody's Investors Service

UK - Fitch - Fitch Ratings s

China - Dagong Global Credit Rating

Europa. Autoridad\_Europea\_de\_Valores\_y\_Mercados

**Tabla 19. Tasas de Interés Riesgo País**

Country	Moody's rating	Sovereign CDS	Adj. Default Spread	Equity Risk Premium	Country Risk Premium	Corporate Tax Rate
Abu Dhabi	Aa2	1.60%	0.74%	6.92%	0.91%	55.00%
Albania	B1	NA	6.68%	14.25%	8.24%	15.00%
Algeria	NR	NA	9.65%	17.91%	11.90%	26.00%
Andorra (Principality of)	Baa2	NA	2.82%	9.49%	3.48%	10.00%
Angola	B3	21.27%	9.65%	17.91%	11.90%	30.00%
Anguilla	NA	NA	16.30%	26.06%	20.05%	23.88%
Antigua & Barbuda	NA	NA	16.30%	26.06%	20.05%	23.88%
Argentina	Ca	NA	15.00%	24.52%	18.51%	30.00%
Armenia	Ba3	NA	5.34%	12.60%	6.59%	20.00%
Aruba	Baa1	NA	2.37%	8.93%	2.92%	25.00%
Australia	Aaa	0.60%	0.00%	6.01%	0.00%	30.00%
Austria	Aa1	0.36%	0.59%	6.74%	0.73%	25.00%
Azerbaijan	Ba2	NA	4.45%	11.51%	5.50%	20.00%

Fuente: JPMorgan- a través de Invenomica.

En donde podemos apreciar que la tasa de interés periódica, sin riesgo para el Perú, para el Mes de Mayo del 2020, es de:

- Calificación de Riesgo: A3
- Tasa Impositiva Corporativa: 29.50 %
- Tasa Riesgo País: 2.20 %

En cuanto a la tasa de interés riesgo negocio y riesgo sujeto de crédito:

**Tabla 20. Tasa de interés Riesgo Negocio**

Nombre de la industria	Número de empresas	Beta	Relación D / E	Tasa efectiva de impuestos	Beta no apalancada	Efectivo / valor de la empresa	Beta no apalancada corregida por efectivo	Rol Risk	Desviación estándar de patrimonio	Desviación estándar de ingreso operativo (últimos 10 años)	2015	2016	2017	2018	2019	Promedio (2015-20)
Publicidad	47	1.44	85.08%	4.33%	0.88	6.02%	0.93	0.6599	62.36%	14.61%	0.83	0.74	0.91	0.76	0.87	0.84
Aerospacial	77	1.23	29.28%	8.54%	1.04	3.40%	1.08	0.4819	38.74%	20.26%	1.06	1.20	0.94	0.99	1.06	1.04
Transporte aéreo	18 años	1.44	103.43%	18.47%	0.81	4.13%	0.84	0.4110	31.74%	61.12%	0.61	0.85	0.76	0.67	0.63	0.73
Vestr	31	1.06	41.77%	11.11%	0.80	3.16%	0.83	0.5031	51.10%	16.56%	0.86	0.88	0.71	0.85	0.76	0.82
Auto y camión	13	1.20	184.93%	5.93%	0.49	6.89%	0.53	0.5015	35.02%	88.39%	0.59	0.47	0.38	0.59	0.34	0.48
Autospartes	46	1.21	50.86%	7.23%	0.88	7.44%	0.89	0.5746	35.44%	44.06%	1.14	1.08	0.94	0.92	0.97	1.00
Banco (Centro de dinero)	77	1.00	177.75%	39.36%	0.43	23.33%	0.56	0.1740	17.74%	# Div / OI	0.34	0.47	0.41	0.32	0.43	0.42
Bancos (regionales)	611	0.57	63.92%	17.46%	0.39	10.69%	0.43	0.1582	18.26%	# Div / OI	0.37	0.36	0.36	0.39	0.40	0.39
Bebidas (alcohólicas)	21	1.13	31.28%	6.62%	0.91	0.72%	0.92	0.5528	42.46%	45.12%	0.89	0.82	0.71	1.12	1.05	0.92
Bebidas (suave)	94	1.22	19.24%	4.07%	1.07	2.34%	1.09	0.6678	37.08%	8.82%	0.98	0.99	0.76	0.63	1.04	0.92
Redistribución	27	1.21	98.65%	15.53%	0.70	4.83%	0.73	0.4813	32.63%	27.53%	0.83	0.75	0.70	0.65	0.51	0.70
Correos y Banca de inversión	39	1.46	268.39%	12.83%	0.48	14.58%	0.57	0.4401	17.36%	41.74%	0.41	0.46	0.42	0.54	0.46	0.48
Materiales de construcción	42	1.23	32.07%	16.26%	0.99	2.52%	1.02	0.3588	30.78%	58.02%	0.93	0.98	0.87	0.99	0.91	0.95
Servicios empresariales y de consumo	165	1.07	30.11%	8.12%	0.87	2.92%	0.89	0.5331	43.80%	25.86%	1.00	0.95	0.85	1.01	1.00	0.95
Televisión por cable	14	1.21	62.17%	14.55%	0.77	1.21%	0.78	0.3294	33.08%	81.15%	0.70	0.89	0.83	0.87	0.76	0.77
Químico (Básico)	43	1.37	61.09%	6.66%	0.94	5.60%	0.99	0.5305	51.96%	77.64%	1.05	0.81	0.68	0.96	1.12	0.89
Químico (diversificado)	6.6	1.85	78.66%	11.89%	1.17	4.06%	1.21	0.5056	35.92%	38.54%	0.99	1.27	1.22	1.79	1.49	1.33
Químico (Especialidad)	94	1.14	28.53%	11.01%	0.94	3.08%	0.96	0.4818	48.36%	25.22%	0.91	1.01	0.98	0.95	0.99	0.97
Textil y energía relacionada	22	1.40	79.69%	0.97%	0.87	16.88%	1.05	0.6910	34.73%	81.73%	0.83	0.89	0.61	1.04	0.87	0.81
Servicios informáticos	106	1.20	44.63%	8.52%	0.90	5.42%	0.95	0.3730	45.12%	30.42%	0.99	1.00	0.83	0.94	1.05	0.96
Computadores / Perifericos	46	1.75	15.48%	6.21%	1.57	4.51%	1.64	0.5348	50.43%	25.64%	1.17	1.22	0.84	0.93	1.30	1.23
Suministros de construcción	44	1.36	40.14%	15.82%	1.05	5.02%	1.10	0.3591	29.91%	34.01%	1.22	1.18	1.02	0.95	1.15	1.10
Diversificado	23	1.40	31.16%	6.68%	1.14	8.99%	1.25	0.4954	38.16%	23.75%	0.70	0.74	0.65	1.01	1.14	0.91
Drugs (biotecnología)	509	1.45	14.53%	6.91%	1.29	4.99%	1.39	0.5938	67.45%	30.15%	1.06	1.19	1.25	1.56	1.45	1.28
Drugs (farmacéuticas)	267	1.36	14.93%	1.36%	1.22	4.76%	1.29	0.6777	37.14%	6.09%	0.95	0.94	0.93	1.13	1.18	1.10
Educación	35	1.61	33.68%	6.56%	1.28	3.47%	1.36	0.6037	37.64%	27.60%	0.95	0.86	1.00	1.11	1.11	1.05
Equipo eléctrico	113	1.44	21.00%	3.94%	1.25	4.51%	1.31	0.6964	53.67%	37.24%	1.14	1.03	1.04	1.02	1.18	1.12
Electrónica (consumidor y offical)	20	1.28	20.7%	5.01%	1.10	11.27%	1.25	0.5460	42.17%	20.70%	1.38	1.16	0.97	1.08	1.22	1.18
Electrónica (general)	153	1.15	18.24%	6.63%	1.03	5.46%	1.07	0.5053	42.78%	27.82%	1.01	0.98	0.83	0.91	0.96	0.96
Ingeniería / Construcción	54	1.60	39.27%	9.44%	1.23	6.88%	1.33	0.5105	33.19%	14.79%	1.19	1.07	1.01	1.13	0.81	1.09
Biotecnología	107	1.33	20.07%	1.93%	1.16	3.57%	1.20	0.6845	35.57%	34.42%	0.99	0.98	0.97	0.96	1.21	1.05
Servicios ambientales y de residuos	61	1.27	31.89%	4.34%	1.02	2.23%	1.05	0.6241	44.34%	13.10%	0.94	0.82	0.65	0.70	0.96	0.83
Agricultura / Agropecuaria	31	0.89	62.39%	5.91%	0.83	3.88%	0.83	0.4966	46.88%	20.24%	0.88	0.77	0.62	0.96	0.90	0.81
Servicios financieros (No bancario yaseguro)	0.73	882.21%	14.42%	0.10	2.14%	0.10	0.2750	15.70%	51.97%	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	
Procesamiento de alimentos	88	0.88	37.38%	6.44%	0.68	1.89%	0.70	0.5094	31.53%	30.15%	0.82	0.74	0.63	0.56	0.61	0.68

Fuente: Superintendencia de banca y seguros del Perú.

En donde podemos apreciar que la tasa de interés para la actividad de Servicios de Mantenimiento automotriz, para el mes de mayo del 2020 es de: 0.91

% Con lo que el costo medio ponderado del Dinero (CAPEX), con el cual habrá que descontar los flujos de caja proyectados será:

Costo de la Deuda, se trabajará con la tasa anual efectiva de 15.62 % del Banco de Crédito del Perú

Costo del Capital Propio será dado por:

$$.i = \text{COK} = \beta^* ( R_m - R_f ) + R_f + R_{\text{pais}}$$

De donde:

Beta no apalancada = 0.91 %

$R_m = 8.63 \%$

$R_f = 1.39 \%$

$R_{\text{pais}} = 2.20 \%$

Con lo cual la beta apalancada seria de (Con una relación Deuda /Capital = 2) 2.19 y el cok de 19.45 %.

En cuanto al presupuesto de fabricación tendríamos:

**Tabla 21.** Presupuesto de fabricación de dinamómetro.

PRESUPUESTO DE FABRICACION DE DINAMOMETRO					
ITEM	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	P. UNITARIO	CANTD	P. PARCIAL	P. TOTAL
1	<b>MATERIALES</b>				
1.1.	Tubo de Acero A 36 de 3''* 3'' * 3 mms	65	20	1.300	
1.2	Tubo de Acero A 36 de 2''* 2'' * 2 mms	38	10	380	
1.3	Rodamiento tipo SKF 61814	150	10	1.500	
1.4	Grasa para Rodamiento SKF 61814 - 1 Kg	125	10	1.250	
1.5	Fibra de Vidrio de 0.125 mms Espesor , Resina S-2	170	80	13.600	
1.6	Chapa de Acero 2000 * 1500 * 2 mms	480	2	960	
1.7	Chapa de Acero 2000 * 1500 * 0,5 mms	145	10	1.450	
1.8	Chapa de Acero relieve tipo lagrima 2000 * 1500 * 2 mms	750	6	4.500	
1.9	Pliego de 1 m <sup>2</sup> Lija esmeril grano fino Tipo J- 73	35	2	70	
1.10	Tubo de acero estructural , conformado en frio Hueco 70 Φ 3 e	30	3	90	
1.11	Acoplamiento rigido cubo - arbol 70 mms auto centrante	210	4	840	
1.12	Freno de Corriente Dynamite Eddy Kit 110/220 V MK +Control	38.500	1	38.500	
1.13	Celula de Carga Siemens WL 250 ST - SSA	750	1	750	
1.14	Tacometro digital laser Portatil Dm236p	190	2	380	
1.15	Ventilador Axial HPMF M4	450	2	900	
1.16	Ventilador Centrifugo a media presion transmision MZ 35/14	1.500	1	1.500	
1.17	Eslingas , grilletes y calzos	400	1	400	
1.18	Rueda giratoria de acero con freno	45	8	360	
1.19	Rampla plegable de ancho mayor a 1 metro	800	2	1.600	
1.20	Sistema de control y adquisicion de datos	10.000	1	10.000	
1.21	Tronillera , herrajes y consumibles diversos	400	1	400	
<b>TOTAL MATERIALES</b>					<b>8 073.0</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
2.1	Servicio de Soldadura a Todo Costo	5.000	1	5.000	
2.2	Servicio de Caldereria , Armado y Montaje : Mecanico y Electrico	11.000	1	11.000	
2.3	Servicio de Supervision Mecanica y Electrica	5.000	1	5.000	
2.4	Suministro de Maquinarias y Equipos	5.000	1	5.000	
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>2 600.0</b>
<b>TOTAL DEL COSTO DIRECTO</b>					<b>10 673.0</b>
<b>GASTOS DE ADMINISTRACION</b>					<b>320.2</b>
<b>GASTOS DE VENTA Y MERCADOTECNICA</b>					<b>213.5</b>
<b>COSTO DE VENTA</b>					<b>11 206.7</b>
<b>IGV</b>					<b>2 017.2</b>
<b>PRECIO DE VENTA</b>					<b>13 223.8</b>

Fuente: autoría propia

Entonces la inversión de Capital seria de S. / 13 223.8 Soles, para los Ingresos operativos y capital de trabajo tendríamos que:

- Ingreso Promedio por servicio de Testeo de un Motor S. / 100.00 (De acuerdo a indagaciones de Mercado en Lambayeque y el Perú) y trabajaremos con un promedio de 300 Vehículos testeados al mes.
- Gastos fijos de Operación S. / 9,000 al Año.
- Gastos de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, un 5 % anual de la Inversión.

Se puede confeccionar un flujo de caja por el plazo de la vida útil económica del proyecto, que es de 10 años, sin valor de recupero y con la tasa de descuento igual al COK (Costo promedio ponderado de capital calculado), utilizando la hoja Excel 2016.

**Tabla 22.** *Flujo de caja a precio y costos incrementales – vida util de 10 años, precios privados*

FLUJO DE CAJA A PRECIOS Y COSTOS INCREMENTALES - VIDA UTIL DE 10 AÑOS , PRECIOS PRIVADOS											
DESCRIPCION/AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SALDO INICIAL	172.238	0	132.888	265.776	398.664	531.552	664.441	797.329	930.217	1.063.105	1.195.993
INGRESOS	0	270.000	270.000	270.000	270.000	270.000	270.000	270.000	270.000	270.000	270.000
IMPUESTOS		40.500	40.500	40.500	40.500	40.500	40.500	40.500	40.500	40.500	40.500
ING. NETOS		229.500	229.500	229.500	229.500	229.500	229.500	229.500	229.500	229.500	229.500
EGRESOS											
OPERATIVOS	132.238	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612
COMERCIALES	40.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
EGRESOS TOTALES	172.238	96.612	96.612	96.612	96.612	96.612	96.612	96.612	96.612	96.612	96.612
INGRESOS LIQUIDOS	-172.238	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888
SALDO FINAL	0	132.888	265.776	398.664	531.552	664.441	797.329	930.217	1.063.105	1.195.993	1.328.881

Fuente: autoría propia

Y Nos determina los siguientes valores de evaluación VAN y TIR

**Tabla 23.** *Determinacion del VAN Y TIR- Costo ponderadp del capital:19.45%*

PARA DETERMINACION DEL VAN Y EL TIR - COSTO PONDERADO DEL CAPITAL : 19.45 %										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	-172.238	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888	132.888
VALOR ACTUAL NETO	331.066										
TASA INTERNA RETORNO	77%										

Fuente: autoría propia

## V. DISCUSIÓN

El Parque vehicular, de América Latina en general y del Perú en especial, ha registrado un aumento en el parque automotor de 8.0% como base, en Bolivia el crecimiento fue de 6.5 %, en Ecuador de 8.,8 %; lo cual nos obliga, a poner cada vez mas empeño en la eficiencia energetica (De combustion , Termica , Mecanica ), de los Motores ciclo otto, tanto de los antiguos carburados , como los modernos de inyeccion por riel comun, tanto en su etapa de prediseño, diseño (Puntual y extendible a rangos), como en su etapa de operación, lo cual determina la necesidad de una permanente evaluación de éstos parámetros técnicos.

Debemos de tener en cuenta, que el avance de la tecnología, ha determinado, que la búsqueda de la eficiencia energética, ha hecho migrar la tecnología desde la combustión controlada por carburador y lógica mecánica (rígida y no inteligente), a la combustión por inyección en riel común, controlada por computadora (y por lo tanto flexible e inteligente), que permiten la variación de parámetros tales como Potencia, Torque, Fuerzas, Velocidad de rotación, duración e intensidad de la inyección, que pueden ser variados y éstas variaciones ser medidas y controladas, para valorar la eficacia de los cambios efectuados.

La necesidad de efectuar de manera cada vez más frecuente el testeo de la performance de Potencia y torque variable de un motor de combustión interna, ya sea para comprobar el resultado de una reparación mayor efectuada a un vehículo, overhaul ha obtenido el resultado de volver a sus condiciones iniciales al vehículo, se ha visto ampliada por la necesidades más modernas como verificar los parámetros después de haber efectuado una conversión de Gasolina a GLP o GNV, y más modernamente haber efectuado una reprogramación de motores para remapear sus curvas de funcionamiento, para lo cual se plantean la utilización de Banco de dinamómetro, con principios de funcionamiento Mecánico, Hidráulico, Eléctrico entre otros, que consiste en uno o dos tambores sobre los cuales giran, los neumáticos, estos tambores van sujetos a un eje hueco, que es el encargado de la trasmisión de potencia y torque, va apoyado en rodamientos tipo SKF y acciona bajo un mecanismo de trasmisión de potencia y torque ( Polea – faja o Catalina – Cadena ).

El eje responde a su diseño por criterio de sumatoria vectorial de esfuerzos de tensión, aplastamiento y retorsión, mediante la teoría de vigas hiperestáticas – Energía acumulada de Von Mises, Circulo de Mohr entre otros, y al análisis de cargas variables o de fatiga, en donde los esfuerzos se representan por un número de ciclos de variación, que pueden soportar un eje de transmisión y los factores que aumentan los esfuerzos, tales como acabado superficial, cambios de diámetro, tamaño entre otros, que al final terminan aumentando los esfuerzos.

También se trabaja la idea , que este testeo, debe formar parte de la revisión técnica normal y rutinaria que todo vehículo de servicio privado, como público debe tener de manera periódica, pues es tan importante el control de la seguridad de tránsito, el control del medio ambiente – gases de efecto invernadero, como la eficiencia energética, que ayuda a la economía del propietario del vehículo, pero también a combatir contra la balanza comercial negativa de hidrocarburos del Perú en estos últimos años, el cenit del petróleo – este último fenómeno mundial, por lo que la prueba se debe realizar con el motor sin desmontar (asumiendo pérdidas mecánicas en la transmisión y embrague, para lo cual se debe diseñar e implementar un mecanismo de soporte y fijación del vehículo a la hora de efectuar las mediciones a nivel de los neumáticos y ejes de tracción ,esta estructura de soporte estará conformada por perfiles laminares en T o Cuadrados , debidamente electro soldados, con sus operaciones de esmerilado y control de calidad, con ensayos no destructivos, tales como rayos x, Líquidos penetrantes, pruebas de ultrasonido entre otras, para luego aplicar el respectivo tratamiento contra la oxidación – corrosión, con capas de pintura anti oxidante y ánodos de sacrificio de ser el caso necesario.

Al final el nuevo diseño y fabricación debe pasar la puerta de la viabilidad económica financiera, en donde debemos primero determinar la tasa de descuento, o tasa de costo ponderado de capital, relacionada a la composición Deuda – Capital, de la inversión, el costo de la deuda que se obtiene de una tasa obtenida en el estudio de mercado, y del costo de oportunidad del capital, basado en la tasa de interés básica por acción de la oferta y demanda ( Curvas LM – IS ), costo riesgo país de acuerdo a la clasificación de riesgo, y costo del negocio de datos estadísticos de preferencia de origen Peruano.

Felizmente en los últimos años, el riesgo país del Perú, ha disminuido por el manejo serio y responsable de las finanzas públicas, que ha determinado sucesivos años con superávit fiscal, Balanzas comerciales positivas, y RIN (Reservas internacionales Netas, crecientes), en cuanto a la tasa de interés neta, las políticas expansivas de la reserva federal USA, han determinado un exceso de la oferta por dinero sobre las demandas por dinero y tasas de interés – Precio del Dinero, bajas.

El Riesgo negocios, también lo moderamos con ratios financieros Deuda / Capital, bajos lo cual también determina tasas de interés por riesgo negocio bajas, se ha efectuado también una amplia investigación de mercado, para obtener las mejores condiciones para un préstamo, tanto en tasa de interés anual efectiva, plazo y garantías y demás requisitos establecidos.

Luego se trabaja con un presupuesto, que incluye materia prima, mano de obra competente y no competente, gastos generales administrativos, gastos de venta y mercadotecnia entre otros, con un horizonte de vida útil de 10 años, sin valor de recupero, obteniéndose VAN de S/ 331,06 y una TIR de 77 %, con lo cual se demuestra la viabilidad del proyecto.



## VI. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones, que podemos deducir del presente trabajo son:

- Con respecto al Primero objetivo , cada vez son más los motivos y usos de los testeos de cada curva de potencias y torques del motor y combustión interna , tanto después de una reparación mayor, cambio de combustible o tuning, que necesita este tipo de testeo y por lo tanto cada vez es más necesario el uso de los dinámetros, estos dinamómetros pueden ser mecánicos, eléctricos, hidráulicos, con los mismos principios es decir los neumáticos del vehículo accionan tambores que por ejes motrices reciben el torque de resistencia y permiten generar un contra torque que es medible y se utiliza para el control.
- Con respecto al segundo objetivo el diseño básicamente consiste en el diseño del eje motriz, tanto por esfuerzo de tensión, compresión, flexión, torsión, para llegar por la ley de Morh a un esfuerzo total combinado, y luego someterlo al análisis de esfuerzos variables de fatiga, con un esfuerzo básico, sometido a factores de concentración de esfuerzos, por tamaño, cambio de diámetro , acabado superficial entre otros , también se selecciona el tipo de rodaje, el tipo de freno y los bastidores de soporte y chasis de la máquina.
- Con respecto al tercer objetivo, se trata de elaborar el presupuesto de fabricación y montaje a todo costo, es decir que incluya materiales, mano de obra y gastos comerciales, elaborar un flujo de caja de ingresos y egresos incrementales al proyecto y por último en base a un tasa de descuento calculada en base al costo del préstamo más óptimo a obtener, la composición deuda – capital , el costo de oportunidad del capital, costo de interés base – por oferta y demanda, costo de riesgo país de acuerdo a agencias calificadoras de riesgo y por ultimo tasa de interés riesgo negocio, con lo cual se pueden elaborar los correspondientes flujos de caja y determinar en un periodo de 10 años, sin valor de recupero, y determinar los correspondientes criterios de evaluación TIR y VAN y poder determinar en base a ellos la viabilidad de la inversión.

## VII. RECOMENDACIONES

Entre las principales recomendaciones podemos anotar:

- En relativo al primer objetivo, el tener un Dinamómetro permitirá tener una política de optimización y función de motor y combustibles internas en cuanto a potencia, torque, consumo específico y emisiones de gases efecto invernadero para cada situación o coyuntura de trabajo, es decir cambiar los parámetros del motor de acuerdo al uso que vaya a tener y contribuir en la lucha de la mejora de la eficacia energética y reducción del gas por causa del invernadero.
- En cuanto a la fabricación y montaje de los dinamómetros, estos deben ser diseñados en consideración a las resistencias a las roturas y fatiga del árbol de transmisión, el sello en sí, que puede ser mecánico, eléctrico, hidráulico dentro de un rango de potencia abierto por un lado y limitado por su valor máximo, y con consideraciones de resistencia a la fatiga, puede ser fabricado incluso en talleres de las universidades locales.
- La idea o plan de negocio que se puede montar en base a este Dinamómetro, es muy amplia por las enormes expectativas de negocio que trae y negocio con un alto contenido social, se pueden seguir trabajos de investigación posteriores, para diseños del mecanismo de freno en sí, para implementar un negocio en sí y otras actividades correspondientes.

## VIII. REFERENCIAS

- AbdelA, & HamidY. (2017). *Experimental determination of dynamic forces during transient orthogonal cutting* . London: MTP.
- Aganamarca Castillo, E. R., & Arequipa Iza, D. R. (2014). *Análisis del Rendimiento de un Motor de Combustión Interna Con Biogas y Aplicación para la Generación de Energía Eléctrica*. Ecuador.
- AkinolaA, GhamiyuA, & AbubakarM. (2017). *Eco Marathon car drivong pattern and miles per gallon* . London: University College London.
- AstakhovV. (2019). *A treatise on material caracterizacion in the metal cutting process* . New York: Journal of Materilas Processing Technology.
- BasshuysenR. (2016). *Internal Combustion Engine Handbook Basics Components system and prespectives international*. New York: SAE.
- BeerF, & JohnstonR. (2016). *Mecánica de Materiales* . Mexico: Mc Graw Hill.
- BlancoF, & CarrilloV. (2018). *Modelado y simulación de un sistema de enfriamiento para mantener la temperatura de trabajo de un Dinamómetro Hidráulico*. Mexico: Limusa.
- Budynas, R., Nisbett, J., & Ríos Sánchez, M. Á. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (Octava ed.). D.F., Mexico: McGraw-Hill.
- CagatayK, GozukucukM, & TekeA. (2018). *A Comprehensive overview of hybrid electric vehicle , powertrain configurations , powertrain control techniques and electronic*. New York: IEEE.
- CanizalesJ, & ZapataJ. (2017). *Diseño y Modelado de un dinamómetro Hidráulico para pruebas de Motores* . Pereira: UTP.
- Castillo, J., Rojas, V., & Martínez, J. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Revista Politécnica*.
- CerettiP, FalbohmerW, & WuA. (2017). *Application of 2D FEM to chip formation in orthogonal cutting*. New York: Mc Graw Hill.
- ChouC. (2018). *Accurate Reduction of Combustion Chemistry Mechanisms using a multi - zone Model* . SEUL: CNL.

- Coba Guanochanga, C. A., & Tenorio Chago, C. M. (2019). *Diseño E Implementacion de un Sistema de Monitoreo, para el analisis dinamico de un motor electrico asincrono Trifasico*. Latacunga - Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Comunidad Andina. (2018). *Parque Vehicular en la Comunidad Andina 2017 - 2018*. Lima: UNI.
- El Comercio. (23 de Febrero de 2018). Conoce cómo le va al mercado automotor en el Perú. *EL COMERCIO*.
- EyidoganF, O. (2018). *Impact of alcohol - gasoline fuel blends on the performance amd combustion characteristics of an SI engine Fuel* . Estmabul: ANK.
- GaponvV, GurinovS, & DudnikV. (2012). *Change in torque on rotating shafts* . Ucrania: DSU.
- GasteloJ. (2017). *Estudio Comparativo de Potencia , Torque y Emisiones contaminantes en un motor de combustion interna de encendido provocado*. Mexico: UNAM.
- GiacosaD. (2014). *Motores Endotermicos* . Madrid: Cientifica - Medica.
- HakanZ, & AsherG. (2019). *Experimental Dynamometer Emulation of Nonlinear Mechanical Loads*. New York: IEEE.
- HesilerH. (2018). *Advanced Engine Tecnology International* . Miami: SAE.
- HochgrafG, RyanM, & WiegmanH. (2016). *Engine Control Strategy for a Series Hybrid Electric Vehicle Incorporating load leveling*. New York: SAE.
- JuvinalR. (2017). *Fundamentos de Diseño para Ingenieria Mecanica* . Madrid: LIMUSA.
- Laura Telechana, E. D., & Ronquillo Pinto, C. (2019). *Diseño e Implementacion de un Modulo Didactico Para la Medicion de Torque Rotacional en Motores Electricos De Potencia Fracciona*. Latacunga - Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- LeighJ. (2015). *Applied Digital COntrl*. New Jersey: Prentice Hall.
- LiaoG, WeberT, & PfaffD. (2016). *Modelling and analysis of powertrain hybridization on all whell drive sport utility vehicles*. Londres: ECM.
- MankinG. (2014). *Macroeconomia*. New York: ANTONI BOSCH ISBN 9788485855988.
- ManzinFi. (2016). *Inserting renewable fuels and technologies for transport in Mexico City Metropolitan Area*. Mexico: International Journal of Hydrogen Energy.
- ManziniF. (2016). *Inserting renewable fuels and technologies for transport in Mexico City Metropolitan Ares*. Mexico: IJHE.

- MarinD. (2018). *Caracterizacion de las Curvas de Presion , par y Potencia de un motor de combustion intentra Mono Cilindro bajo diferentes regimes de Carga*. Barcelona: Mac Graw Hill.
- MartyrM, & PlintM. (2018). *Engine Testing :Theory and Practice* . New York: Elsvier.
- MendezO. (2018). *Diseño y Construcccion de un Medidor de Torque Portatil para un motor de encendido por chispa de mediana Cilindrada* . Lima: UNI.
- MontufarP. (2017). *Caracterizacion del Modelo Termodinamico Otto y CIMA para la prediccion de potencia , Torque y Consumo de un Motor de Combustion interna SI , con el dinamometro automotriz para evaluar la precision de los resultados* . Riobamba: ecu.
- MuñozM. (2011). *Motores de Combustion Interna Alternativos*. Mexico: UNAM.
- National Instruments. (2018). *Adquisicion de Datos*. Bogota: Limusa.
- NgiaL, & LeL. (2018). *Experienced sample of contacless torque sensor moments on rotating shaft , Mechanics of Machines*. New York: Mc Graw Hill.
- ObertE. (2016). *Motores de Combustion Interna* . Mexico: Continental SA.
- OliverosJ. (2012). *Validacion del Modelo de Estimacion del Desempeño en Motores de Combustion Interna* . Monterrey: UPM.
- PerchinL. (2018). *Diseño Mecanico de un Banco de Potencia para la Prueba del Prototipo de la Shell Eco Marathon*. Madrid: Limusa.
- Quispe Bellota, R., & Valer Romero, J. I. (2018). *Diseño Y Construcccion de un Medidor de Torque PortatiñL Para un Motor Encemdido Por Chispa de Mediana Cilindrada*. Cusco - Perú: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- RomeroC, & CarranzaY. (2017). *Elementos de Diseño de Sistemas de Enfriamiento de motores de combustion Interna* . Pereira: UTP.
- RomeroC, HernaoJ, JaramilloM, & CastroM. (2016). *Diseño y Construcccion de un Banco de pruebas de motores para ensayos de investigacion formativa*. Madrid: LIMUSA.
- SAE J1349. (2018). *Engine Power Test Code Spark Ignition and compression Ignitio Net power rating*. New York.
- Sánchez Caisachana, M. R. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MEDIDOR HIDRÁULICO DE TORQUE*. Ecuador: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.
- SandholdtP, & RitchieB. (2016). *A dynamometer performing dynamical emulation of loads with nonlinear friction* . New York: IEEE.

- SedatK. (2017). *Design criteria for electro mechanical transducers and arrangement for measurement of strains due to metal cutting forces acting on dynamometers*. New York: Mc Graw Hill.
- ShigleyJ. (2016). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. Mexico: Mc Graw Hill.
- ShipL. (2017). *Analysis of cutting under different rake angles using the finite element method*. London: Elsevier.
- VanyeyevM, & MiroshnichenkoD. (2019). *Data Measuring System for Torque Measurement on Running Shafts Based on a Non Contact Torsional Dynamometer*. Moscu: MIR.
- VargasA. (2017). *Montaje de Maquinaria Industrial , Tomo I*. Mexico: Series VZ.
- YunjungQ, & JunhongP. (2017). *Estimation of CO2 reduction by parallel hardtype power hybridization for gasoline and diesel vehicles*. Tokio: HIRO.

## Anexos

