



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

**“Diseño de un banco de pruebas de amortiguadores MacPherson  
para determinar su capacidad de amortiguamiento”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Br. Carrasco Núñez, José Leodán (ORCID: 0000-0002-6843-8143)

**ASESOR:**

Msc. Celada Padilla, James Skinner (ORCID: 0000-0002-5901-2669)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

CHICLAYO – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis profesores y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido realizar esta tesis. A todos aquellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todo ellos dedico esta dedicatoria.

**José Leodán Carrasco Núñez**

## **Agradecimiento**

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

**José Leodán Carrasco Núñez**

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN. ....	1
II. MÉTODO .....	21
2.1. Diseño de Investigación. ....	21
2.2. Variables, Operacionalización. ....	21
2.3. Población y Muestra. ....	23
2.4. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos .....	23
2.5. Métodos de Análisis de Datos. ....	24
2.6. Aspectos Éticos. ....	24
III. RESULTADOS .....	25
3.1. Cuantificar los diversos tipos de amortiguadores Macpherson que ingresan a la empresa interamericana .....	25
3.2. Calcular los componentes electromecánicos del banco de pruebas para amortiguadores Macpherson .....	31
3.3. Elaborar un protocolo de pruebas de amortiguadores Macpherson. ....	89
3.4. Realizar la evaluación económica, con criterios VAN y TIR.....	92
IV. DISCUSIÓN.....	95
V. CONCLUSIONES. ....	96
VI. RECOMENDACIONES.....	97

REFERENCIAS.....	98
ANEXOS .....	99

## Índice de tablas

Tabla 1. Venta de vehículos el año.....	2
Tabla 2. Índice Automotriz según categoría del automóvil, 1998-2012 .....	3
Tabla 3 . Parque automotor nivel nacional departamento. ....	4
Tabla 4. Muestras y Observaciones .....	21
Tabla 5.- Operacionalización de Variables.....	22
Tabla 6.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
Tabla 7.- Diagramas de poleas .....	32
Tabla 8.- Tabla De Resultados. Fuente: Propia. ....	86
Tabla 9.- Presupuesto de fabricación instalación de un banco para pruebas de amortiguadores McPherson. ....	92
Tabla 10.- Flujo de caja .....	93
Tabla 11.- Tir y Van .....	93

## Índice de figuras

Figura 1.- Índice de motorización.....	2
Figura 2.- Fase del proceso del diseño. ....	9
Figura 3.- Tipo de amortiguadores. ....	11
Figura 4.- Amortiguador de fricción. Fuente:.....	11
Figura 5.- Amortiguadores monotubo y bitubo Fuente: .....	12
Figura 6.- Clasificación de amortiguadores por el tipo de carga. Fuente:.....	12
Figura 7.- Suspensión MacPherson .....	13
Figura 8.- Esquema De Suspensión Macpherson .....	13
Figura 9.- Despiece de suspensión MacPherson. ....	14
Figura 10.- Ángulos de caída y avance.....	14
Figura 11.- Paralelos Deformables. ....	15
Figura 12.- Suspensión Multibrazo. ....	16
Figura 13.- Esquema de suspensión pasiva. ....	16
Figura 14.- Esquema de suspensión semi activa. ....	17
Figura 15.- Esquema De Suspensión Hidro Neumática. ....	18
Figura 16.- Esquema de suspensión activa.....	18
Figura 17.- Diagrama de poleas.....	32
Figura 18.- Diagrama de cuerpo libre del eje motriz.....	33
Figura 19.- Esquema paramétrico.....	85
Figura 20.- Esquema paramétrico de La suspensión. ....	86
Figura 21.- Rotación plano vertical. ....	87
Figura 22.- Fuerza normal Vs deformación relativa.....	87
Figura 23.- Angulo de cabeceo Vs Aceleración lateral. ....	88
Figura 24.- Modelo de suspensión de un cuarto de vehículo. ....	89
Figura 25.- Modelo de suspensión en la parte central del automóvil .....	90

## RESUMEN

La presente investigación está enmarcada dentro del desarrollo tecnológico automotriz, el cual tiene como objeto de estudio mejorar el confort el momento de utilizar una unidad vehicular.

La investigación se inicia con la cuantificación de los diversos tipos de amortiguadores Macpherson que ingresan al taller de Interamericana para realizar trabajos de reparación y/o mantenimiento, registrando cada uno de ellos por tipo y marca, entre los años 2015 y 2018. Luego se realiza el análisis y los cálculos de los elementos electromecánicos que componen un banco de pruebas a fin de realizar las pruebas de los amortiguadores, de acuerdo a las leyes de la mecánica, ley de elasticidad de los cuerpos, así como también a lo que establecen los fabricantes en sus especificaciones técnicas.

Se plantea protocolos de pruebas a realizar, se determina la operatividad de los amortiguadores, y que sirve para la toma de decisiones en cuanto a su mantenimiento o reemplazo.

Finalmente se hizo el análisis económico, utilizando indicadores tales como VAN TIR y relación beneficio costo, determinando que es factible la adquisición y puesta en operación de dicho banco de prueba de los amortiguadores Macpherson

**Palabras clave:** Amortiguador, Capacidad de amortiguamiento, Elasticidad de los cuerpos.



## ABSTRACT

The present investigation, it is framed within the automotive technological development, which has the object of study to improve comfort when using a vehicular unit.

The investigation begins with the quantification of the various types of Macpherson cushions that enter the Inter-American workshop to carry out repair and / or maintenance work, each registering by type and brand, between the years 2015 and 2018. Then it is carried out the analysis and calculations of the electromechanical elements that make up a test bench in order to carry out the tests of the shock absorbers, according to the laws of mechanics, specifically the law of elasticity of bodies, as well as what they establish manufacturers in their technical specifications.

Likewise, a test protocol is proposed to be carried out with the test bench, in which it determines the operativity of the shock absorbers, and which is used to make decisions regarding their maintenance or replacement.

Finally, the economic analysis was made, using indicators such as VAN TIR and cost benefit ratio, determining that it is feasible to acquire and start up the said test bench for Macpherson shock absorbers.

**Keywords:** Shock absorber, Damping capacity, Elasticity of the bodies

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad problemática**

### **1.1.1 A Nivel Internacional**

“Muchos sistemas de suspensión han ido evolucionando con el transcurrir de los años, mejorando enormemente a través del sistema adaptativo y sistema controlado por balance, han empezado a ocupar notoriedad, el sistema de suspensión magnética es conocida en el mercado automotor”. El presente sistema consiste en amortiguador lleno de fluido, cuando se somete un peso magnético cambia la densidad, varia la actuación del amortiguador. (Central Recambio Original, 2017).

“El parque automotor en el mundo sigue creciendo día a día, desde sus inicios en el siglo XVIII, siendo Estado Unidos el país que lideró la fabricación de vehículos sin embargo a fines del primer periodo del siglo XXI. El más grande de así logra liderar ensamblando 13.7 millones de la cantidad automotriz” (EFIEMPRESA, 2018)

“El 2016 es el año que más vehículos ingresaron al parque automotor, 94 millones de vehículos, siendo esto una cifra récord de ventas, China sigue consolidándose como el país donde más vehículos ingresan al mercado automotor con 28 millones de unidades, teniendo un índice de motorización el país (IDM) de 20,3 automóviles en alrededor de mil pobladores” (INDICE DE MOTORIZACIÓN, 2016)

“En Latinoamérica México ocupa el primer lugar en introducir vehículos ya que el 2016 ingresaron a formar parte del parque automotor mexicano 5,4 millones de vehículos, teniendo un índice de motorización del país (IDM) de 9,6. Automóviles en cada mil pobladores” (INDICE DE MOTORIZACIÓN, 2016)

Tabla 1. Venta de vehículos el año

Pais / Region	Vehículos Nuevos 2016	VAR % 2016/2015	Índice de Motorización 2016
China	28.030.000	14,0%	20,3
Eu-28	17.536.560	7,2%	34,4
USA	17.997.903	0,6%	55,5
Latinoamérica	5.418.145	-4,0%	9,6
Japón	4.970.258	-1,5%	39,3
Corea del sur	1.825.433	-0,4%	36,1
Brasil	2.050.321	-20,2%	9,8
México	1.614.027	19,4%	12,5
Argentina	703.776	9,3%	16,1
Chile	327.852	10,1%	18,1
Colombia	253.698	-10,5%	5,2
Perú	170.020	-1,4%	5,4
Ecuador	63.555	-21,8%	3,9
Panamá	66.700	3,0%	16,7
Uruguay	47.129	-7,3%	13,7
Costa Rica	56.131	18,8%	11,6
Paraguay	20.660	-27,1%	3,1
Venezuela	3.008	-82,9%	0,1
Rep.Dom.	28.000	9,9%	2,6
Honduras	13.268	7,8%	1,6
<b>TOTAL MUNDO</b>	<b>93.982.526</b>	<b>4,8%</b>	<b>12,8</b>
<b>LATINOAMERICA</b>	<b>5.418.145</b>	<b>-4,0%</b>	<b>9,6</b>

Fuente: Asociación Colombiana de Automóviles Automotrices.

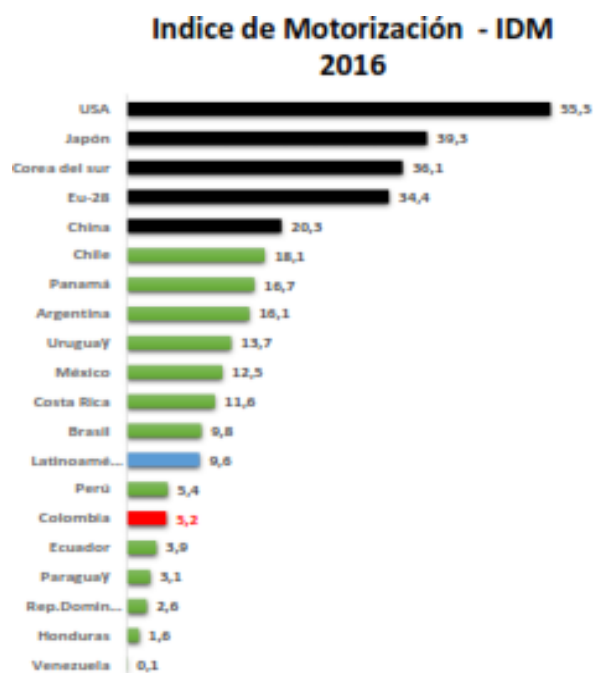


Figura 1.- Índice de motorización.

Fuente: Asociación Colombiana de Automóviles Automotrices.

### 1.1.2. A Nivel Nacional:

“En el Perú el parque automotor empezó un constante crecimiento desde 616 578 vehículos en 1988 hasta 2 999 223 el año 2012, según el Instituto Nacional de Estadística, si bien es cierto el transporte beneficia en diversos aspectos al Perú, pero también trae como consecuencia el incremento de la contaminación” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones)

**Tabla 2. Índice Automotriz según categoría del automóvil, 1998-2012**

Año	Total	Auto-móvil	Station wagon	Camio-neta Pick up	Camio-neta rural	Camio-neta panel	Omnibus	Camión	Remol-cador	Remolque y semi-rremolque
1988	616 575	332 155	44 643	100 002	30 947	5 595	20 613	65 250	4 993	5 047
1989	612 249	325 635	44 152	100 355	30 964	5 725	20 612	67 566	5 035	5 165
1990	605 550	324 440	43 715	99 733	30 702	5 564	20 605	66 567	5 035	5 155
1991	623 947	333 730	45 331	102 523	33 524	5 751	21 239	66 612	5 472	5 465
1992	672 957	352 912	49 439	106 672	47 111	9 153	27 270	67 645	5 902	5 520
1993	707 437	367 461	51 157	111 001	55 595	9 516	30 625	65 357	6 414	7 251
1994	760 510	359 439	54 732	117 515	67 060	10 175	35 124	71 312	7 359	5 091
1995	852 559	441 005	64 761	126 102	51 544	10 575	41 003	79 045	8 950	9 002
1996	936 501	453 413	73 629	133 704	55 253	11 179	43 154	83 084	9 935	10 119
1997	955 746	512 569	52 956	137 165	59 940	12 147	43 506	85 569	10 452	10 542
1998	1 055 745	544 421	101 513	140 917	95 504	15 094	43 365	91 360	11 423	11 527
1999	1 114 191	565 521	115 712	142 519	101 342	15 040	44 192	97 259	12 630	13 375
2000	1 162 559	550 710	136 221	143 571	105 154	19 495	44 520	100 545	13 790	14 920
2001 a/	1 209 006	597 306	153 304	144 353	115 002	20 405	44 752	102 901	14 565	15 415
2002 b/	1 342 173	650 775	153 441	155 731	127 955	24 995	49 011	112 454	15 151	19 625
2003	1 461 575	695 362	211 205	170 106	135 330	27 321	51 939	122 133	20 371	25 111
2004	1 507 263	709 065	227 001	174 395	143 959	29 309	52 647	123 501	20 945	26 105
2005	1 613 694	747 731	245 315	155 142	156 030	31 547	55 655	133 021	21 669	31 251
2006	1 675 694	767 275	262 602	194 912	167 595	33 522	56 574	136 614	22 510	32 590
2007	1 766 175	794 550	250 305	206 323	154 972	36 012	55 662	143 569	25 544	35 935
2008	1 904 719	845 535	295 240	222 451	213 715	39 573	61 149	155 182	30 434	41 404
2009	2 030 320	890 075	313 060	235 905	241 225	42 034	64 015	166 461	32 611	44 925
2010	2 153 275	947 146	325 675	254 823	275 456	44 577	65 095	179 740	35 492	45 543
2011	2 616 637	1 111 911	353 511	306 991	354 743	51 561	52 747	220 517	44 325	59 731
2012	2 999 223	1 265 049	423 230	349 732	432 975	57 605	53 560	252 493	52 335	65 937

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

“Lima es el departamento que acoge el más alto índice automotriz, con un 65% en total de vehículos que circulan, Amazonas el departamento con menor número de vehículos con un 0,11% del parque automotor, el departamento de Lambayeque representa el 2,52%” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones)

**Tabla 3 . Parque automotor nivel nacional departamento.**

Departamento	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Total	1 361 403	1 440 017	1 473 530	1 534 303	1 640 970	1 732 834	1 849 690	1 979 865	2 137 837
Amazonas	1 975	2 020	2 103	2 168	2 218	2 292	2 390	2 407	2 400
Áncash	19 293	19 382	19 757	20 354	21 001	21 309	22 086	23 322	25 418
Apurímac	3 730	3 816	3 879	3 916	3 934	3 973	3 969	3 966	4 039
Arequipa	78 858	79 544	81 293	84 829	91 674	98 270	106 521	118 985	134 533
Ayacucho	3 882	3 919	3 969	4 153	5 404	5 572	5 716	5 784	5 941
Cajamarca	8 882	9 501	10 256	11 255	12 383	13 563	15 107	17 320	19 673
Cusco	35 342	35 705	36 204	37 592	39 688	42 175	45 090	48 491	53 675
Huancavelica	1 043	1 061	1 080	1 103	1 216	1 291	1 319	1 317	1 323
Huánuco	10 968	10 886	10 836	10 892	11 255	11 382	11 864	12 576	13 476
Ica	22 692	22 753	22 834	23 170	25 498	25 691	26 135	26 419	26 551
Junín	43 468	43 648	44 454	46 091	47 769	49 404	51 094	53 118	56 237
La Libertad	97 590	153 777	152 847	153 251	155 411	156 646	158 672	162 026	167 325
Lambayeque	37 967	38 263	38 744	39 930	41 920	43 689	45 881	49 440	53 902
Lima 1/	866 881	885 636	912 763	957 368	1 036 850	1 106 444	1 195 353	1 287 454	1 395 576
Loreto	5 336	5 286	5 215	5 154	5 132	5 089	5 089	5 211	5 313
Madre de Dios	823	819	827	870	913	941	986	1 027	1 062
Moquegua	9 417	9 622	10 394	11 418	12 202	12 692	13 348	14 003	14 608
Pasco	4 772	5 232	5 514	6 075	6 807	7 187	7 351	7 292	7 238
Piura	31 731	31 734	31 828	32 314	33 497	34 650	36 367	39 099	42 404
Puno	25 642	25 874	26 452	28 062	29 889	31 645	34 169	37 074	40 543
San Martín	10 277	10 156	10 033	9 969	9 917	9 977	10 151	10 418	10 926
Tacna	30 549	31 119	32 011	33 944	35 911	38 457	40 465	42 318	44 430
Tumbes	2 958	3 009	3 025	3 042	3 040	3 054	3 086	3 119	3 257
Ucayali	7 327	7 255	7 212	7 383	7 441	7 441	7 481	7 679	7 987

Fuente: MTC

Los servicios en mantenimiento que se ofertan vienen creciendo siendo el sistema de suspensión uno de los sistemas que está en constante mantenimiento debido al mal estado de las calles.

### **1.1.3. A Nivel Local:**

La empresa Interamericana es concesionario de las marcas MITSUBISHI, KIA y NISSAN, VOLKSWAGEN, CHERY, cuenta con un taller de mantenimiento donde se realizan distintos mantenimientos a los vehículos que cuentan con garantía como parte del servicio post venta que ofrecen y a aquellos vehículos que ya no cuentan con garantía pero que sin embargo el cliente decide que se le siga brindando dicho servicio, actualmente el taller de servicios tiene una frecuencia de atención de 25 vehículos por día a los son diversas actividades realizadas.

La revisión del sistema de suspensión actualmente se realiza a través de la inspección visual del sistema, lo que conlleva que las fallas sean detectadas cuando el amortiguador presente fugas de fluido o cuando haya rotura de la bocina de la base del amortiguador, en estos casos se procede al reemplazo del mismo, sin embargo no se realiza ninguna prueba para determinar el estado de operatividad del amortiguador, por esta razón se plantea como investigación de los amortiguadores cuyo objetivo es verificar su operatividad en cualquier momento mejorando el servicio brindado al cliente.

## **1.2. Trabajos Previos**

Según (Romero) Afirma. que los "Diseños y construcciones de prototipos en amortiguadores para automóviles de la Sociedad de Ingenieros Automotores año 2017".

El constante crecimiento automotriz según la sociedad de ingenieros automotores.

La presente investigación está relacionada con el diseño, construcción del prototipo para amortiguadores, que permitan su adaptación a los requerimientos del automóvil según la sociedad de ingenieros automotores. Partiendo del rendimiento, durabilidad, desempeño.

Primeramente, realizaremos un estudio de funcionabilidad en diferentes dispositivos de amortiguación existentes.

Después definiremos su característica, definición según curvas y características: "Fuerzas vs Velocidades". El presente calculo estará referenciado según la curva y característica que muestre el amortiguador. En relación a las variedades de la calzada, desplazamiento, conducción del automóvil. Una vez determinado el peso que estarán sometidos los amortiguadores determinaremos cada una de la carga que genere el dispositivo de

amortiguación, según dimensiones y las características que se verifiquen las resistencias mecánicas de las piezas del amortiguador. Terminado

procederemos su construcción, ensambladura, pruebas al mecanismo amortiguador.

“DISEÑOS, CONSTRUCCIONES DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA AMORTIGUADORES EN AUTOMOVILES LIVIANOS IMPLEMENTADOS EN LOS TALLERES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”.

La investigación buscar primordialmente solucionar la problemática en los dispositivos de amortiguación, cuando el análisis es incorrecto permite la pérdida de durabilidad del amortiguador. Después del estudio para la mejora correspondiente, es primordial diseñar un banco de pruebas, en el Perú es escaso contar con un probador de amortiguadores, la investigación permite iniciar el estudio de la tesis. Empleamos distintos prototipos permitiendo escoger el más adecuado a lo investigado, el presente prototipo estará compuesto mediante un motor eléctrico monofásico a conexión de 110V, una excéntrica simuladora de oscilaciones del trabajo del amortiguador, un sistema para desmultiplicar los rpm inversos al torque. (Tixi Gusqui, 2015)

### **ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA PLACA DE FIJACIÓN ENTRE LA CARROCERÍA Y LA SUSPENSIÓN PARA EL CASO TODOTERRENO.**

“El presente trabajo consiste en obtener y entender el comportamiento de la placa e fijación ante condiciones de todo terreno. Para lograr esto se realiza un análisis en Matlab Simulan de la suspensión pasiva típica para un automóvil, un análisis de frecuencias en vibración libre, un análisis dinámico transitorio modal, una prueba experimental y un análisis de fatiga. El análisis en Matlab Simulan de la suspensión pasiva típica para un automóvil sirve para obtener su respuesta ante una función de excitación de tipo escalón. El análisis de frecuencias en vibración libre y el análisis dinámico transitorio modal realizados con SolidWorks, se emplean para obtener el comportamiento de la plaza de vibración” (Félix Heredia, 2014)

Viera (2019) Afirma que, el presenta estudio relacionado a los amortiguadores, y banco de pruebas permite las disipaciones de calor, del prototipo de

amortiguación, que fue sometido a impacto. La descripción detallada del probador de amortiguadores, así mismo la metodología empleada al momento de verificar la funcionabilidad del amortiguador. El sistema permite recoger información detallada del análisis correspondiente permite

procedimientos de mediciones de fuerzas de impactos, este resultado adquirido de la tesis, está en relación con el estudio del diseño para el amortiguador de impacto.

### **CARACTERÍSTICA DEL BANCO DE PRUEBAS PARA LA ENSEÑANZA DE VIBRACIÓN MECÁNICA.**

El concepto de vibración fue usado frecuentemente en la aplicación práctica. Varios estudios actuales sobre vibración fueron motivos para el desarrollo y avance del proyecto, eso permite la razón principal: la velocidad de operatividad del banco de pruebas multiplico su funcionamiento en estos 50 años, en consecuente a la carga de vibraciones que se generó por el movimiento rotatorio y desbalanceo que pueden ser cuadruplicaciones siempre cuando los controles fueran inapropiados. El diseño óptimo de una maquina su estructura consiste como parte ligera para un esfuerzo mayor, aplicado al sistema automotriz, puente, edificio, teleférico, avión. (Jorge Torres, 2015)

### **1.3. Teorías Relacionadas al Tema**

#### **El Diseño**

Cuando diseñamos un componente convencional se genera una complejidad y recurrimos a utilizar varias destrezas natas de la persona. Para ello es importante dividir en proporciones considerables y que tengan relación con la tarea sencilla. Un concepto complejo permite un profundo análisis secuencial con respecto a ideales presentados. (Budynas, 2012)

Para realizar un diseño empleamos, formularios, planes satisfactorios acordes a las necesidades específicas para esclarecer una problemática.



Cuando la técnica empleada es satisfactoria real, el presente producto será viable, útil, cierto, competitiva, utilizable. Permitiendo su fabricación y comercialización. (Budynas, 2012)

Diseñar permite procesos innovadores muy iterativos. Siendo primordial la decisión tomada en el instante. Cualquier alternativa a emplear siempre utilizar la información adecuada, según la ocasión el tema no debe ser contradictorio.

En varias oportunidades la decisión que se toma puede ser tentadora, para ello es primordial la reserva de autoría. Para los valores obtenidos. Diseñar en ingeniería es importante la comodidad y tranquilidad del diseñador.

comodidad y tranquilidad del diseñador. Utilizando los valores adecuados, tomando decisiones asertivas para solucionar el problema presentado. (Budynas, 2012)

### **1.3.1. Fases del proceso de diseño**

Para empezar a diseñar analizamos el desarrollo, identificamos las necesidades más frecuentes, los estudios y las expresiones constituirán actos creativos, partiendo de las necesidades e inconformidades, como sensaciones de detecciones incorrectas del, procesó. La diferencia se nota cuando el título es identificado en el asunto. (Budynas, 2012)

Determinado los resúmenes de los esquemas que entrelazan más de un elemento real es llamado invenciones de las ideas del proyecto. siendo muy primordial para el resumen del tema. Mas de un esquema se debe proponer, investigar y cualquiera según termino establecido. (Budynas, 2012)

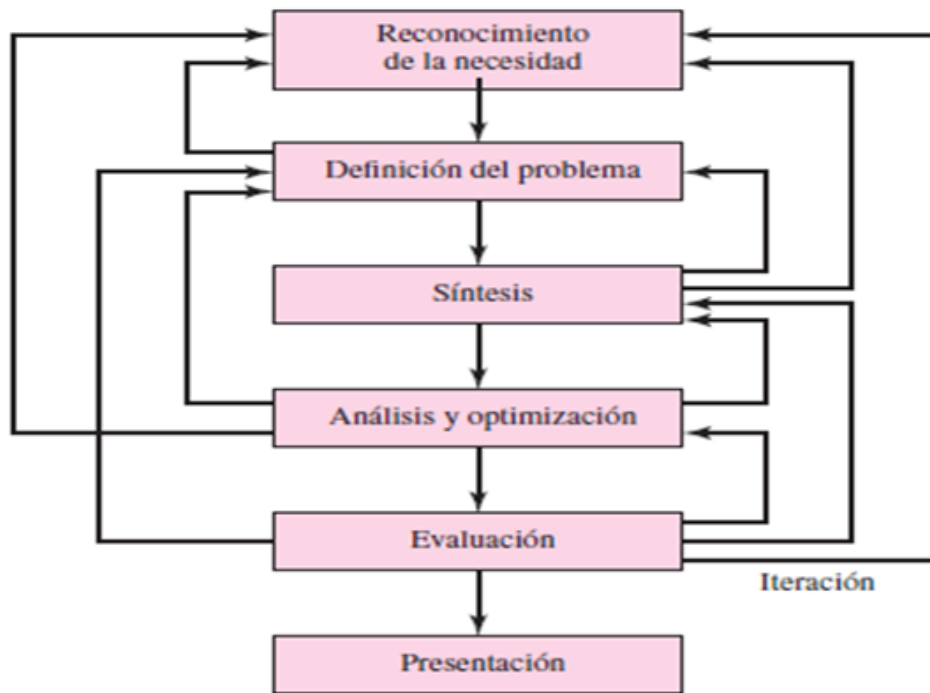


Figura 2.- Fase del proceso del diseño.

Fuente: Shigley

### 1.3.2. Herramienta y recurso del diseño

Actualmente, los ingenieros tienen muchos instrumentos, procesos accesibles permitiéndoles soluciones a la problemática del diseño.

#### a) Herramienta de computación

Los sistemas operativos permiten ser asistidos mediante computadoras a través del diseño asistido por computadora, permitiendo desarrollar objetos sólidos en "3-D".

Estos permiten producir más de una vista ortográfica convencional más de una dimensión automática. (Budynas, 2012)

Adquisiciones de informaciones técnicas

Actualmente se vive en la era de las informaciones, esto está generando ritmos sorprendentes. Difíciles, muy importantes, mantener la corriente del desarrollo reciente y actual para cualquier campo es primordial. (Budynas, 2012)

### **b) Norma y código**

La norma como agrupación de especificación y parte del material cuyo proceso establecido permite obtener igualdades eficaces con respecto a cantidades específicas.

### **c) Economía**

Las apreciaciones del gasto en funciones muy importantes para los procesos, decisiones del diseño, muy sencillamente se puede emplear la igualdad de estudio sobre costos, estudios empleados en el banco de pruebas diseñado. (Salazar E, 2017).

### **d) Tamaño estándar**

El principio fundamental y la reducción del costo, es la utilización de tamaños estándar

### **e) Concepto de amortiguador**

“Es un elemento del sistema de la suspensión cuya misión es disminuir rápidamente la vibración con respecto a las cargas dinámicas ejercidas en las ruedas estas oscilaciones de la carrocería absorbiendo energía, la misma que es disipada en forma de calor, brindando confort a los ocupantes” (Alberdi Urbietta, 2013).

### **f) Clasificación de los amortiguadores**

“En la actualidad la mayor parte de vehículos utilizan amortiguadores hidráulicos biturbo”

Principio físico

- ✓ Carrera efectiva
- ✓ Sistema de bombeo
- ✓ Telescópicos, por su regulación
- ✓ Tipo de carga.



Figura 3.- Tipo de amortiguadores.

Fuente: Alberdi Urbieta, 2016, p. 12

Los primeros amortiguadores de los vehículos eran mecánicos, como se muestra en la siguiente figura, contruidos por dos o más discos concéntricos ligados alternativamente por su eje y los alternos por su circunferencia externa, disipando energía mediante fricción. (Alberdi Urbieta, 2003)

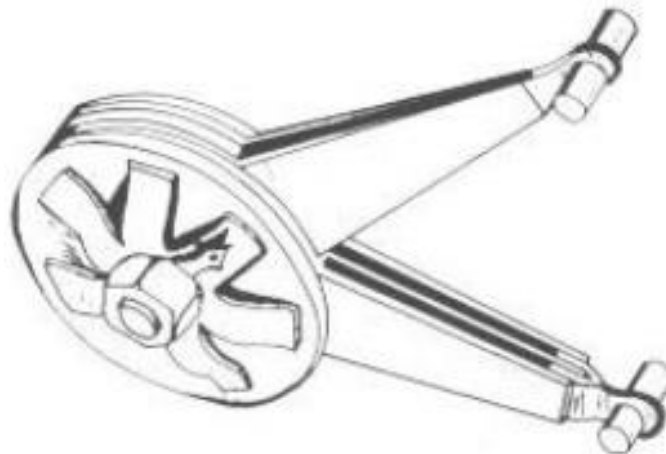
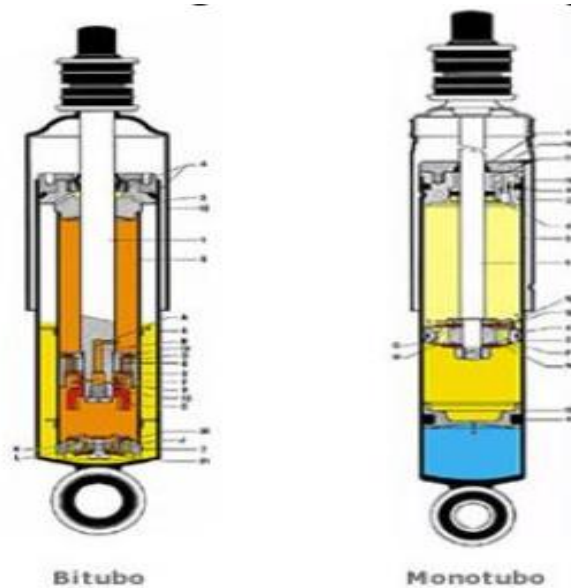


Figura 4.- Amortiguador de fricción. Fuente:

**Fuente: Toyota del Perú 2017, p. 18**

Para mejorar las prestaciones dinámicas, los amortiguadores mecánicos fueron reemplazados por los hidráulicos. (Alberdi Urbieta, 2003).



**Figura 5.- Amortiguadores monotubo y bitubo Fuente:**

Fuente: Toyota del Perú, 2016 pág. 18

También podemos encontrar una clasificación de amortiguadores según la carga que soportan como se indica:

Estándar: modelo estándar.

- ✓ Carga pesada: utilizado para vehículos pesados, con cargas superiores.
- ✓ Ajustable: se ajusta según las dimensiones de una carga.
- ✓ Inflable: puede inflarse de acuerdo a las condiciones requeridas.

De sobre carga: permite un límite sobrecarga a la que está dimensionada



**Figura 6.- Clasificación de amortiguadores por el tipo de carga. Fuente:**

Fuente: Nissan

### Clasificación de los amortiguadores tipo MacPherson:

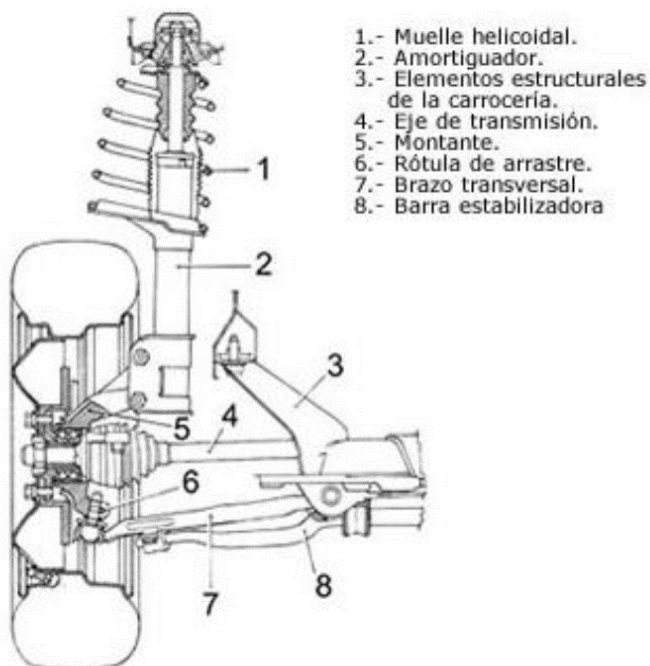
La presente suspensión a esquematizar, imitar e instruir en esta tesis, profundizaremos su estudio explicativo. Esta suspensión McPherson es muy compacta y liviana



**Figura 7.- Suspensión MacPherson**

Fuente: (Budynas 2013)

Cada elemento que une la rueda y el chasis. la suspensión MacPherson está compuesto por componentes de amortiguación, que articula la base inferior en su eje. El amortiguador original este compuesto por el brazo transversal, barra estabilizadora, barra redactora. (Budynas 2013)



**Figura 8.- Esquema De Suspensión Macpherson**

Fuente: (Budynas 2013)

Despiece de una suspensión McPherson

- 1.- Cuna
- 2.- Travesaño
- 3.- Barra estabilizadora
- 4.- Bieleta de conexión de barra estabilizadora
- 5.- Triángulo de suspensión
- 6.- Mangueta
- 7.- Cubo
- 8.- Tuerca de transmisión
- 9.- Rodamiento de cubo
- 10.- Fijación inferior del amortiguador
- 11.- Amortiguador
- 12.- Muelle
- 13.- Guardapolvo (fuelle)
- 14.- Tope elástico
- 15.- Copela superior
- 16.- Cojinete de fijación
- 17.- Tornillo de fijación del cojinete a la carrocería
- 18.- Tuerca de vástago al amortiguador
- 19.- Tapa de plástico

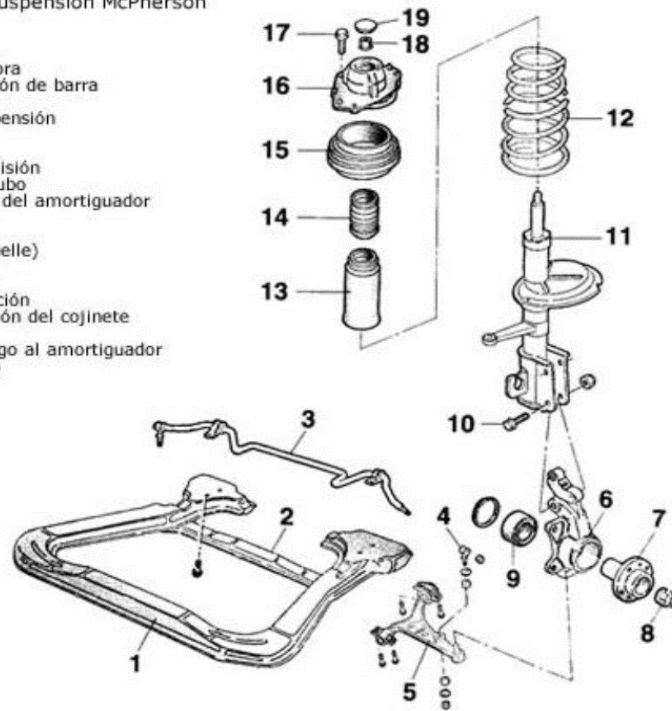


Figura 9.- Despiece de suspensión MacPherson.

Fuente: (Budynas 2013)

MacPherson como suspensión moderna utilizan muchos elementos para cada plano, en la parte superior forma la articulación telescópica. es muy utilizada en los vehículos modernos. Puede utilizarse en el eje delantero y posterior. (Budynas 2013)

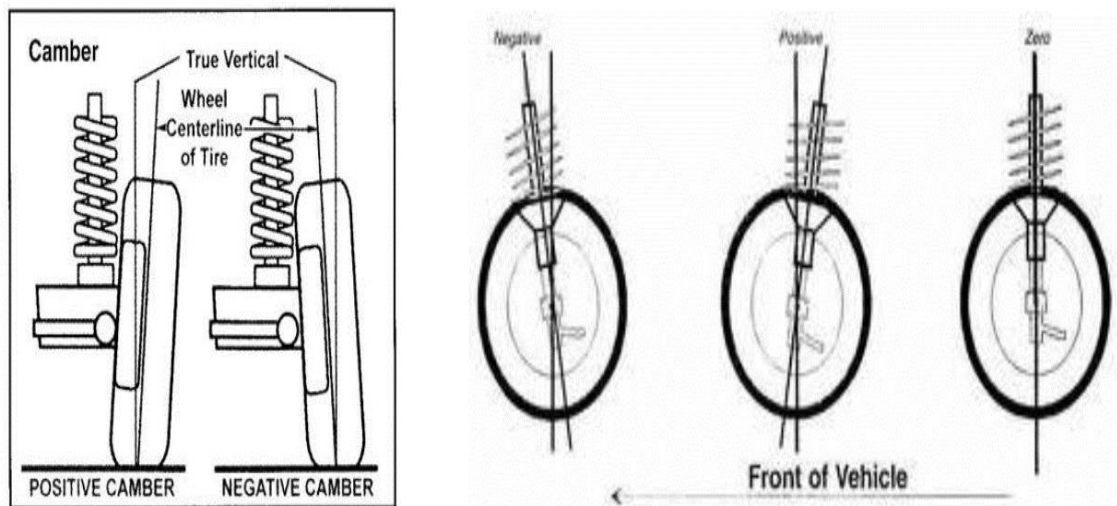


Figura 10.- Ángulos de caída y avance.

Fuente: (Budynas 2013)

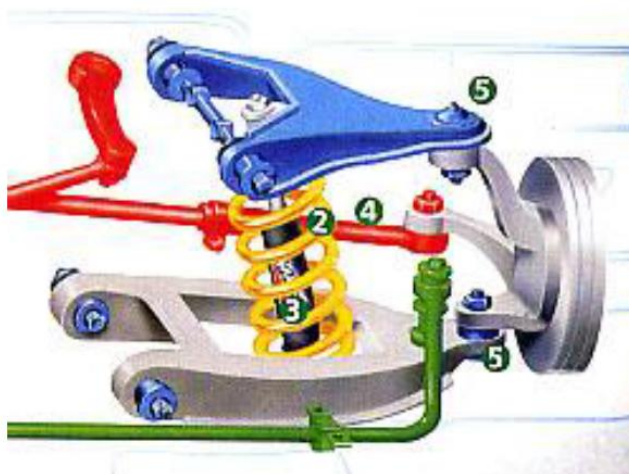
Para diferenciar la suspensión McPherson de otras suspensiones, esta es solidario en el buje, está bien atornillado, el resorte es helicoidal concéntrico al amortiguador. La ventaja es su bajo costo de fabricación, permite un movimiento no vertical. Se emplea mucho el de brazo tirante.

### **Suspensión del paralelogramo deformable**

Otro tipo de suspensiones como la del paralelogramo deformable unido la McPherson

Son incorporados con frecuencia en vehículos, en el eje delantero y posterior. La presente suspensión es nombrada como suspensión articulada por trapecio.

El sistema de suspensión está unido entre la rueda y el chasis, en su inicio tiene como elemento que le une más de un triángulo superpuesto. (Budynas 2013)



**Figura 11.- Paralelos Deformables.**

**Fuente: (Budynas 2013)**

Suspensión con más de un elemento conductor transversal y oblicuo de movimientos similares a la suspensión del paralelogramo deformable. También dispone de un brazo guía lineal con función del sistema rueda tirada mediante brazo longitudinal. (Budynas 2013).



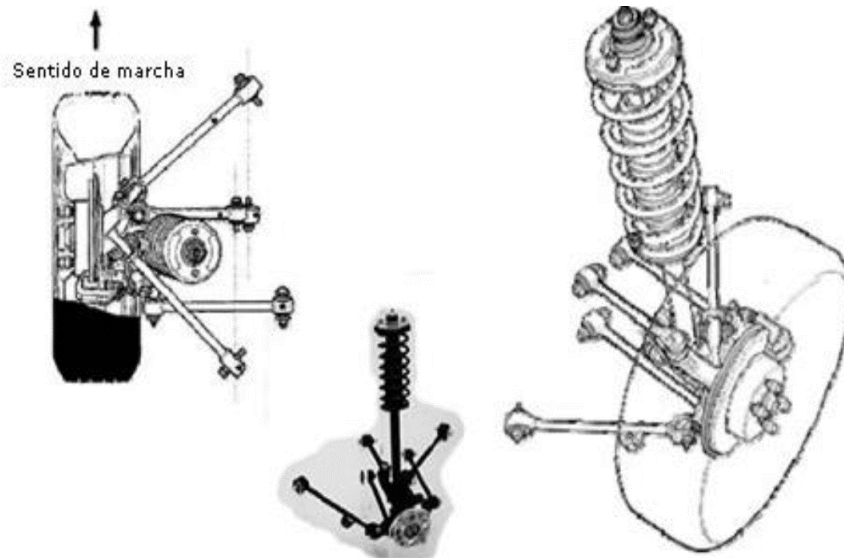


Figura 12.- Suspensión Multibrazo.

Fuente: (Budynas 2013).

## Clasificaciones de las suspensiones según los sistemas de controles

### Suspensión pasiva

Según su tradición, la presente suspensión está montada en el vehículo, es muy apta para mejorar el confort de los ocupantes, el precio es accesible. Este compuesto por un resorte y amortiguador, permite absorber las deficiencias de la calzada, es muy segura permite comodidad a los ocupantes dentro del automóvil. (Budynas 2013).

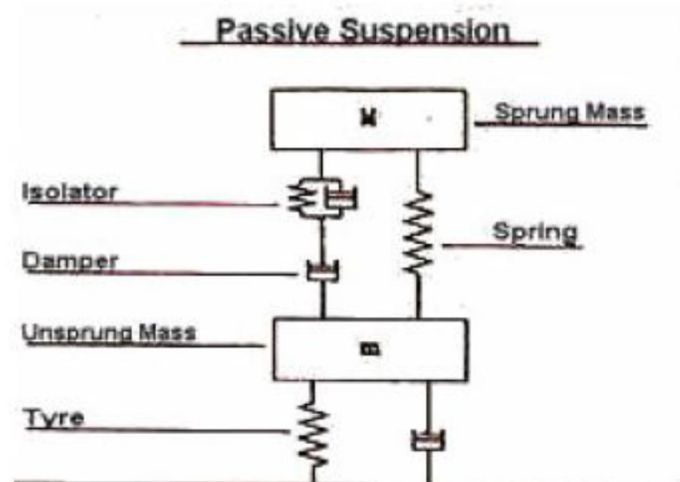


Figura 13.- Esquema de suspensión pasiva.

Fuente: (Budynas 2013).

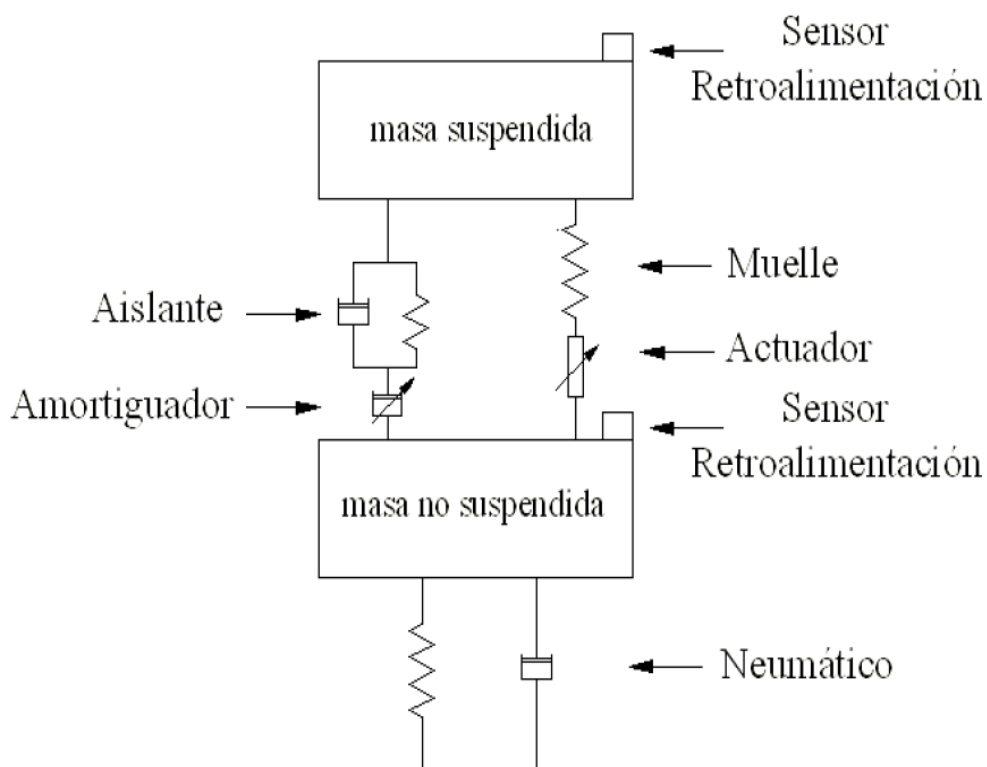
## Suspensión semiactiva

La principal ventaja de esta suspensión semiactiva es:

- Marcha ajustable, optimiza y obtiene un gran desempeño, con respecto a la operatividad y comodidad de los pasajeros.
- Esta suspensión es firme
- Permite ajustarse de forma automática para cada condición del terreno
- Es dimensionada en comparación con otro sistema de tradicional.

El percance presentado para cada tipo de amortiguador con respecto a su amortiguación

es (aprox. 100÷200 m/s) superando su muestreo en relación al control generado en diferentes fuerzas de controles deseados. (Budynas 2014).

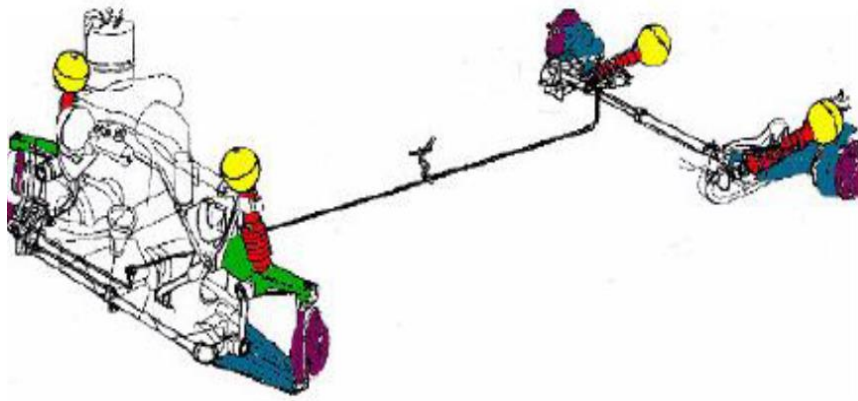


**Figura 14.-** Esquema de suspensión semi activa.

**Fuente:** (Budynas 2013)

Los sistemas hidroneumáticos aportan virtudes para los mandos de nivelación del automóvil, también su probabilidad de ajuste rígido a la amortiguación.

Un diagrama de amortiguación que lleva agua a presión se observa en la imagen 20

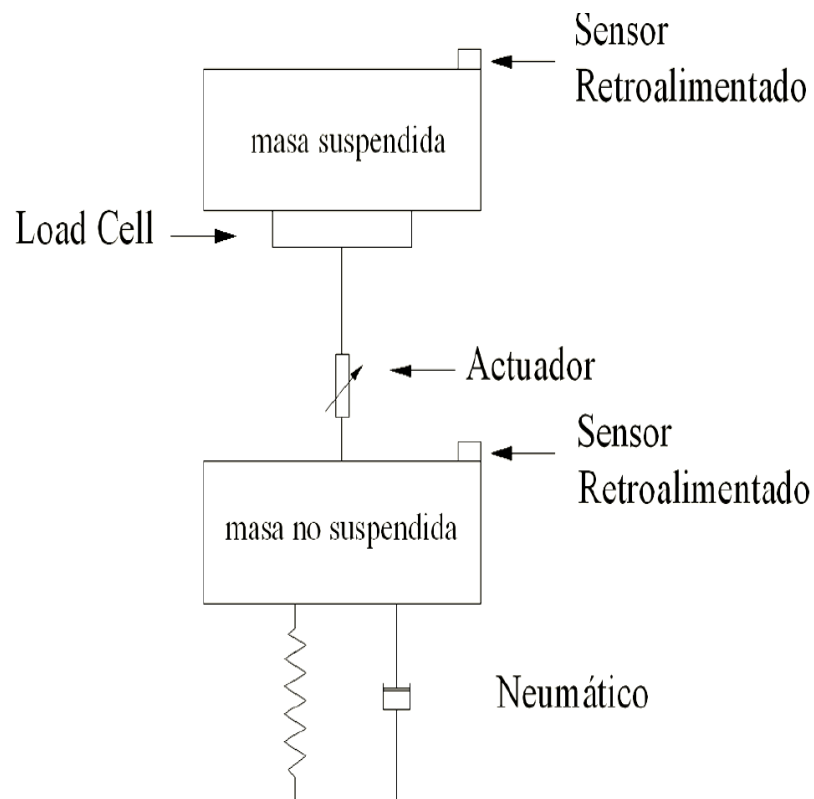


**Figura 15.- Esquema De Suspensión Hidro Neumática.**

**Fuente: (Budynas 2013)**

### **Suspensión activa**

Esta suspensión consta de un cilindro hidráulico para generar fuerza compensatoria al balance, oscilación del automóvil. (Budynas 2016)



**Figura 16.- Esquema de suspensión activa.**

**Fuente: (Budynas 2013)**

### **1.3.3. Diseño de amortiguadores**

El diseño de los amortiguadores debe ser determinado por la presión que contiene el pistón que debe ser desplazado por un fluido hidráulico en una varilla dentro del mismo. (Servigrama, pág. 1)

#### **1.4. Formulación del Problema**

¿Es factible diseñar un banco de pruebas de amortiguadores McPherson para determinar su capacidad de amortiguamiento?

#### **1.5. Justificación del Estudio.**

##### **1.5.1 Técnica.**

Esta investigación tiene como propuesta idónea ya que va a permitir desarrollar una técnica adaptativa a la actual realidad, con menor costo e inversión y optimizar el servicio de mantenimiento brindando información oportuna de los amortiguadores de los vehículos a los cuales se brinda el servicio, pudiendo estimar la necesidad de compra de repuestos con lo cual se optimizaría el manejo del stock de almacenamiento.

##### **1.5.2 Económica**

El desarrollo de esta investigación permitirá al propietario del vehículo conocer el estado real de operatividad de los amortiguadores, con lo cual podrá estimar la duración de estos y prever su cambio, a la empresa le va a permitir mejorar el servicio que viene brindando a sus clientes.

##### **1.5.3 Social**

Esta investigación permitirá a los usuarios un conocimiento del estado actual de los sistemas de amortiguación de los vehículos permitiéndoles tomar medidas en el manejo de los vehículos para de esta manera perjudicar a los pasajeros de la unidad vehicular.

##### **1.5.4 Ambiental**

Al conocer el estado real de los amortiguadores, se podrá conocer con mayor precisión su vida útil con lo cual se alargarán los tiempos de reemplazo disminuyendo los residuos disminuyendo la contaminación del medio ambiente.

#### **1.6. Hipótesis.**

El diseño de un banco de pruebas de amortiguadores MacPherson permite determinar la capacidad de amortiguamiento de los mismos.

## **1.7. Objetivos.**

### **1.7.1 Objetivo General.**

- ✓ Diseñar un banco de pruebas de amortiguadores MacPherson para determinar su capacidad de amortiguamiento.

### **1.7.2 Objetivo Específicos.**

- ✓ Cuantificar los diversos tipos de amortiguadores MacPherson que ingresan a la empresa Interamericana.
- ✓ Calcular los componentes electromecánicos del banco de pruebas para amortiguadores Macpherson.
- ✓ Elaborar un protocolo de pruebas de amortiguadores Macpherson.
- ✓ Realizar la evaluación económica, con Criterios VAN y TIR

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de Investigación.

No experimental,

#### Descriptiva

El presente estudio es descriptivo, permitirá observar la problemática en su forma original manteniendo la fase natural del investigador

**Tabla 4. Muestras y Observaciones**

<b>Estudio</b>	<b>T1</b>
M1	O1
M2	O2

Fuente: Autoría propia

Dónde:

M1 y M2 son muestras

O1 y O2 son observaciones

### 2.2. Variables, Operacionalización.

#### 2.2.1 Variable independiente

Diseño del banco de amortiguadores

#### 2.2.2 Variable dependiente.

Capacidad de amortiguamiento

### 2.2.3 Operacionalización de las Variables

Tabla 5.- Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>Dependiente:</b> Capacidad de amortiguamiento</p>	<p>Es la capacidad del sistema y del cuerpo para disipar energía cinética transformando en otra energía.</p>	<p>La amortiguación consiste en absorber las deformaciones del camino con el objetivo que las imperfecciones del camino se minimicen al interior del vehículo</p>	<p>Masa de impacto Capacidad de impacto Fuerza de accionamiento</p>	<p>Kg m/s N</p>
<p><b>Independiente:</b> Diseño Banco de Amortiguadores</p>	<p>para diseñar el banco de suspensión, se definirá la dimensión, material. Tecnología funcionabilidad de la maquina</p>	<p>La máquina esta conceptualizada, diseñada y fabricada para que realice tareas específicas, como medición de la capacidad de amortiguación</p>	<p>Potencia Dimensiones Material Capacidad de trabajo</p>	<p>KW Mm Tipo</p>

Fuente: Elaboración Propia

## 2.3. Población y Muestra.

### 2.3.1 Población

Amortiguadores tipo MacPherson en vehículos vendidos por su concesionaria Interamericana

### 2.3.2 Muestra

La presente muestra es idéntica a su población

## 2.4. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos

### 2.4.1. Técnicas

El estudio que realice e empleado la siguiente técnica de recopilación de datos

**Tabla 6.-** Técnicas e instrumentos de recolección de datos

<b>TECNICA</b>	<b>USO</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Observación	Verificara los diversos parámetros de funcionamiento  Registro de características de amortiguador	Ficha de control de diseño  Ficha de registro de tipo características del amortiguador
Revisión documentaria	Encuesta de cada elemento estandarizado, material y norma.	Ficha de inspección documentaria

Fuente: Autoría propia.

### Revisión documentaria

Este método empleado permite buscar cada parámetro que será útil para diseñar el banco de ensayo para amortiguadores, el material adecuado, seleccionar cada elemento estándar. Rodaje, faja, polea.



#### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.**

El instrumento propuesto para cada estudio es:

##### **Ficha de control de Diseño**

El documento permitirá la evaluación operativa, funcionamiento del banco para amortiguadores MacPherson para la empresa concesionaria Interamericana, observando dimensiones, acabados, potencia de la máquina, consumo de energía, etc.

#### **2.4.3. Validez y confiabilidad**

**Validez.** - El estudio realizado es validado por un especialista, ingeniero mecánico eléctrico. Habilitado por el presente colegio de ingeniero del Perú

**Confiabilidad:** Esta investigación realizada su confiabilidad será validada por un profesional mediante criterios propuestos y empleados, para modificar con respecto al acuerdo y requerimiento será mediante opinión conjunta. Esta investigación mostrara un firme compromiso, de forma segura mediante los valores adquiridos.

#### **2.5. Métodos de Análisis de Datos.**

Los valores se darán mediante el análisis y estadísticas descriptivas según la variable de la investigación, tabulando cada valor, realizando una evaluación del factor común.

#### **2.6. Aspectos Éticos.**

Como tesista estoy comprometido en respetar la propiedad intelectual, la confiabilidad de cada dato suministrado por la empresa y la veracidad del resultado en el estudio que empelo el diseño del banco de suspensión para amortiguadores no presenta negatividad a la sociedad. Será muy provechoso y beneficiosos.

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Cuantificar los diversos tipos de amortiguadores Macpherson que ingresan a la empresa interamericana**

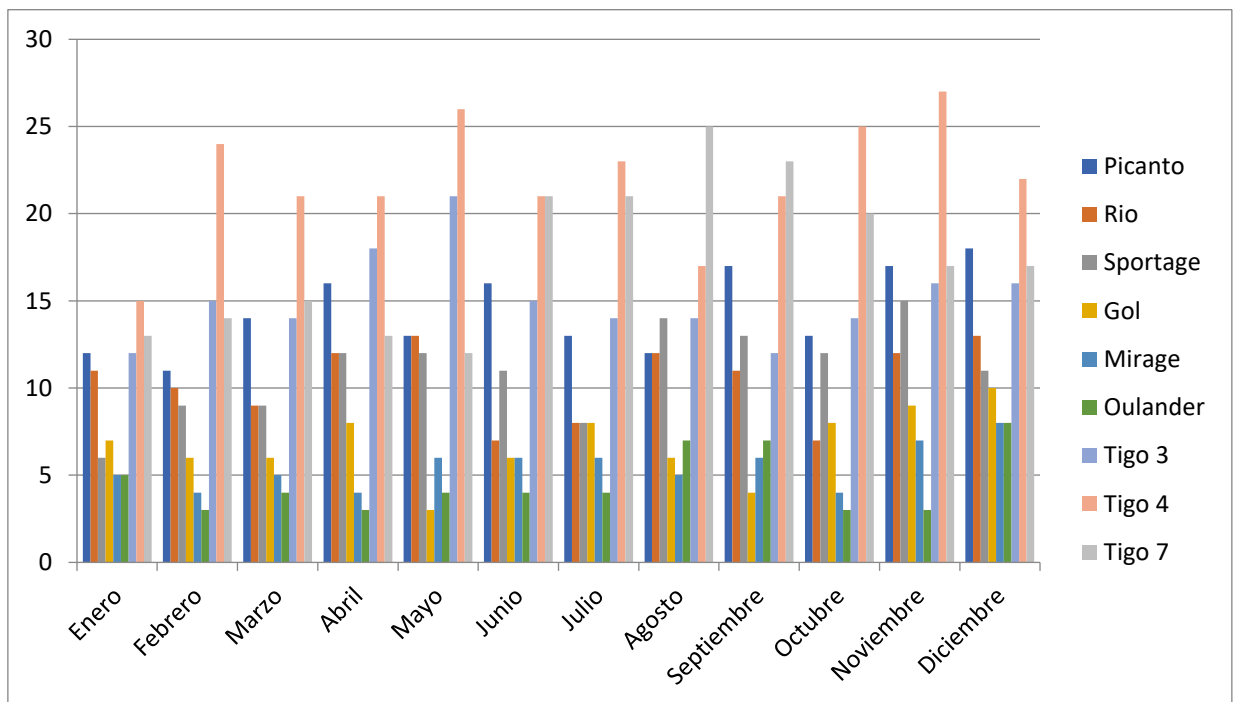
La empresa Interamericana dedicada a la venta de diferentes marcas de vehículos, realiza servicios post venta de la unidad vehicular, para lo cual se realizará la programación del mantenimiento cada 5000 Km, en el taller de servicios de la empresa, la cual cuenta con el equipamiento idóneo y con el personal capacitado para realizar dichas labores.

El taller está equipado con elevadores hidráulicos, los cuales permiten realizar el mantenimiento dentro del tiempo proyectado, con la seguridad para el operario, así como también con las mejores condiciones de comodidad. Cuenta con scanner automotriz para realizar el diagnóstico de las unidades vehiculares que ingresan por alguna falla en el sistema electrónico tanto del motor como de los demás sistemas del vehículo.

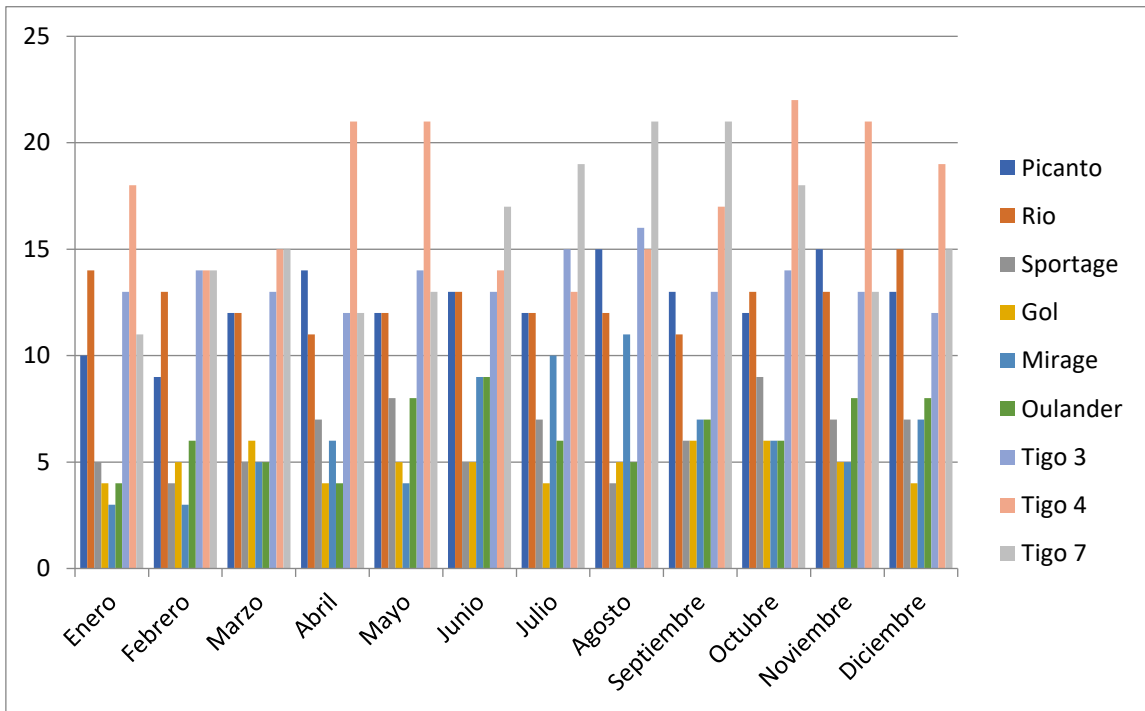
En cuanto al servicio del sistema de suspensión, éste se realiza verificando la funcionalidad del elemento que forma parte del sistema, acuerdo a los parámetros establecidos por el fabricante, para ello se cuenta con equipos de ajuste y de diagnóstico de este sistema. Sin embargo, no se cuenta con un banco de amortiguadores, capaz de determinar las condiciones de funcionamiento de los amortiguadores del sistema de suspensión, siendo una de las falencias del servicio automotriz post venta que la empresa ofrece actualmente.

Se tiene el registro de los servicios que se ofrecen a los automóviles, desde los años 2015 al 2018, siendo las marcas KIA, Volkswagen, Mitsubishi y Cherry las que más servicios registran, en sus diferentes modelos, versiones y años de fabricación, durante los meses de cada año.

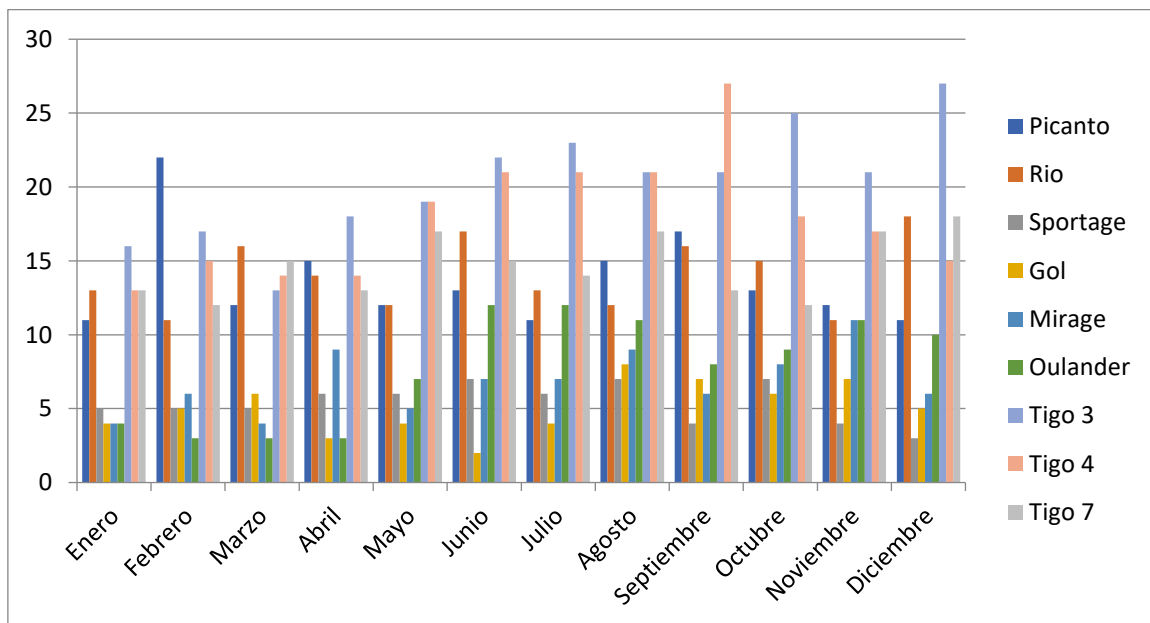
Registro de Servicios a Vehículos con suspensión McPherson en Taller Interamericana S.A 2015										
	KIA			Volkswagen	Mitsubishi		Cherry			
	Picanto	Rio	Sportage	Gol	Miraje	Bohlander	Tigo 3	Tigo 4	Tigo 7	
Enero	12	11	6	7	5	5	12	15	13	
Febrero	11	10	9	6	4	3	15	24	14	
Marzo	14	9	9	6	5	4	14	21	15	
Abril	16	12	12	8	4	3	18	21	13	
Mayo	13	13	12	3	6	4	21	26	12	
Junio	16	7	11	6	6	4	15	21	21	
Julio	13	8	8	8	6	4	14	23	21	
Agosto	12	12	14	6	5	7	14	17	25	
Septiembre	17	11	13	4	6	7	12	21	23	
Octubre	13	7	12	8	4	3	14	25	20	
Noviembre	17	12	15	9	7	3	16	27	17	
Diciembre	18	13	11	10	8	8	16	22	17	



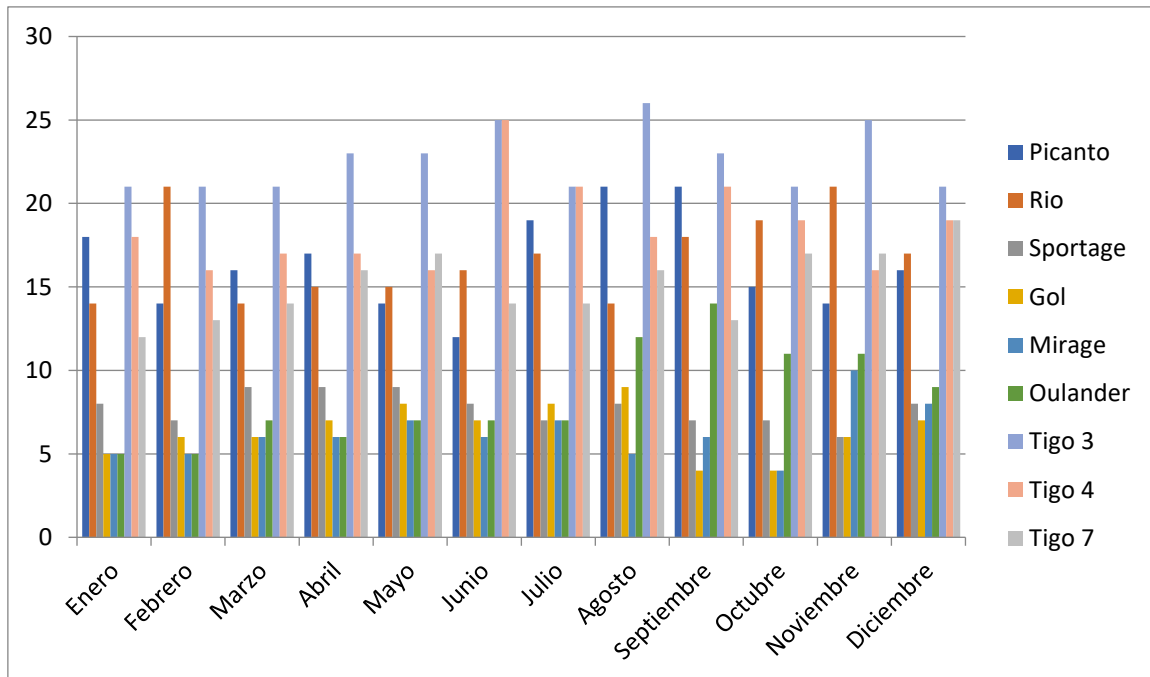
Registro de Servicios a Vehículos con suspensión McPherson en Taller Interamericana S.A 2016										
	KIA			Volkswagen	Mitsubishi		Cherry			
	Picanto	Rio	Sportage	Gol	Mirage	Oulander	Tigo 3	Tigo 4	Tigo 7	
Enero	10	14	5	4	3	4	13	18	11	
Febrero	9	13	4	5	3	6	14	14	14	
Marzo	12	12	5	6	5	5	13	15	15	
Abril	14	11	7	4	6	4	12	21	12	
Mayo	12	12	8	5	4	8	14	21	13	
Junio	13	13	5	5	9	9	13	14	17	
Julio	12	12	7	4	10	6	15	13	19	
Agosto	15	12	4	5	11	5	16	15	21	
Septiembre	13	11	6	6	7	7	13	17	21	
Octubre	12	13	9	6	6	6	14	22	18	
Noviembre	15	13	7	5	5	8	13	21	13	
Diciembre	13	15	7	4	7	8	12	19	15	



Registro de Servicios a Vehículos con suspensión McPherson en Taller Interamericana S.A 2017										
	KIA			Volkswagen	Mitsubishi		Cherry			
	Picanto	Rio	Sportage	Gol	Mirage	Oulander	Tigo 3	Tigo 4	Tigo 7	
Enero	11	13	5	4	4	4	16	13	13	
Febrero	22	11	5	5	6	3	17	15	12	
Marzo	12	16	5	6	4	3	13	14	15	
Abril	15	14	6	3	9	3	18	14	13	
Mayo	12	12	6	4	5	7	19	19	17	
Junio	13	17	7	2	7	12	22	21	15	
Julio	11	13	6	4	7	12	23	21	14	
Agosto	15	12	7	8	9	11	21	21	17	
Septiembre	17	16	4	7	6	8	21	27	13	
Octubre	13	15	7	6	8	9	25	18	12	
Noviembre	12	11	4	7	11	11	21	17	17	
Diciembre	11	18	3	5	6	10	27	15	18	



Registro de Servicios a Vehículos con suspensión McPherson en Taller Interamericana S.A 2018									
	KIA			Volkswagen	Mitsubishi		Cherry		
	Picanto	Rio	Sportage	Gol	Mirage	Oulander	Tigo 3	Tigo 4	Tigo 7
Enero	18	14	8	5	5	5	21	18	12
Febrero	14	21	7	6	5	5	21	16	13
Marzo	16	14	9	6	6	7	21	17	14
Abril	17	15	9	7	6	6	23	17	16
Mayo	14	15	9	8	7	7	23	16	17
Junio	12	16	8	7	6	7	25	25	14
Julio	19	17	7	8	7	7	21	21	14
Agosto	21	14	8	9	5	12	26	18	16
Septiembre	21	18	7	4	6	14	23	21	13
Octubre	15	19	7	4	4	11	21	19	17
Noviembre	14	21	6	6	10	11	25	16	17
Diciembre	16	17	8	7	8	9	21	19	19

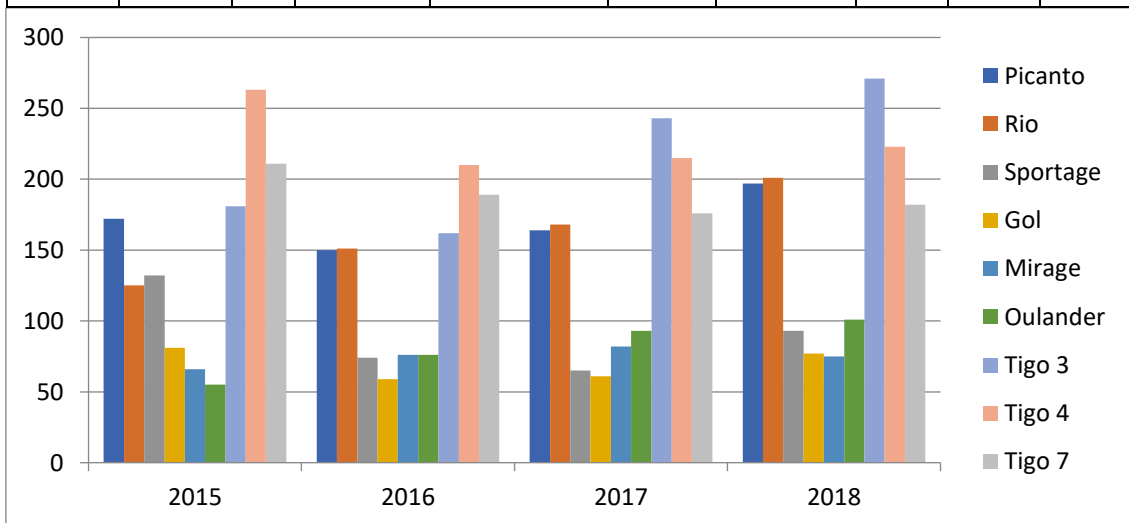


Registro de Servicios a Vehículos con suspensión McPherson en Taller Interamericana S.A 2015									
	KIA			Volkswagen	Mitsubishi		Cherry		
	Picanto	Rio	Sportage	Gol	Mirage	Oulander	Tigo 3	Tigo 4	Tigo 7
Total	172	125	132	81	66	55	181	263	211

Registro de Servicios a Vehículos con suspensión McPherson en Taller Interamericana S.A 2016									
	KIA			Volkswagen	Mitsubishi		Cherry		
	Picanto	Rio	Sportage	Gol	Mirage	Oulander	Tigo 3	Tigo 4	Tigo 7
Total	150	151	74	59	76	76	162	210	189

Registro de Servicios a Vehículos con suspensión McPherson en Taller Interamericana S.A 2017									
	KIA			Volkswagen	Mitsubishi		Cherry		
	Picanto	Rio	Sportage	Gol	Mirage	Oulander	Tigo 3	Tigo 4	Tigo 7
Total	164	168	65	61	82	93	243	215	176

Registro de Servicios a Vehículos con suspensión McPherson en Taller Interamericana S.A 2018									
	KIA			Volkswagen	Mitsubishi		Cherry		
	Picanto	Rio	Sportage	Gol	Mirage	Oulander	Tigo 3	Tigo 4	Tigo 7
Total	197	201	93	77	75	101	271	223	182



### **3.2. Calcular los componentes electromecánicos del banco de pruebas para amortiguadores Macpherson**

#### **a) Selección del motor:**

El factor que permite seleccionar el motor adecuado, conociendo su parámetro del banco de prueba, partiendo por los datos requeridos, mediante el movimiento del palier motriz de prueba, los hp tienen concordancia directa a la velocidad y el torque ideal saliente en el palier motriz. Con este valor de fuerza que interviene para el cálculo de los hp con respecto al eje z

Cálculo del rango de potencias del motor eléctrico.

Utilizaremos la siguiente ecuación

$$\text{Pot} = \text{Torque} \times \text{velocidad angular} / 63,025.$$

Eficiencia, expresada por la variable y circunstancia que está sometida la paleta según su variable: 0,85 a 0,95

Determinaremos el rango de potencia:

$\text{Pot} = 1.88 - 2.11 \text{ kW} = 2.53 - 2,85 \text{ HP}$ , se escoge un motor con potencia nominal a 3 HP y la velocidad angular de 1725 – 1750 RPM

#### **Diseño del sistema de reducción de velocidad**

El palier motriz del banco de pruebas, trabajara con velocidades constantes y angulares que pueden variar de 25 a 35rpm. teniendo incorporado el variador de velocidad. Esa disminución de velocidad, significa una reducción del motor en relación a su torque. La reducción de velocidad es mediante etapas.

En un inicio se produce en la polea y correa, posterior al segundo sistema se produce en la leva – taque.

El primer sistema de disminución de velocidad se produce en la polea y correa obteniendo una velocidad de 35 rpm en el eje motriz del banco de pruebas, es importante que la relación de transmisión, al inicio del sistema se mayor, en este



caso se adecua una polea motriz de 3in de diámetro y una segunda polea reductora de 14 in de diámetro.

Relación de Velocidades =  $D2/D1 = 4.7$

Figura 22 observamos la distribución de cada polea, el centro de las dos está a 40 cms.

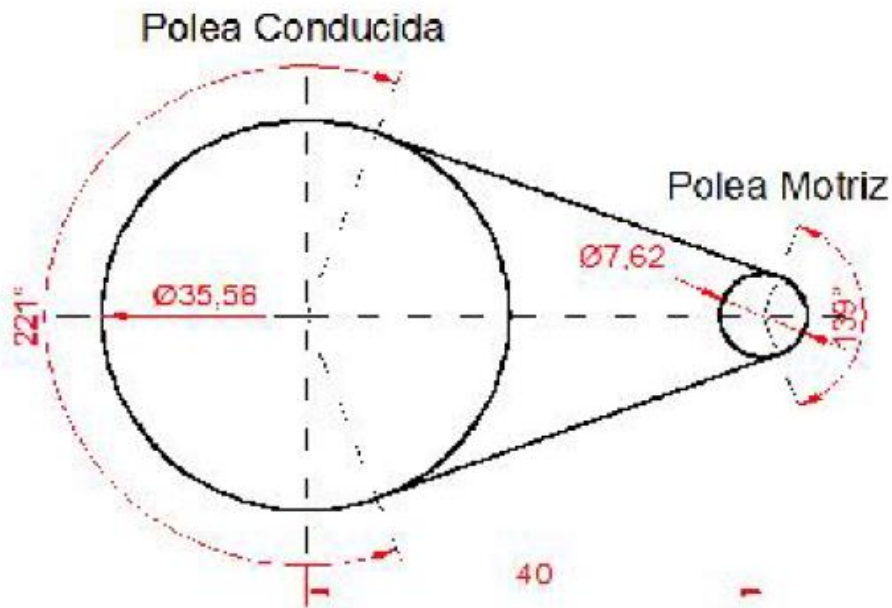


Figura 17.- Diagrama de poleas.

Fuente: Autoría propia

Para calcular en número de fajas. Utilizamos el factor de corrección del ángulo de contacto, utilizare la expresión siguiente:

Tabla 7.- Diagramas de poleas

Sección de la banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

Fuente: Propia

## b) Análisis del eje motriz

Factor dimensional del eje motriz. Se encarga de generar el movimiento al eje principal del banco de pruebas, es importante la operatividad del elemento constituyente crítico de banco de pruebas.

La fuerza que actúa en cada una de estas representa el cuadro N.º 43

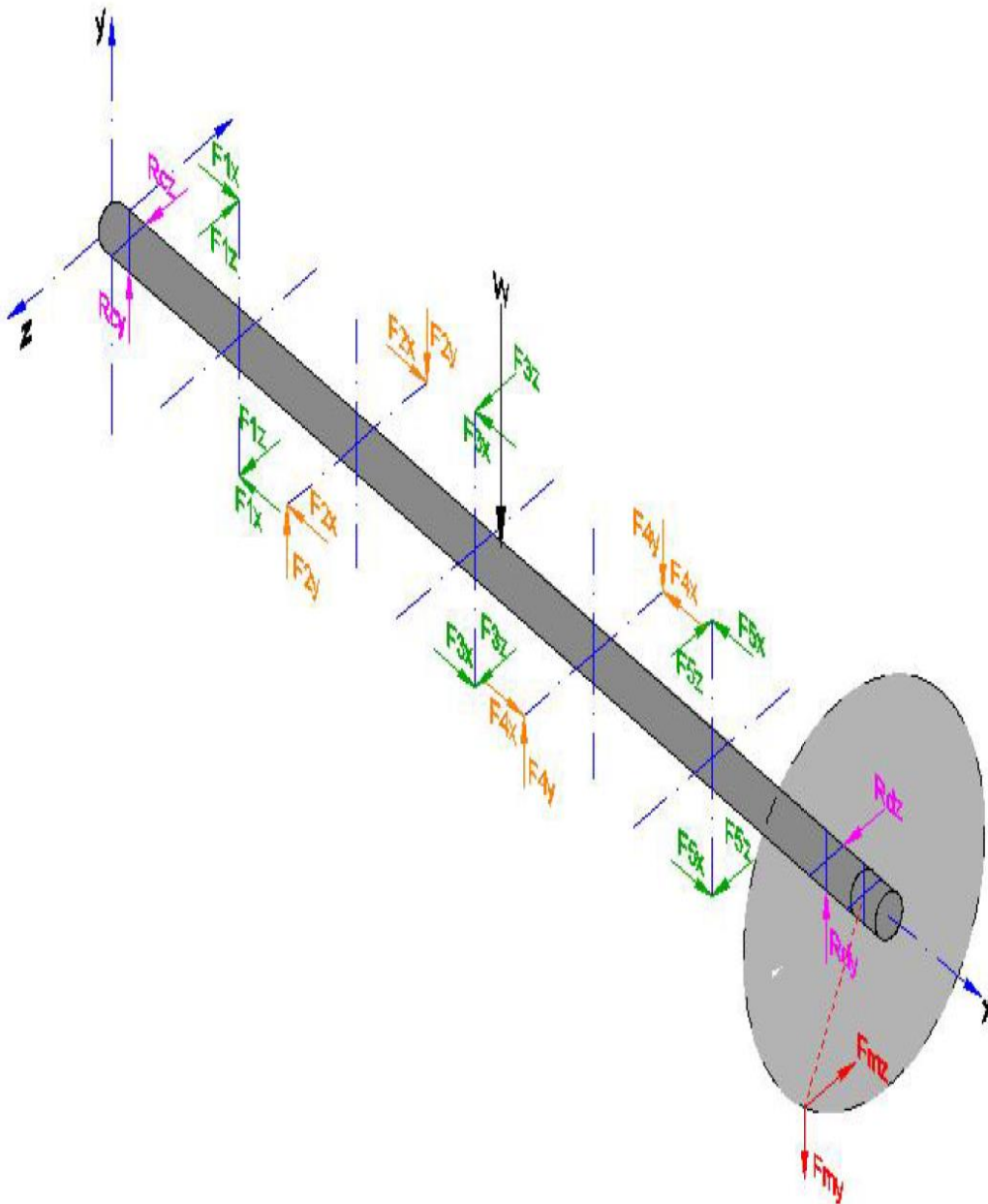


Figura 18.- Diagrama de cuerpo libre del eje motriz.

Fuente: Autoría propia

Determinamos las siguientes características del eje:

Diámetro: 2 Pulgadas

Longitud: 0.75 Mts

Material: Acero AISC SAE 45, Con tratamiento térmico y termoquímico

Ecuación de la elasticidad aplicado a los resortes (Ley de Hooke)

$$F = k \cdot X$$

Dónde:

F: Fuerza aplicable, en Newton.

K: Constante de elasticidad (en N/m)

X: Elongación del resorte.

La elongación del resorte se determina con la expresión:

$$X = L_f - L_i$$

Dónde:

X: Elongación, en metros.

L<sub>f</sub>: Longitud final del resorte aplicando la fuerza. (en metros).

L<sub>i</sub>: Longitud del resorte sin aplicar la fuerza (en metros).

Se realiza la simulación de los valores de la elongación por cada 0.2 mm de diferencia desde el rango de 0.2 mm hasta los 200 mm (20 cm)

Fuerza (Kg)	Fuerza (Newton)	Elongación (mm)	Constante de Elasticidad (N/m)	2.04	20	1	20000
				2.45	24	1.2	20000
				2.85	28	1.4	20000
0.41	4	0.2	20000	3.26	32	1.6	20000
0.82	8	0.4	20000	3.67	36	1.8	20000
1.22	12	0.6	20000	4.08	40	2	20000
1.63	16	0.8	20000	4.49	44	2.2	20000

4.89	48	2.4	20000	17.53	172	8.6	20000
5.30	52	2.6	20000	17.94	176	8.8	20000
5.71	56	2.8	20000	18.35	180	9	20000
6.12	60	3	20000	18.76	184	9.2	20000
6.52	64	3.2	20000	19.16	188	9.4	20000
6.93	68	3.4	20000	19.57	192	9.6	20000
7.34	72	3.6	20000	19.98	196	9.8	20000
7.75	76	3.8	20000	20.39	200	10	20000
8.15	80	4	20000	20.80	204	10.2	20000
8.56	84	4.2	20000	21.20	208	10.4	20000
8.97	88	4.4	20000	21.61	212	10.6	20000
9.38	92	4.6	20000	22.02	216	10.8	20000
9.79	96	4.8	20000	22.43	220	11	20000
10.19	100	5	20000	22.83	224	11.2	20000
10.60	104	5.2	20000	23.24	228	11.4	20000
11.01	108	5.4	20000	23.65	232	11.6	20000
11.42	112	5.6	20000	24.06	236	11.8	20000
11.82	116	5.8	20000	24.46	240	12	20000
12.23	120	6	20000	24.87	244	12.2	20000
12.64	124	6.2	20000	25.28	248	12.4	20000
13.05	128	6.4	20000	25.69	252	12.6	20000
13.46	132	6.6	20000	26.10	256	12.8	20000
13.86	136	6.8	20000	26.50	260	13	20000
14.27	140	7	20000	26.91	264	13.2	20000
14.68	144	7.2	20000	27.32	268	13.4	20000
15.09	148	7.4	20000	27.73	272	13.6	20000
15.49	152	7.6	20000	28.13	276	13.8	20000
15.90	156	7.8	20000	28.54	280	14	20000
16.31	160	8	20000	28.95	284	14.2	20000
16.72	164	8.2	20000	29.36	288	14.4	20000
17.13	168	8.4	20000	29.77	292	14.6	20000

30.17	296	14.8	20000	42.81	420	21	20000
30.58	300	15	20000	43.22	424	21.2	20000
30.99	304	15.2	20000	43.63	428	21.4	20000
31.40	308	15.4	20000	44.04	432	21.6	20000
31.80	312	15.6	20000	44.44	436	21.8	20000
32.21	316	15.8	20000	44.85	440	22	20000
32.62	320	16	20000	45.26	444	22.2	20000
33.03	324	16.2	20000	45.67	448	22.4	20000
33.44	328	16.4	20000	46.08	452	22.6	20000
33.84	332	16.6	20000	46.48	456	22.8	20000
34.25	336	16.8	20000	46.89	460	23	20000
34.66	340	17	20000	47.30	464	23.2	20000
35.07	344	17.2	20000	47.71	468	23.4	20000
35.47	348	17.4	20000	48.11	472	23.6	20000
35.88	352	17.6	20000	48.52	476	23.8	20000
36.29	356	17.8	20000	48.93	480	24	20000
36.70	360	18	20000	49.34	484	24.2	20000
37.10	364	18.2	20000	49.75	488	24.4	20000
37.51	368	18.4	20000	50.15	492	24.6	20000
37.92	372	18.6	20000	50.56	496	24.8	20000
38.33	376	18.8	20000	50.97	500	25	20000
38.74	380	19	20000	51.38	504	25.2	20000
39.14	384	19.2	20000	51.78	508	25.4	20000
39.55	388	19.4	20000	52.19	512	25.6	20000
39.96	392	19.6	20000	52.60	516	25.8	20000
40.37	396	19.8	20000	53.01	520	26	20000
40.77	400	20	20000	53.41	524	26.2	20000
41.18	404	20.2	20000	53.82	528	26.4	20000
41.59	408	20.4	20000	54.23	532	26.6	20000
42.00	412	20.6	20000	54.64	536	26.8	20000
42.41	416	20.8	20000	55.05	540	27	20000

55.45	544	27.2	20000	68.09	668	33.4	20000
55.86	548	27.4	20000	68.50	672	33.6	20000
56.27	552	27.6	20000	68.91	676	33.8	20000
56.68	556	27.8	20000	69.32	680	34	20000
57.08	560	28	20000	69.72	684	34.2	20000
57.49	564	28.2	20000	70.13	688	34.4	20000
57.90	568	28.4	20000	70.54	692	34.6	20000
58.31	572	28.6	20000	70.95	696	34.8	20000
58.72	576	28.8	20000	71.36	700	35	20000
59.12	580	29	20000	71.76	704	35.2	20000
59.53	584	29.2	20000	72.17	708	35.4	20000
59.94	588	29.4	20000	72.58	712	35.6	20000
60.35	592	29.6	20000	72.99	716	35.8	20000
60.75	596	29.8	20000	73.39	720	36	20000
61.16	600	30	20000	73.80	724	36.2	20000
61.57	604	30.2	20000	74.21	728	36.4	20000
61.98	608	30.4	20000	74.62	732	36.6	20000
62.39	612	30.6	20000	75.03	736	36.8	20000
62.79	616	30.8	20000	75.43	740	37	20000
63.20	620	31	20000	75.84	744	37.2	20000
63.61	624	31.2	20000	76.25	748	37.4	20000
64.02	628	31.4	20000	76.66	752	37.6	20000
64.42	632	31.6	20000	77.06	756	37.8	20000
64.83	636	31.8	20000	77.47	760	38	20000
65.24	640	32	20000	77.88	764	38.2	20000
65.65	644	32.2	20000	78.29	768	38.4	20000
66.06	648	32.4	20000	78.70	772	38.6	20000
66.46	652	32.6	20000	79.10	776	38.8	20000
66.87	656	32.8	20000	79.51	780	39	20000
67.28	660	33	20000	79.92	784	39.2	20000
67.69	664	33.2	20000	80.33	788	39.4	20000

80.73	792	39.6	20000	93.37	916	45.8	20000
81.14	796	39.8	20000	93.78	920	46	20000
81.55	800	40	20000	94.19	924	46.2	20000
81.96	804	40.2	20000	94.60	928	46.4	20000
82.36	808	40.4	20000	95.01	932	46.6	20000
82.77	812	40.6	20000	95.41	936	46.8	20000
83.18	816	40.8	20000	95.82	940	47	20000
83.59	820	41	20000	96.23	944	47.2	20000
84.00	824	41.2	20000	96.64	948	47.4	20000
84.40	828	41.4	20000	97.04	952	47.6	20000
84.81	832	41.6	20000	97.45	956	47.8	20000
85.22	836	41.8	20000	97.86	960	48	20000
85.63	840	42	20000	98.27	964	48.2	20000
86.03	844	42.2	20000	98.67	968	48.4	20000
86.44	848	42.4	20000	99.08	972	48.6	20000
86.85	852	42.6	20000	99.49	976	48.8	20000
87.26	856	42.8	20000	99.90	980	49	20000
87.67	860	43	20000	100.31	984	49.2	20000
88.07	864	43.2	20000	100.71	988	49.4	20000
88.48	868	43.4	20000	101.12	992	49.6	20000
88.89	872	43.6	20000	101.53	996	49.8	20000
89.30	876	43.8	20000	101.94	1000	50	20000
89.70	880	44	20000	102.34	1004	50.2	20000
90.11	884	44.2	20000	102.75	1008	50.4	20000
90.52	888	44.4	20000	103.16	1012	50.6	20000
90.93	892	44.6	20000	103.57	1016	50.8	20000
91.34	896	44.8	20000	103.98	1020	51	20000
91.74	900	45	20000	104.38	1024	51.2	20000
92.15	904	45.2	20000	104.79	1028	51.4	20000
92.56	908	45.4	20000	105.20	1032	51.6	20000
92.97	912	45.6	20000	105.61	1036	51.8	20000

106.01	1040	52	20000	118.65	1164	58.2	20000
106.42	1044	52.2	20000	119.06	1168	58.4	20000
106.83	1048	52.4	20000	119.47	1172	58.6	20000
107.24	1052	52.6	20000	119.88	1176	58.8	20000
107.65	1056	52.8	20000	120.29	1180	59	20000
108.05	1060	53	20000	120.69	1184	59.2	20000
108.46	1064	53.2	20000	121.10	1188	59.4	20000
108.87	1068	53.4	20000	121.51	1192	59.6	20000
109.28	1072	53.6	20000	121.92	1196	59.8	20000
109.68	1076	53.8	20000	122.32	1200	60	20000
110.09	1080	54	20000	122.73	1204	60.2	20000
110.50	1084	54.2	20000	123.14	1208	60.4	20000
110.91	1088	54.4	20000	123.55	1212	60.6	20000
111.31	1092	54.6	20000	123.96	1216	60.8	20000
111.72	1096	54.8	20000	124.36	1220	61	20000
112.13	1100	55	20000	124.77	1224	61.2	20000
112.54	1104	55.2	20000	125.18	1228	61.4	20000
112.95	1108	55.4	20000	125.59	1232	61.6	20000
113.35	1112	55.6	20000	125.99	1236	61.8	20000
113.76	1116	55.8	20000	126.40	1240	62	20000
114.17	1120	56	20000	126.81	1244	62.2	20000
114.58	1124	56.2	20000	127.22	1248	62.4	20000
114.98	1128	56.4	20000	127.62	1252	62.6	20000
115.39	1132	56.6	20000	128.03	1256	62.8	20000
115.80	1136	56.8	20000	128.44	1260	63	20000
116.21	1140	57	20000	128.85	1264	63.2	20000
116.62	1144	57.2	20000	129.26	1268	63.4	20000
117.02	1148	57.4	20000	129.66	1272	63.6	20000
117.43	1152	57.6	20000	130.07	1276	63.8	20000
117.84	1156	57.8	20000	130.48	1280	64	20000
118.25	1160	58	20000	130.89	1284	64.2	20000



131.29	1288	64.4	20000	143.93	1412	70.6	20000
131.70	1292	64.6	20000	144.34	1416	70.8	20000
132.11	1296	64.8	20000	144.75	1420	71	20000
132.52	1300	65	20000	145.16	1424	71.2	20000
132.93	1304	65.2	20000	145.57	1428	71.4	20000
133.33	1308	65.4	20000	145.97	1432	71.6	20000
133.74	1312	65.6	20000	146.38	1436	71.8	20000
134.15	1316	65.8	20000	146.79	1440	72	20000
134.56	1320	66	20000	147.20	1444	72.2	20000
134.96	1324	66.2	20000	147.60	1448	72.4	20000
135.37	1328	66.4	20000	148.01	1452	72.6	20000
135.78	1332	66.6	20000	148.42	1456	72.8	20000
136.19	1336	66.8	20000	148.83	1460	73	20000
136.60	1340	67	20000	149.24	1464	73.2	20000
137.00	1344	67.2	20000	149.64	1468	73.4	20000
137.41	1348	67.4	20000	150.05	1472	73.6	20000
137.82	1352	67.6	20000	150.46	1476	73.8	20000
138.23	1356	67.8	20000	150.87	1480	74	20000
138.63	1360	68	20000	151.27	1484	74.2	20000
139.04	1364	68.2	20000	151.68	1488	74.4	20000
139.45	1368	68.4	20000	152.09	1492	74.6	20000
139.86	1372	68.6	20000	152.50	1496	74.8	20000
140.27	1376	68.8	20000	152.91	1500	75	20000
140.67	1380	69	20000	153.31	1504	75.2	20000
141.08	1384	69.2	20000	153.72	1508	75.4	20000
141.49	1388	69.4	20000	154.13	1512	75.6	20000
141.90	1392	69.6	20000	154.54	1516	75.8	20000
142.30	1396	69.8	20000	154.94	1520	76	20000
142.71	1400	70	20000	155.35	1524	76.2	20000
143.12	1404	70.2	20000	155.76	1528	76.4	20000
143.53	1408	70.4	20000	156.17	1532	76.6	20000

156.57	1536	76.8	20000	169.22	1660	83	20000
156.98	1540	77	20000	169.62	1664	83.2	20000
157.39	1544	77.2	20000	170.03	1668	83.4	20000
157.80	1548	77.4	20000	170.44	1672	83.6	20000
158.21	1552	77.6	20000	170.85	1676	83.8	20000
158.61	1556	77.8	20000	171.25	1680	84	20000
159.02	1560	78	20000	171.66	1684	84.2	20000
159.43	1564	78.2	20000	172.07	1688	84.4	20000
159.84	1568	78.4	20000	172.48	1692	84.6	20000
160.24	1572	78.6	20000	172.88	1696	84.8	20000
160.65	1576	78.8	20000	173.29	1700	85	20000
161.06	1580	79	20000	173.70	1704	85.2	20000
161.47	1584	79.2	20000	174.11	1708	85.4	20000
161.88	1588	79.4	20000	174.52	1712	85.6	20000
162.28	1592	79.6	20000	174.92	1716	85.8	20000
162.69	1596	79.8	20000	175.33	1720	86	20000
163.10	1600	80	20000	175.74	1724	86.2	20000
163.51	1604	80.2	20000	176.15	1728	86.4	20000
163.91	1608	80.4	20000	176.55	1732	86.6	20000
164.32	1612	80.6	20000	176.96	1736	86.8	20000
164.73	1616	80.8	20000	177.37	1740	87	20000
165.14	1620	81	20000	177.78	1744	87.2	20000
165.55	1624	81.2	20000	178.19	1748	87.4	20000
165.95	1628	81.4	20000	178.59	1752	87.6	20000
166.36	1632	81.6	20000	179.00	1756	87.8	20000
166.77	1636	81.8	20000	179.41	1760	88	20000
167.18	1640	82	20000	179.82	1764	88.2	20000
167.58	1644	82.2	20000	180.22	1768	88.4	20000
167.99	1648	82.4	20000	180.63	1772	88.6	20000
168.40	1652	82.6	20000	181.04	1776	88.8	20000
168.81	1656	82.8	20000	181.45	1780	89	20000

181.86	1784	89.2	20000	194.50	1908	95.4	20000
182.26	1788	89.4	20000	194.90	1912	95.6	20000
182.67	1792	89.6	20000	195.31	1916	95.8	20000
183.08	1796	89.8	20000	195.72	1920	96	20000
183.49	1800	90	20000	196.13	1924	96.2	20000
183.89	1804	90.2	20000	196.53	1928	96.4	20000
184.30	1808	90.4	20000	196.94	1932	96.6	20000
184.71	1812	90.6	20000	197.35	1936	96.8	20000
185.12	1816	90.8	20000	197.76	1940	97	20000
185.52	1820	91	20000	198.17	1944	97.2	20000
185.93	1824	91.2	20000	198.57	1948	97.4	20000
186.34	1828	91.4	20000	198.98	1952	97.6	20000
186.75	1832	91.6	20000	199.39	1956	97.8	20000
187.16	1836	91.8	20000	199.80	1960	98	20000
187.56	1840	92	20000	200.20	1964	98.2	20000
187.97	1844	92.2	20000	200.61	1968	98.4	20000
188.38	1848	92.4	20000	201.02	1972	98.6	20000
188.79	1852	92.6	20000	201.43	1976	98.8	20000
189.19	1856	92.8	20000	201.83	1980	99	20000
189.60	1860	93	20000	202.24	1984	99.2	20000
190.01	1864	93.2	20000	202.65	1988	99.4	20000
190.42	1868	93.4	20000	203.06	1992	99.6	20000
190.83	1872	93.6	20000	203.47	1996	99.8	20000
191.23	1876	93.8	20000	203.87	2000	100	20000
191.64	1880	94	20000	204.28	2004	100.2	20000
192.05	1884	94.2	20000	204.69	2008	100.4	20000
192.46	1888	94.4	20000	205.10	2012	100.6	20000
192.86	1892	94.6	20000	205.50	2016	100.8	20000
193.27	1896	94.8	20000	205.91	2020	101	20000
193.68	1900	95	20000	206.32	2024	101.2	20000
194.09	1904	95.2	20000	206.73	2028	101.4	20000

207.14	2032	101.6	20000	219.78	2156	107.8	20000
207.54	2036	101.8	20000	220.18	2160	108	20000
207.95	2040	102	20000	220.59	2164	108.2	20000
208.36	2044	102.2	20000	221.00	2168	108.4	20000
208.77	2048	102.4	20000	221.41	2172	108.6	20000
209.17	2052	102.6	20000	221.81	2176	108.8	20000
209.58	2056	102.8	20000	222.22	2180	109	20000
209.99	2060	103	20000	222.63	2184	109.2	20000
210.40	2064	103.2	20000	223.04	2188	109.4	20000
210.81	2068	103.4	20000	223.45	2192	109.6	20000
211.21	2072	103.6	20000	223.85	2196	109.8	20000
211.62	2076	103.8	20000	224.26	2200	110	20000
212.03	2080	104	20000	224.67	2204	110.2	20000
212.44	2084	104.2	20000	225.08	2208	110.4	20000
212.84	2088	104.4	20000	225.48	2212	110.6	20000
213.25	2092	104.6	20000	225.89	2216	110.8	20000
213.66	2096	104.8	20000	226.30	2220	111	20000
214.07	2100	105	20000	226.71	2224	111.2	20000
214.48	2104	105.2	20000	227.12	2228	111.4	20000
214.88	2108	105.4	20000	227.52	2232	111.6	20000
215.29	2112	105.6	20000	227.93	2236	111.8	20000
215.70	2116	105.8	20000	228.34	2240	112	20000
216.11	2120	106	20000	228.75	2244	112.2	20000
216.51	2124	106.2	20000	229.15	2248	112.4	20000
216.92	2128	106.4	20000	229.56	2252	112.6	20000
217.33	2132	106.6	20000	229.97	2256	112.8	20000
217.74	2136	106.8	20000	230.38	2260	113	20000
218.14	2140	107	20000	230.78	2264	113.2	20000
218.55	2144	107.2	20000	231.19	2268	113.4	20000
218.96	2148	107.4	20000	231.60	2272	113.6	20000
219.37	2152	107.6	20000	232.01	2276	113.8	20000

232.42	2280	114	20000	245.06	2404	120.2	20000
232.82	2284	114.2	20000	245.46	2408	120.4	20000
233.23	2288	114.4	20000	245.87	2412	120.6	20000
233.64	2292	114.6	20000	246.28	2416	120.8	20000
234.05	2296	114.8	20000	246.69	2420	121	20000
234.45	2300	115	20000	247.09	2424	121.2	20000
234.86	2304	115.2	20000	247.50	2428	121.4	20000
235.27	2308	115.4	20000	247.91	2432	121.6	20000
235.68	2312	115.6	20000	248.32	2436	121.8	20000
236.09	2316	115.8	20000	248.73	2440	122	20000
236.49	2320	116	20000	249.13	2444	122.2	20000
236.90	2324	116.2	20000	249.54	2448	122.4	20000
237.31	2328	116.4	20000	249.95	2452	122.6	20000
237.72	2332	116.6	20000	250.36	2456	122.8	20000
238.12	2336	116.8	20000	250.76	2460	123	20000
238.53	2340	117	20000	251.17	2464	123.2	20000
238.94	2344	117.2	20000	251.58	2468	123.4	20000
239.35	2348	117.4	20000	251.99	2472	123.6	20000
239.76	2352	117.6	20000	252.40	2476	123.8	20000
240.16	2356	117.8	20000	252.80	2480	124	20000
240.57	2360	118	20000	253.21	2484	124.2	20000
240.98	2364	118.2	20000	253.62	2488	124.4	20000
241.39	2368	118.4	20000	254.03	2492	124.6	20000
241.79	2372	118.6	20000	254.43	2496	124.8	20000
242.20	2376	118.8	20000	254.84	2500	125	20000
242.61	2380	119	20000	255.25	2504	125.2	20000
243.02	2384	119.2	20000	255.66	2508	125.4	20000
243.43	2388	119.4	20000	256.07	2512	125.6	20000
243.83	2392	119.6	20000	256.47	2516	125.8	20000
244.24	2396	119.8	20000	256.88	2520	126	20000
244.65	2400	120	20000	257.29	2524	126.2	20000

257.70	2528	126.4	20000	270.34	2652	132.6	20000
258.10	2532	126.6	20000	270.74	2656	132.8	20000
258.51	2536	126.8	20000	271.15	2660	133	20000
258.92	2540	127	20000	271.56	2664	133.2	20000
259.33	2544	127.2	20000	271.97	2668	133.4	20000
259.73	2548	127.4	20000	272.38	2672	133.6	20000
260.14	2552	127.6	20000	272.78	2676	133.8	20000
260.55	2556	127.8	20000	273.19	2680	134	20000
260.96	2560	128	20000	273.60	2684	134.2	20000
261.37	2564	128.2	20000	274.01	2688	134.4	20000
261.77	2568	128.4	20000	274.41	2692	134.6	20000
262.18	2572	128.6	20000	274.82	2696	134.8	20000
262.59	2576	128.8	20000	275.23	2700	135	20000
263.00	2580	129	20000	275.64	2704	135.2	20000
263.40	2584	129.2	20000	276.04	2708	135.4	20000
263.81	2588	129.4	20000	276.45	2712	135.6	20000
264.22	2592	129.6	20000	276.86	2716	135.8	20000
264.63	2596	129.8	20000	277.27	2720	136	20000
265.04	2600	130	20000	277.68	2724	136.2	20000
265.44	2604	130.2	20000	278.08	2728	136.4	20000
265.85	2608	130.4	20000	278.49	2732	136.6	20000
266.26	2612	130.6	20000	278.90	2736	136.8	20000
266.67	2616	130.8	20000	279.31	2740	137	20000
267.07	2620	131	20000	279.71	2744	137.2	20000
267.48	2624	131.2	20000	280.12	2748	137.4	20000
267.89	2628	131.4	20000	280.53	2752	137.6	20000
268.30	2632	131.6	20000	280.94	2756	137.8	20000
268.71	2636	131.8	20000	281.35	2760	138	20000
269.11	2640	132	20000	281.75	2764	138.2	20000
269.52	2644	132.2	20000	282.16	2768	138.4	20000
269.93	2648	132.4	20000	282.57	2772	138.6	20000

282.98	2776	138.8	20000	295.62	2900	145	20000
283.38	2780	139	20000	296.02	2904	145.2	20000
283.79	2784	139.2	20000	296.43	2908	145.4	20000
284.20	2788	139.4	20000	296.84	2912	145.6	20000
284.61	2792	139.6	20000	297.25	2916	145.8	20000
285.02	2796	139.8	20000	297.66	2920	146	20000
285.42	2800	140	20000	298.06	2924	146.2	20000
285.83	2804	140.2	20000	298.47	2928	146.4	20000
286.24	2808	140.4	20000	298.88	2932	146.6	20000
286.65	2812	140.6	20000	299.29	2936	146.8	20000
287.05	2816	140.8	20000	299.69	2940	147	20000
287.46	2820	141	20000	300.10	2944	147.2	20000
287.87	2824	141.2	20000	300.51	2948	147.4	20000
288.28	2828	141.4	20000	300.92	2952	147.6	20000
288.69	2832	141.6	20000	301.33	2956	147.8	20000
289.09	2836	141.8	20000	301.73	2960	148	20000
289.50	2840	142	20000	302.14	2964	148.2	20000
289.91	2844	142.2	20000	302.55	2968	148.4	20000
290.32	2848	142.4	20000	302.96	2972	148.6	20000
290.72	2852	142.6	20000	303.36	2976	148.8	20000
291.13	2856	142.8	20000	303.77	2980	149	20000
291.54	2860	143	20000	304.18	2984	149.2	20000
291.95	2864	143.2	20000	304.59	2988	149.4	20000
292.35	2868	143.4	20000	304.99	2992	149.6	20000
292.76	2872	143.6	20000	305.40	2996	149.8	20000
293.17	2876	143.8	20000	305.81	3000	150	20000
293.58	2880	144	20000	306.22	3004	150.2	20000
293.99	2884	144.2	20000	306.63	3008	150.4	20000
294.39	2888	144.4	20000	307.03	3012	150.6	20000
294.80	2892	144.6	20000	307.44	3016	150.8	20000
295.21	2896	144.8	20000	307.85	3020	151	20000

308.26	3024	151.2	20000	320.90	3148	157.4	20000
308.66	3028	151.4	20000	321.30	3152	157.6	20000
309.07	3032	151.6	20000	321.71	3156	157.8	20000
309.48	3036	151.8	20000	322.12	3160	158	20000
309.89	3040	152	20000	322.53	3164	158.2	20000
310.30	3044	152.2	20000	322.94	3168	158.4	20000
310.70	3048	152.4	20000	323.34	3172	158.6	20000
311.11	3052	152.6	20000	323.75	3176	158.8	20000
311.52	3056	152.8	20000	324.16	3180	159	20000
311.93	3060	153	20000	324.57	3184	159.2	20000
312.33	3064	153.2	20000	324.97	3188	159.4	20000
312.74	3068	153.4	20000	325.38	3192	159.6	20000
313.15	3072	153.6	20000	325.79	3196	159.8	20000
313.56	3076	153.8	20000	326.20	3200	160	20000
313.97	3080	154	20000	326.61	3204	160.2	20000
314.37	3084	154.2	20000	327.01	3208	160.4	20000
314.78	3088	154.4	20000	327.42	3212	160.6	20000
315.19	3092	154.6	20000	327.83	3216	160.8	20000
315.60	3096	154.8	20000	328.24	3220	161	20000
316.00	3100	155	20000	328.64	3224	161.2	20000
316.41	3104	155.2	20000	329.05	3228	161.4	20000
316.82	3108	155.4	20000	329.46	3232	161.6	20000
317.23	3112	155.6	20000	329.87	3236	161.8	20000
317.64	3116	155.8	20000	330.28	3240	162	20000
318.04	3120	156	20000	330.68	3244	162.2	20000
318.45	3124	156.2	20000	331.09	3248	162.4	20000
318.86	3128	156.4	20000	331.50	3252	162.6	20000
319.27	3132	156.6	20000	331.91	3256	162.8	20000
319.67	3136	156.8	20000	332.31	3260	163	20000
320.08	3140	157	20000	332.72	3264	163.2	20000
320.49	3144	157.2	20000	333.13	3268	163.4	20000

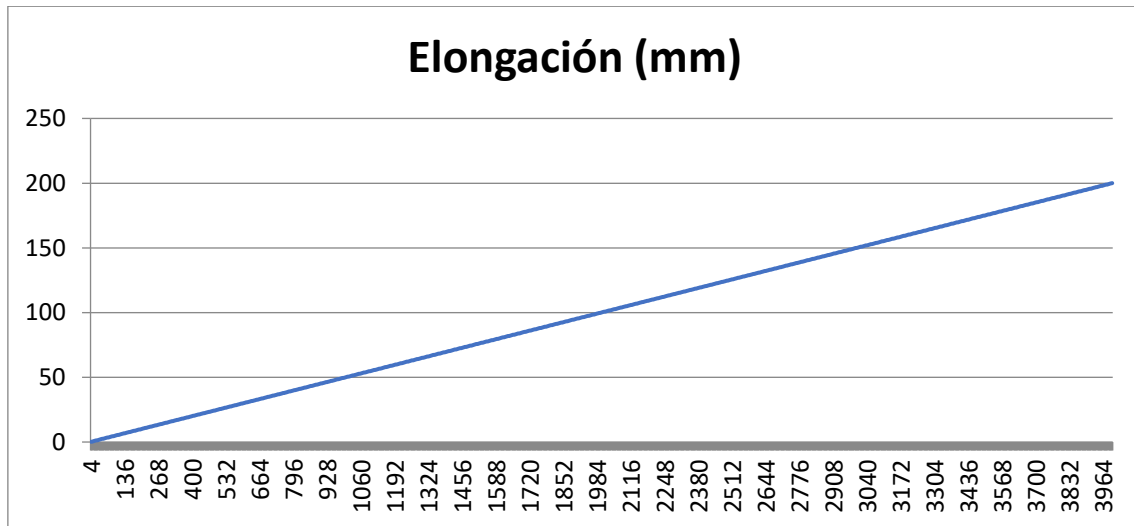


333.54	3272	163.6	20000	346.18	3396	169.8	20000
333.94	3276	163.8	20000	346.59	3400	170	20000
334.35	3280	164	20000	346.99	3404	170.2	20000
334.76	3284	164.2	20000	347.40	3408	170.4	20000
335.17	3288	164.4	20000	347.81	3412	170.6	20000
335.58	3292	164.6	20000	348.22	3416	170.8	20000
335.98	3296	164.8	20000	348.62	3420	171	20000
336.39	3300	165	20000	349.03	3424	171.2	20000
336.80	3304	165.2	20000	349.44	3428	171.4	20000
337.21	3308	165.4	20000	349.85	3432	171.6	20000
337.61	3312	165.6	20000	350.25	3436	171.8	20000
338.02	3316	165.8	20000	350.66	3440	172	20000
338.43	3320	166	20000	351.07	3444	172.2	20000
338.84	3324	166.2	20000	351.48	3448	172.4	20000
339.25	3328	166.4	20000	351.89	3452	172.6	20000
339.65	3332	166.6	20000	352.29	3456	172.8	20000
340.06	3336	166.8	20000	352.70	3460	173	20000
340.47	3340	167	20000	353.11	3464	173.2	20000
340.88	3344	167.2	20000	353.52	3468	173.4	20000
341.28	3348	167.4	20000	353.92	3472	173.6	20000
341.69	3352	167.6	20000	354.33	3476	173.8	20000
342.10	3356	167.8	20000	354.74	3480	174	20000
342.51	3360	168	20000	355.15	3484	174.2	20000
342.92	3364	168.2	20000	355.56	3488	174.4	20000
343.32	3368	168.4	20000	355.96	3492	174.6	20000
343.73	3372	168.6	20000	356.37	3496	174.8	20000
344.14	3376	168.8	20000	356.78	3500	175	20000
344.55	3380	169	20000	357.19	3504	175.2	20000
344.95	3384	169.2	20000	357.59	3508	175.4	20000
345.36	3388	169.4	20000	358.00	3512	175.6	20000
345.77	3392	169.6	20000	358.41	3516	175.8	20000

358.82	3520	176	20000	371.46	3644	182.2	20000
359.23	3524	176.2	20000	371.87	3648	182.4	20000
359.63	3528	176.4	20000	372.27	3652	182.6	20000
360.04	3532	176.6	20000	372.68	3656	182.8	20000
360.45	3536	176.8	20000	373.09	3660	183	20000
360.86	3540	177	20000	373.50	3664	183.2	20000
361.26	3544	177.2	20000	373.90	3668	183.4	20000
361.67	3548	177.4	20000	374.31	3672	183.6	20000
362.08	3552	177.6	20000	374.72	3676	183.8	20000
362.49	3556	177.8	20000	375.13	3680	184	20000
362.90	3560	178	20000	375.54	3684	184.2	20000
363.30	3564	178.2	20000	375.94	3688	184.4	20000
363.71	3568	178.4	20000	376.35	3692	184.6	20000
364.12	3572	178.6	20000	376.76	3696	184.8	20000
364.53	3576	178.8	20000	377.17	3700	185	20000
364.93	3580	179	20000	377.57	3704	185.2	20000
365.34	3584	179.2	20000	377.98	3708	185.4	20000
365.75	3588	179.4	20000	378.39	3712	185.6	20000
366.16	3592	179.6	20000	378.80	3716	185.8	20000
366.56	3596	179.8	20000	379.20	3720	186	20000
366.97	3600	180	20000	379.61	3724	186.2	20000
367.38	3604	180.2	20000	380.02	3728	186.4	20000
367.79	3608	180.4	20000	380.43	3732	186.6	20000
368.20	3612	180.6	20000	380.84	3736	186.8	20000
368.60	3616	180.8	20000	381.24	3740	187	20000
369.01	3620	181	20000	381.65	3744	187.2	20000
369.42	3624	181.2	20000	382.06	3748	187.4	20000
369.83	3628	181.4	20000	382.47	3752	187.6	20000
370.23	3632	181.6	20000	382.87	3756	187.8	20000
370.64	3636	181.8	20000	383.28	3760	188	20000
371.05	3640	182	20000	383.69	3764	188.2	20000

384.10	3768	188.4	20000	396.33	3888	194.4	20000
384.51	3772	188.6	20000	396.74	3892	194.6	20000
384.91	3776	188.8	20000	397.15	3896	194.8	20000
385.32	3780	189	20000	397.55	3900	195	20000
385.73	3784	189.2	20000	397.96	3904	195.2	20000
386.14	3788	189.4	20000	398.37	3908	195.4	20000
386.54	3792	189.6	20000	398.78	3912	195.6	20000
386.95	3796	189.8	20000	399.18	3916	195.8	20000
387.36	3800	190	20000	399.59	3920	196	20000
387.77	3804	190.2	20000	400.00	3924	196.2	20000
388.18	3808	190.4	20000	400.41	3928	196.4	20000
388.58	3812	190.6	20000	400.82	3932	196.6	20000
388.99	3816	190.8	20000	401.22	3936	196.8	20000
389.40	3820	191	20000	401.63	3940	197	20000
389.81	3824	191.2	20000	402.04	3944	197.2	20000
390.21	3828	191.4	20000	402.45	3948	197.4	20000
390.62	3832	191.6	20000	402.85	3952	197.6	20000
391.03	3836	191.8	20000	403.26	3956	197.8	20000
391.44	3840	192	20000	403.67	3960	198	20000
391.85	3844	192.2	20000	404.08	3964	198.2	20000
392.25	3848	192.4	20000	404.49	3968	198.4	20000
392.66	3852	192.6	20000	404.89	3972	198.6	20000
393.07	3856	192.8	20000	405.30	3976	198.8	20000
393.48	3860	193	20000	405.71	3980	199	20000
393.88	3864	193.2	20000	406.12	3984	199.2	20000
394.29	3868	193.4	20000	406.52	3988	199.4	20000
394.70	3872	193.6	20000	406.93	3992	199.6	20000
395.11	3876	193.8	20000	407.34	3996	199.8	20000
395.51	3880	194	20000	407.75	4000	200	20000
395.92	3884	194.2	20000				

Se puede observar que la fuerza varía desde un valor de 4 Newton hasta un valor de 4000 Newton al aplicarlo en el amortiguador de prueba de 20000 N/m de valor de coeficiente de elasticidad.



La potencia mecánica se determina a partir de la expresión:

$$P = \frac{2 * \pi * RPM}{60}$$

Dónde.

P: Potencia mecánica, en Watt.

RPM: Velocidad de giro de la polea motriz que acciona al amortiguador.

Así mismo la potencia mecánica se expresa.

$$P = T * w$$

Dónde:

P: Potencia mecánica en watt.

T: Torque de la polea motriz, en N-m.

w: Velocidad angular en rad/s

Reemplazando valores, se obtiene los resultados de la potencia mecánica que requiere el motor para accionar el mecanismo de prueba de los amortiguadores.

Fuerza (Newton)	Velocidad Angular (Rad/s)	Velocidad (RPM)	Torque (N-m)	Potencia (Watt)
4	1.88	18	1	3
8	1.88	18	3	5
12	1.88	18	4	8
16	1.88	18	6	11
20	1.88	18	7	13
24	1.88	18	8	16
28	1.88	18	10	18
32	1.88	18	11	21
36	1.88	18	13	24
40	1.88	18	14	26
44	1.88	18	15	29
48	1.88	18	17	32
52	1.88	18	18	34
56	1.88	18	20	37
60	1.88	18	21	40
64	1.88	18	22	42
68	1.88	18	24	45
72	1.88	18	25	47
76	1.88	18	27	50
80	1.88	18	28	53
84	1.88	18	29	55
88	1.88	18	31	58
92	1.88	18	32	61
96	1.88	18	34	63
100	1.88	18	35	66
104	1.88	18	36	69

108	1.88	18	38	71
112	1.88	18	39	74
116	1.88	18	41	76
120	1.88	18	42	79
124	1.88	18	43	82
128	1.88	18	45	84
132	1.88	18	46	87
136	1.88	18	48	90
140	1.88	18	49	92
144	1.88	18	50	95
148	1.88	18	52	98
152	1.88	18	53	100
156	1.88	18	55	103
160	1.88	18	56	106
164	1.88	18	57	108
168	1.88	18	59	111
172	1.88	18	60	113
176	1.88	18	62	116
180	1.88	18	63	119
184	1.88	18	64	121
188	1.88	18	66	124
192	1.88	18	67	127
196	1.88	18	69	129
200	1.88	18	70	132
204	1.88	18	71	135
208	1.88	18	73	137
212	1.88	18	74	140
216	1.88	18	76	142
220	1.88	18	77	145
224	1.88	18	78	148
228	1.88	18	80	150

232	1.88	18	81	153
236	1.88	18	83	156
240	1.88	18	84	158
244	1.88	18	85	161
248	1.88	18	87	164
252	1.88	18	88	166
256	1.88	18	90	169
260	1.88	18	91	171
264	1.88	18	92	174
268	1.88	18	94	177
272	1.88	18	95	179
276	1.88	18	97	182
280	1.88	18	98	185
284	1.88	18	99	187
288	1.88	18	101	190
292	1.88	18	102	193
296	1.88	18	104	195
300	1.88	18	105	198
304	1.88	18	106	200
308	1.88	18	108	203
312	1.88	18	109	206
316	1.88	18	111	208
320	1.88	18	112	211
324	1.88	18	113	214
328	1.88	18	115	216
332	1.88	18	116	219
336	1.88	18	118	222
340	1.88	18	119	224
344	1.88	18	120	227
348	1.88	18	122	229
352	1.88	18	123	232

356	1.88	18	125	235
360	1.88	18	126	237
364	1.88	18	127	240
368	1.88	18	129	243
372	1.88	18	130	245
376	1.88	18	132	248
380	1.88	18	133	251
384	1.88	18	134	253
388	1.99	19	136	270
392	1.99	19	137	273
396	1.99	19	139	276
400	1.99	19	140	278
404	1.99	19	141	281
408	1.99	19	143	284
412	1.99	19	144	287
416	1.99	19	146	290
420	1.99	19	147	292
424	1.99	19	148	295
428	1.99	19	150	298
432	1.99	19	151	301
436	1.99	19	153	303
440	1.99	19	154	306
444	1.99	19	155	309
448	1.99	19	157	312
452	1.99	19	158	315
456	1.99	19	160	317
460	1.99	19	161	320
464	1.99	19	162	323
468	1.99	19	164	326
472	1.99	19	165	329
476	1.99	19	167	331



480	1.99	19	168	334
484	1.99	19	169	337
488	1.99	19	171	340
492	1.99	19	172	342
496	1.99	19	174	345
500	1.99	19	175	348
504	1.99	19	176	351
508	1.99	19	178	354
512	1.99	19	179	356
516	1.99	19	181	359
520	1.99	19	182	362
524	1.99	19	183	365
528	1.99	19	185	368
532	1.99	19	186	370
536	1.99	19	188	373
540	1.99	19	189	376
544	1.99	19	190	379
548	1.99	19	192	381
552	1.99	19	193	384
556	1.99	19	195	387
560	1.99	19	196	390
564	1.99	19	197	393
568	1.99	19	199	395
572	1.99	19	200	398
576	1.99	19	202	401
580	1.99	19	203	404
584	1.99	19	204	406
588	1.99	19	206	409
592	1.99	19	207	412
596	1.99	19	209	415
600	1.99	19	210	418

604	1.99	19	211	420
608	1.99	19	213	423
612	1.99	19	214	426
616	1.99	19	216	429
620	1.99	19	217	432
624	1.99	19	218	434
628	2.09	20	220	460
632	2.09	20	221	463
636	2.09	20	223	466
640	2.09	20	224	469
644	2.09	20	225	472
648	2.09	20	227	475
652	2.09	20	228	478
656	2.09	20	230	481
660	2.09	20	231	484
664	2.09	20	232	486
668	2.09	20	234	489
672	2.09	20	235	492
676	2.09	20	237	495
680	2.09	20	238	498
684	2.09	20	239	501
688	2.09	20	241	504
692	2.09	20	242	507
696	2.09	20	244	510
700	2.09	20	245	513
704	2.09	20	246	516
708	2.09	20	248	519
712	2.09	20	249	522
716	2.09	20	251	525
720	2.09	20	252	528
724	2.09	20	253	530

728	2.09	20	255	533
732	2.09	20	256	536
736	2.09	20	258	539
740	2.09	20	259	542
744	2.09	20	260	545
748	2.09	20	262	548
752	2.09	20	263	551
756	2.09	20	265	554
760	2.09	20	266	557
764	2.09	20	267	560
768	2.09	20	269	563
772	2.09	20	270	566
776	2.09	20	272	569
780	2.09	20	273	571
784	2.09	20	274	574
788	2.09	20	276	577
792	2.09	20	277	580
796	2.09	20	279	583
800	2.09	20	280	586
804	2.09	20	281	589
808	2.09	20	283	592
812	2.09	20	284	595
816	2.09	20	286	598
820	2.09	20	287	601
824	2.09	20	288	604
828	2.09	20	290	607
832	2.09	20	291	610
836	2.09	20	293	613
840	2.09	20	294	615
844	2.09	20	295	618
848	2.09	20	297	621

852	2.09	20	298	624
856	2.09	20	300	627
860	2.09	20	301	630
864	2.09	20	302	633
868	2.09	20	304	636
872	2.09	20	305	639
876	2.09	20	307	642
880	2.09	20	308	645
884	2.09	20	309	648
888	2.09	20	311	651
892	2.09	20	312	654
896	2.09	20	314	656
900	2.09	20	315	659
904	2.09	20	316	662
908	2.09	20	318	665
912	2.09	20	319	668
916	2.09	20	321	671
920	2.09	20	322	674
924	2.09	20	323	677
928	2.09	20	325	680
932	2.09	20	326	683
936	2.09	20	328	686
940	2.09	20	329	689
944	2.09	20	330	692
948	2.09	20	332	695
952	2.09	20	333	697
956	2.09	20	335	700
960	2.09	20	336	703
964	2.09	20	337	706
968	2.09	20	339	709
972	2.09	20	340	712

976	2.09	20	342	715
980	2.09	20	343	718
984	2.09	20	344	721
988	2.09	20	346	724
992	2.09	20	347	727
996	2.09	20	349	730
1000	2.09	20	350	733
1004	2.09	20	351	736
1008	2.09	20	353	739
1012	2.09	20	354	741
1016	2.09	20	356	744
1020	2.09	20	357	747
1024	2.09	20	358	750
1028	2.09	20	360	753
1032	2.09	20	361	756
1036	2.09	20	363	759
1040	2.09	20	364	762
1044	2.09	20	365	765
1048	2.09	20	367	768
1052	2.09	20	368	771
1056	2.09	20	370	774
1060	2.09	20	371	777
1064	2.09	20	372	780
1068	2.09	20	374	782
1072	2.09	20	375	785
1076	2.09	20	377	788
1080	2.09	20	378	791
1084	2.09	20	379	794
1088	2.09	20	381	797
1092	2.09	20	382	800
1096	2.09	20	384	803

1100	2.09	20	385	806
1104	2.09	20	386	809
1108	2.09	20	388	812
1112	2.09	20	389	815
1116	2.09	20	391	818
1120	2.09	20	392	821
1124	2.09	20	393	824
1128	2.09	20	395	826
1132	2.09	20	396	829
1136	2.09	20	398	832
1140	2.09	20	399	835
1144	2.09	20	400	838
1148	2.09	20	402	841
1152	2.09	20	403	844
1156	2.09	20	405	847
1160	2.09	20	406	850
1164	2.09	20	407	853
1168	2.09	20	409	856
1172	2.09	20	410	859
1176	2.09	20	412	862
1180	2.09	20	413	865
1184	2.09	20	414	867
1188	2.09	20	416	870
1192	2.09	20	417	873
1196	2.09	20	419	876
1200	2.09	20	420	879
1204	2.09	20	421	882
1208	2.09	20	423	885
1212	2.09	20	424	888
1216	2.09	20	426	891
1220	2.09	20	427	894

1224	2.09	20	428	897
1228	2.09	20	430	900
1232	2.09	20	431	903
1236	2.09	20	433	906
1240	2.09	20	434	909
1244	2.09	20	435	911
1248	2.09	20	437	914
1252	2.09	20	438	917
1256	2.09	20	440	920
1260	2.09	20	441	923
1264	2.09	20	442	926
1268	2.09	20	444	929
1272	2.09	20	445	932
1276	2.09	20	447	935
1280	2.09	20	448	938
1284	2.09	20	449	941
1288	2.09	20	451	944
1292	2.09	20	452	947
1296	2.09	20	454	950
1300	2.09	20	455	952
1304	2.09	20	456	955
1308	2.09	20	458	958
1312	2.09	20	459	961
1316	2.09	20	461	964
1320	2.09	20	462	967
1324	2.09	20	463	970
1328	2.09	20	465	973
1332	2.09	20	466	976
1336	2.09	20	468	979
1340	2.09	20	469	982
1344	2.09	20	470	985

1348	2.09	20	472	988
1352	2.09	20	473	991
1356	2.09	20	475	993
1360	2.09	20	476	996
1364	2.09	20	477	999
1368	2.09	20	479	1002
1372	2.09	20	480	1005
1376	2.09	20	482	1008
1380	2.09	20	483	1011
1384	2.09	20	484	1014
1388	2.09	20	486	1017
1392	2.09	20	487	1020
1396	2.09	20	489	1023
1400	2.09	20	490	1026
1404	2.09	20	491	1029
1408	2.09	20	493	1032
1412	2.09	20	494	1035
1416	2.09	20	496	1037
1420	2.09	20	497	1040
1424	2.09	20	498	1043
1428	2.09	20	500	1046
1432	2.09	20	501	1049
1436	2.09	20	503	1052
1440	2.09	20	504	1055
1444	2.09	20	505	1058
1448	2.09	20	507	1061
1452	2.09	20	508	1064
1456	2.09	20	510	1067
1460	2.09	20	511	1070
1464	2.09	20	512	1073
1468	2.09	20	514	1076



1472	2.09	20	515	1078
1476	2.09	20	517	1081
1480	2.09	20	518	1084
1484	2.09	20	519	1087
1488	2.09	20	521	1090
1492	2.09	20	522	1093
1496	2.20	21	524	1151
1500	2.20	21	525	1154
1504	2.20	21	526	1157
1508	2.20	21	528	1160
1512	2.20	21	529	1163
1516	2.20	21	531	1166
1520	2.20	21	532	1169
1524	2.20	21	533	1172
1528	2.20	21	535	1175
1532	2.20	21	536	1179
1536	2.20	21	538	1182
1540	2.20	21	539	1185
1544	2.20	21	540	1188
1548	2.20	21	542	1191
1552	2.20	21	543	1194
1556	2.20	21	545	1197
1560	2.20	21	546	1200
1564	2.20	21	547	1203
1568	2.20	21	549	1206
1572	2.20	21	550	1209
1576	2.20	21	552	1212
1580	2.20	21	553	1215
1584	2.20	21	554	1219
1588	2.20	21	556	1222
1592	2.20	21	557	1225

1596	2.20	21	559	1228
1600	2.20	21	560	1231
1604	2.20	21	561	1234
1608	2.20	21	563	1237
1612	2.20	21	564	1240
1616	2.20	21	566	1243
1620	2.20	21	567	1246
1624	2.20	21	568	1249
1628	2.20	21	570	1252
1632	2.20	21	571	1255
1636	2.20	21	573	1259
1640	2.20	21	574	1262
1644	2.20	21	575	1265
1648	2.20	21	577	1268
1652	2.20	21	578	1271
1656	2.20	21	580	1274
1660	2.20	21	581	1277
1664	2.20	21	582	1280
1668	2.20	21	584	1283
1672	2.20	21	585	1286
1676	2.20	21	587	1289
1680	2.20	21	588	1292
1684	2.20	21	589	1296
1688	2.20	21	591	1299
1692	2.20	21	592	1302
1696	2.20	21	594	1305
1700	2.20	21	595	1308
1704	2.20	21	596	1311
1708	2.20	21	598	1314
1712	2.20	21	599	1317
1716	2.20	21	601	1320

1720	2.20	21	602	1323
1724	2.20	21	603	1326
1728	2.20	21	605	1329
1732	2.20	21	606	1332
1736	2.20	21	608	1336
1740	2.20	21	609	1339
1744	2.20	21	610	1342
1748	2.20	21	612	1345
1752	2.20	21	613	1348
1756	2.20	21	615	1351
1760	2.20	21	616	1354
1764	2.20	21	617	1357
1768	2.20	21	619	1360
1772	2.20	21	620	1363
1776	2.20	21	622	1366
1780	2.20	21	623	1369
1784	2.20	21	624	1372
1788	2.20	21	626	1376
1792	2.20	21	627	1379
1796	2.20	21	629	1382
1800	2.20	21	630	1385
1804	2.20	21	631	1388
1808	2.20	21	633	1391
1812	2.20	21	634	1394
1816	2.20	21	636	1397
1820	2.20	21	637	1400
1824	2.20	21	638	1403
1828	2.20	21	640	1406
1832	2.20	21	641	1409
1836	2.20	21	643	1412
1840	2.20	21	644	1416

1844	2.20	21	645	1419
1848	2.20	21	647	1422
1852	2.20	21	648	1425
1856	2.20	21	650	1428
1860	2.20	21	651	1431
1864	2.20	21	652	1434
1868	2.20	21	654	1437
1872	2.20	21	655	1440
1876	2.20	21	657	1443
1880	2.20	21	658	1446
1884	2.20	21	659	1449
1888	2.20	21	661	1452
1892	2.20	21	662	1456
1896	2.20	21	664	1459
1900	2.20	21	665	1462
1904	2.20	21	666	1465
1908	2.20	21	668	1468
1912	2.20	21	669	1471
1916	2.20	21	671	1474
1920	2.20	21	672	1477
1924	2.20	21	673	1480
1928	2.20	21	675	1483
1932	2.20	21	676	1486
1936	2.20	21	678	1489
1940	2.20	21	679	1492
1944	2.20	21	680	1496
1948	2.20	21	682	1499
1952	2.20	21	683	1502
1956	2.20	21	685	1505
1960	2.20	21	686	1508
1964	2.20	21	687	1511

1968	2.20	21	689	1514
1972	2.20	21	690	1517
1976	2.20	21	692	1520
1980	2.20	21	693	1523
1984	2.20	21	694	1526
1988	2.20	21	696	1529
1992	2.20	21	697	1532
1996	2.20	21	699	1536
2000	2.20	21	700	1539
2004	2.20	21	701	1542
2008	2.20	21	703	1545
2012	2.20	21	704	1548
2016	2.20	21	706	1551
2020	2.20	21	707	1554
2024	2.20	21	708	1557
2028	2.20	21	710	1560
2032	2.20	21	711	1563
2036	2.20	21	713	1566
2040	2.20	21	714	1569
2044	2.20	21	715	1572
2048	2.30	22	717	1651
2052	2.30	22	718	1654
2056	2.30	22	720	1657
2060	2.30	22	721	1660
2064	2.30	22	722	1663
2068	2.30	22	724	1667
2072	2.30	22	725	1670
2076	2.30	22	727	1673
2080	2.30	22	728	1676
2084	2.30	22	729	1680
2088	2.30	22	731	1683

2092	2.30	22	732	1686
2096	2.30	22	734	1689
2100	2.30	22	735	1692
2104	2.30	22	736	1696
2108	2.41	23	738	1776
2112	2.41	23	739	1780
2116	2.41	23	741	1783
2120	2.41	23	742	1786
2124	2.41	23	743	1790
2128	2.41	23	745	1793
2132	2.41	23	746	1796
2136	2.41	23	748	1800
2140	2.41	23	749	1803
2144	2.41	23	750	1806
2148	2.41	23	752	1810
2152	2.41	23	753	1813
2156	2.41	23	755	1817
2160	2.41	23	756	1820
2164	2.41	23	757	1823
2168	2.41	23	759	1827
2172	2.41	23	760	1830
2176	2.41	23	762	1833
2180	2.41	23	763	1837
2184	2.41	23	764	1840
2188	2.41	23	766	1844
2192	2.41	23	767	1847
2196	2.41	23	769	1850
2200	2.41	23	770	1854
2204	2.41	23	771	1857
2208	2.41	23	773	1860
2212	2.41	23	774	1864

2216	2.41	23	776	1867
2220	2.51	24	777	1952
2224	2.51	24	778	1955
2228	2.51	24	780	1959
2232	2.51	24	781	1962
2236	2.51	24	783	1966
2240	2.51	24	784	1969
2244	2.51	24	785	1973
2248	2.51	24	787	1976
2252	2.51	24	788	1980
2256	2.51	24	790	1983
2260	2.51	24	791	1987
2264	2.51	24	792	1991
2268	2.51	24	794	1994
2272	2.51	24	795	1998
2276	2.51	24	797	2001
2280	2.51	24	798	2005
2284	2.51	24	799	2008
2288	2.51	24	801	2012
2292	2.51	24	802	2015
2296	2.51	24	804	2019
2300	2.51	24	805	2022
2304	2.51	24	806	2026
2308	2.51	24	808	2029
2312	2.51	24	809	2033
2316	2.51	24	811	2036
2320	2.51	24	812	2040
2324	2.51	24	813	2043
2328	2.51	24	815	2047
2332	2.51	24	816	2050
2336	2.51	24	818	2054

2340	2.51	24	819	2057
2344	2.51	24	820	2061
2348	2.51	24	822	2064
2352	2.51	24	823	2068
2356	2.51	24	825	2071
2360	2.51	24	826	2075
2364	2.51	24	827	2078
2368	2.62	25	829	2169
2372	2.62	25	830	2172
2376	2.62	25	832	2176
2380	2.62	25	833	2180
2384	2.62	25	834	2183
2388	2.62	25	836	2187
2392	2.62	25	837	2191
2396	2.62	25	839	2194
2400	2.62	25	840	2198
2404	2.62	25	841	2202
2408	2.62	25	843	2205
2412	2.62	25	844	2209
2416	2.62	25	846	2213
2420	2.62	25	847	2216
2424	2.62	25	848	2220
2428	2.62	25	850	2224
2432	2.62	25	851	2227
2436	2.62	25	853	2231
2440	2.62	25	854	2235
2444	2.62	25	855	2238
2448	2.62	25	857	2242
2452	2.62	25	858	2246
2456	2.62	25	860	2249
2460	2.62	25	861	2253



2464	2.62	25	862	2257
2468	2.62	25	864	2260
2472	2.62	25	865	2264
2476	2.62	25	867	2268
2480	2.62	25	868	2271
2484	2.62	25	869	2275
2488	2.62	25	871	2279
2492	2.62	25	872	2282
2496	2.62	25	874	2286
2500	2.62	25	875	2290
2504	2.62	25	876	2293
2508	2.62	25	878	2297
2512	2.62	25	879	2301
2516	2.62	25	881	2304
2520	2.62	25	882	2308
2524	2.62	25	883	2312
2528	2.62	25	885	2315
2532	2.62	25	886	2319
2536	2.62	25	888	2323
2540	2.62	25	889	2326
2544	2.62	25	890	2330
2548	2.62	25	892	2334
2552	2.62	25	893	2337
2556	2.62	25	895	2341
2560	2.62	25	896	2345
2564	2.62	25	897	2348
2568	2.62	25	899	2352
2572	2.62	25	900	2356
2576	2.62	25	902	2359
2580	2.62	25	903	2363
2584	2.62	25	904	2367

2588	2.62	25	906	2370
2592	2.62	25	907	2374
2596	2.62	25	909	2378
2600	2.62	25	910	2381
2604	2.62	25	911	2385
2608	2.62	25	913	2388
2612	2.62	25	914	2392
2616	2.62	25	916	2396
2620	2.62	25	917	2399
2624	2.62	25	918	2403
2628	2.62	25	920	2407
2632	2.62	25	921	2410
2636	2.62	25	923	2414
2640	2.62	25	924	2418
2644	2.62	25	925	2421
2648	2.62	25	927	2425
2652	2.62	25	928	2429
2656	2.62	25	930	2432
2660	2.62	25	931	2436
2664	2.62	25	932	2440
2668	2.62	25	934	2443
2672	2.62	25	935	2447
2676	2.62	25	937	2451
2680	2.62	25	938	2454
2684	2.62	25	939	2458
2688	2.62	25	941	2462
2692	2.62	25	942	2465
2696	2.62	25	944	2469
2700	2.62	25	945	2473
2704	2.62	25	946	2476
2708	2.62	25	948	2480

2712	2.62	25	949	2484
2716	2.62	25	951	2487
2720	2.62	25	952	2491
2724	2.62	25	953	2495
2728	2.62	25	955	2498
2732	2.62	25	956	2502
2736	2.62	25	958	2506
2740	2.62	25	959	2509
2744	2.62	25	960	2513
2748	2.62	25	962	2517
2752	2.62	25	963	2520
2756	2.62	25	965	2524
2760	2.62	25	966	2528
2764	2.62	25	967	2531
2768	2.62	25	969	2535
2772	2.62	25	970	2539
2776	2.62	25	972	2542
2780	2.62	25	973	2546
2784	2.62	25	974	2550
2788	2.62	25	976	2553
2792	2.62	25	977	2557
2796	2.62	25	979	2561
2800	2.62	25	980	2564
2804	2.62	25	981	2568
2808	2.62	25	983	2572
2812	2.62	25	984	2575
2816	2.62	25	986	2579
2820	2.62	25	987	2583
2824	2.62	25	988	2586
2828	2.62	25	990	2590
2832	2.62	25	991	2594

2836	2.62	25	993	2597
2840	2.62	25	994	2601
2844	2.62	25	995	2605
2848	2.62	25	997	2608
2852	2.62	25	998	2612
2856	2.62	25	1000	2616
2860	2.62	25	1001	2619
2864	2.62	25	1002	2623
2868	2.62	25	1004	2627
2872	2.62	25	1005	2630
2876	2.62	25	1007	2634
2880	2.62	25	1008	2638
2884	2.62	25	1009	2641
2888	2.62	25	1011	2645
2892	2.62	25	1012	2649
2896	2.62	25	1014	2652
2900	2.62	25	1015	2656
2904	2.62	25	1016	2660
2908	2.62	25	1018	2663
2912	2.62	25	1019	2667
2916	2.62	25	1021	2671
2920	2.62	25	1022	2674
2924	2.62	25	1023	2678
2928	2.62	25	1025	2682
2932	2.62	25	1026	2685
2936	2.62	25	1028	2689
2940	2.62	25	1029	2693
2944	2.62	25	1030	2696
2948	2.62	25	1032	2700
2952	2.62	25	1033	2704
2956	2.62	25	1035	2707

2960	2.62	25	1036	2711
2964	2.72	26	1037	2823
2968	2.72	26	1039	2827
2972	2.72	26	1040	2831
2976	2.72	26	1042	2835
2980	2.72	26	1043	2838
2984	2.72	26	1044	2842
2988	2.72	26	1046	2846
2992	2.72	26	1047	2850
2996	2.72	26	1049	2854
3000	2.72	26	1050	2857
3004	2.72	26	1051	2861
3008	2.72	26	1053	2865
3012	2.72	26	1054	2869
3016	2.72	26	1056	2873
3020	2.72	26	1057	2876
3024	2.72	26	1058	2880
3028	2.72	26	1060	2884
3032	2.72	26	1061	2888
3036	2.72	26	1063	2892
3040	2.72	26	1064	2895
3044	2.72	26	1065	2899
3048	2.72	26	1067	2903
3052	2.72	26	1068	2907
3056	2.72	26	1070	2911
3060	2.72	26	1071	2915
3064	2.72	26	1072	2918
3068	2.72	26	1074	2922
3072	2.72	26	1075	2926
3076	2.72	26	1077	2930
3080	2.72	26	1078	2934

3084	2.72	26	1079	2937
3088	2.72	26	1081	2941
3092	2.72	26	1082	2945
3096	2.72	26	1084	2949
3100	2.72	26	1085	2953
3104	2.72	26	1086	2956
3108	2.72	26	1088	2960
3112	2.72	26	1089	2964
3116	2.72	26	1091	2968
3120	2.72	26	1092	2972
3124	2.72	26	1093	2976
3128	2.72	26	1095	2979
3132	2.72	26	1096	2983
3136	2.72	26	1098	2987
3140	2.72	26	1099	2991
3144	2.72	26	1100	2995
3148	2.72	26	1102	2998
3152	2.72	26	1103	3002
3156	2.72	26	1105	3006
3160	2.72	26	1106	3010
3164	2.72	26	1107	3014
3168	2.72	26	1109	3017
3172	2.72	26	1110	3021
3176	2.72	26	1112	3025
3180	2.72	26	1113	3029
3184	2.72	26	1114	3033
3188	2.72	26	1116	3036
3192	2.72	26	1117	3040
3196	2.72	26	1119	3044
3200	2.72	26	1120	3048
3204	2.72	26	1121	3052

3208	2.72	26	1123	3056
3212	2.72	26	1124	3059
3216	2.72	26	1126	3063
3220	2.72	26	1127	3067
3224	2.72	26	1128	3071
3228	2.72	26	1130	3075
3232	2.72	26	1131	3078
3236	2.72	26	1133	3082
3240	2.72	26	1134	3086
3244	2.72	26	1135	3090
3248	2.72	26	1137	3094
3252	2.72	26	1138	3097
3256	2.72	26	1140	3101
3260	2.72	26	1141	3105
3264	2.72	26	1142	3109
3268	2.72	26	1144	3113
3272	2.72	26	1145	3116
3276	2.72	26	1147	3120
3280	2.72	26	1148	3124
3284	2.72	26	1149	3128
3288	2.72	26	1151	3132
3292	2.72	26	1152	3136
3296	2.72	26	1154	3139
3300	2.72	26	1155	3143
3304	2.72	26	1156	3147
3308	2.72	26	1158	3151
3312	2.72	26	1159	3155
3316	2.72	26	1161	3158
3320	2.72	26	1162	3162
3324	2.72	26	1163	3166
3328	2.72	26	1165	3170

3332	2.72	26	1166	3174
3336	2.72	26	1168	3177
3340	2.72	26	1169	3181
3344	2.72	26	1170	3185
3348	2.72	26	1172	3189
3352	2.72	26	1173	3193
3356	2.72	26	1175	3196
3360	2.72	26	1176	3200
3364	2.72	26	1177	3204
3368	2.72	26	1179	3208
3372	2.72	26	1180	3212
3376	2.72	26	1182	3216
3380	2.72	26	1183	3219
3384	2.72	26	1184	3223
3388	2.72	26	1186	3227
3392	2.72	26	1187	3231
3396	2.72	26	1189	3235
3400	2.72	26	1190	3238
3404	2.72	26	1191	3242
3408	2.72	26	1193	3246
3412	2.72	26	1194	3250
3416	2.72	26	1196	3254
3420	2.72	26	1197	3257
3424	2.72	26	1198	3261
3428	2.72	26	1200	3265
3432	2.72	26	1201	3269
3436	2.72	26	1203	3273
3440	2.72	26	1204	3276
3444	2.72	26	1205	3280
3448	2.72	26	1207	3284
3452	2.72	26	1208	3288



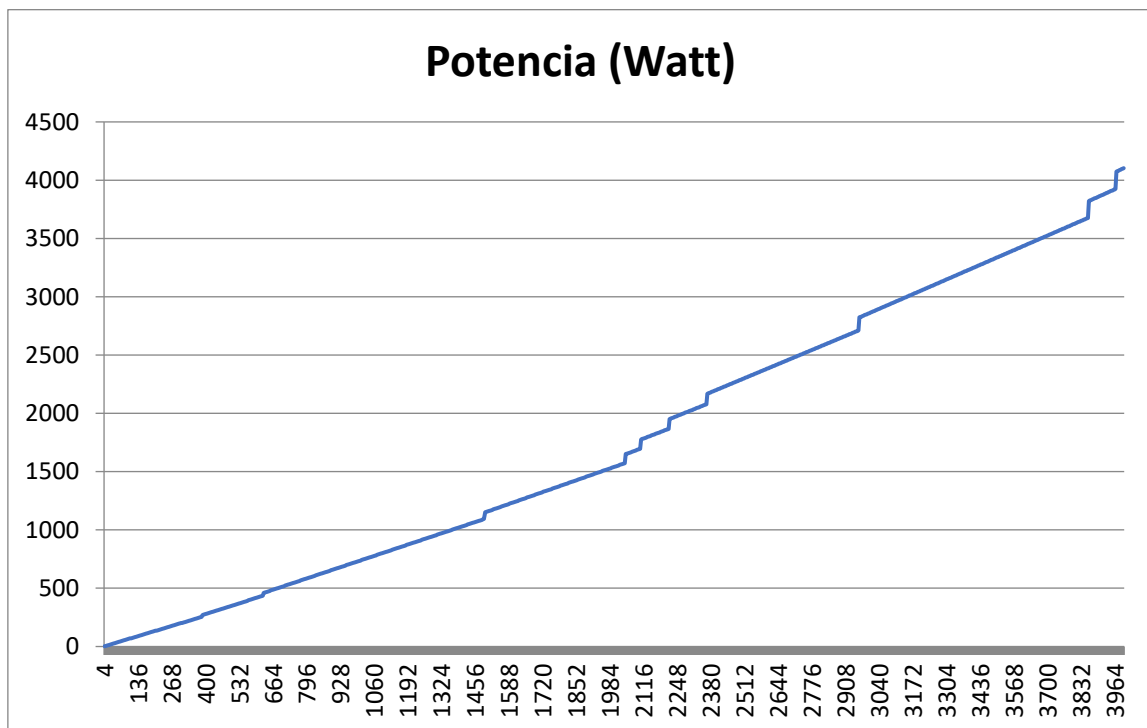
3456	2.72	26	1210	3292
3460	2.72	26	1211	3296
3464	2.72	26	1212	3299
3468	2.72	26	1214	3303
3472	2.72	26	1215	3307
3476	2.72	26	1217	3311
3480	2.72	26	1218	3315
3484	2.72	26	1219	3318
3488	2.72	26	1221	3322
3492	2.72	26	1222	3326
3496	2.72	26	1224	3330
3500	2.72	26	1225	3334
3504	2.72	26	1226	3337
3508	2.72	26	1228	3341
3512	2.72	26	1229	3345
3516	2.72	26	1231	3349
3520	2.72	26	1232	3353
3524	2.72	26	1233	3356
3528	2.72	26	1235	3360
3532	2.72	26	1236	3364
3536	2.72	26	1238	3368
3540	2.72	26	1239	3372
3544	2.72	26	1240	3376
3548	2.72	26	1242	3379
3552	2.72	26	1243	3383
3556	2.72	26	1245	3387
3560	2.72	26	1246	3391
3564	2.72	26	1247	3395
3568	2.72	26	1249	3398
3572	2.72	26	1250	3402
3576	2.72	26	1252	3406

3580	2.72	26	1253	3410
3584	2.72	26	1254	3414
3588	2.72	26	1256	3417
3592	2.72	26	1257	3421
3596	2.72	26	1259	3425
3600	2.72	26	1260	3429
3604	2.72	26	1261	3433
3608	2.72	26	1263	3436
3612	2.72	26	1264	3440
3616	2.72	26	1266	3444
3620	2.72	26	1267	3448
3624	2.72	26	1268	3452
3628	2.72	26	1270	3456
3632	2.72	26	1271	3459
3636	2.72	26	1273	3463
3640	2.72	26	1274	3467
3644	2.72	26	1275	3471
3648	2.72	26	1277	3475
3652	2.72	26	1278	3478
3656	2.72	26	1280	3482
3660	2.72	26	1281	3486
3664	2.72	26	1282	3490
3668	2.72	26	1284	3494
3672	2.72	26	1285	3497
3676	2.72	26	1287	3501
3680	2.72	26	1288	3505
3684	2.72	26	1289	3509
3688	2.72	26	1291	3513
3692	2.72	26	1292	3517
3696	2.72	26	1294	3520
3700	2.72	26	1295	3524

3704	2.72	26	1296	3528
3708	2.72	26	1298	3532
3712	2.72	26	1299	3536
3716	2.72	26	1301	3539
3720	2.72	26	1302	3543
3724	2.72	26	1303	3547
3728	2.72	26	1305	3551
3732	2.72	26	1306	3555
3736	2.72	26	1308	3558
3740	2.72	26	1309	3562
3744	2.72	26	1310	3566
3748	2.72	26	1312	3570
3752	2.72	26	1313	3574
3756	2.72	26	1315	3577
3760	2.72	26	1316	3581
3764	2.72	26	1317	3585
3768	2.72	26	1319	3589
3772	2.72	26	1320	3593
3776	2.72	26	1322	3597
3780	2.72	26	1323	3600
3784	2.72	26	1324	3604
3788	2.72	26	1326	3608
3792	2.72	26	1327	3612
3796	2.72	26	1329	3616
3800	2.72	26	1330	3619
3804	2.72	26	1331	3623
3808	2.72	26	1333	3627
3812	2.72	26	1334	3631
3816	2.72	26	1336	3635
3820	2.72	26	1337	3638
3824	2.72	26	1338	3642

3828	2.72	26	1340	3646
3832	2.72	26	1341	3650
3836	2.72	26	1343	3654
3840	2.72	26	1344	3657
3844	2.72	26	1345	3661
3848	2.72	26	1347	3665
3852	2.72	26	1348	3669
3856	2.72	26	1350	3673
3860	2.72	26	1351	3677
3864	2.83	27	1352	3822
3868	2.83	27	1354	3826
3872	2.83	27	1355	3830
3876	2.83	27	1357	3834
3880	2.83	27	1358	3838
3884	2.83	27	1359	3842
3888	2.83	27	1361	3846
3892	2.83	27	1362	3850
3896	2.83	27	1364	3854
3900	2.83	27	1365	3857
3904	2.83	27	1366	3861
3908	2.83	27	1368	3865
3912	2.83	27	1369	3869
3916	2.83	27	1371	3873
3920	2.83	27	1372	3877
3924	2.83	27	1373	3881
3928	2.83	27	1375	3885
3932	2.83	27	1376	3889
3936	2.83	27	1378	3893
3940	2.83	27	1379	3897
3944	2.83	27	1380	3901
3948	2.83	27	1382	3905

3952	2.83	27	1383	3909
3956	2.83	27	1385	3913
3960	2.83	27	1386	3917
3964	2.83	27	1387	3921
3968	2.83	27	1389	3925
3972	2.93	28	1390	4074
3976	2.93	28	1392	4078
3980	2.93	28	1393	4082
3984	2.93	28	1394	4087
3988	2.93	28	1396	4091
3992	2.93	28	1397	4095
3996	2.93	28	1399	4099
4000	2.93	28	1400	4103



El valor máximo de potencia mecánica que se requiere es de 4103 Watt, al aplicar una fuerza de 4000 Newton.

Para las simulaciones utilizaremos las siguientes Medidas:

- Constante de Rigidez de la Rueda: 115,000 N/m
- Constante de Amortiguación : 20000 N/m
- Constante de Rigidez : 17,000 N/m
- Masa Suspendida : 800 Kgf
- Ancho de Vía : 0.70 Mts.
- Distancia al Centro Gravedad : 1.10 Mts
- Momento de Inercia del Chasis : 1,200 Kgf
- Altura del Centro de Balanceo : 0.50 Mts
- Altura del Centro de Gravedad : 0.40 Mts
- Radio de la Rueda : 0.25 Mts

Al efectuarse los cálculos se obtienen los siguientes resultados:

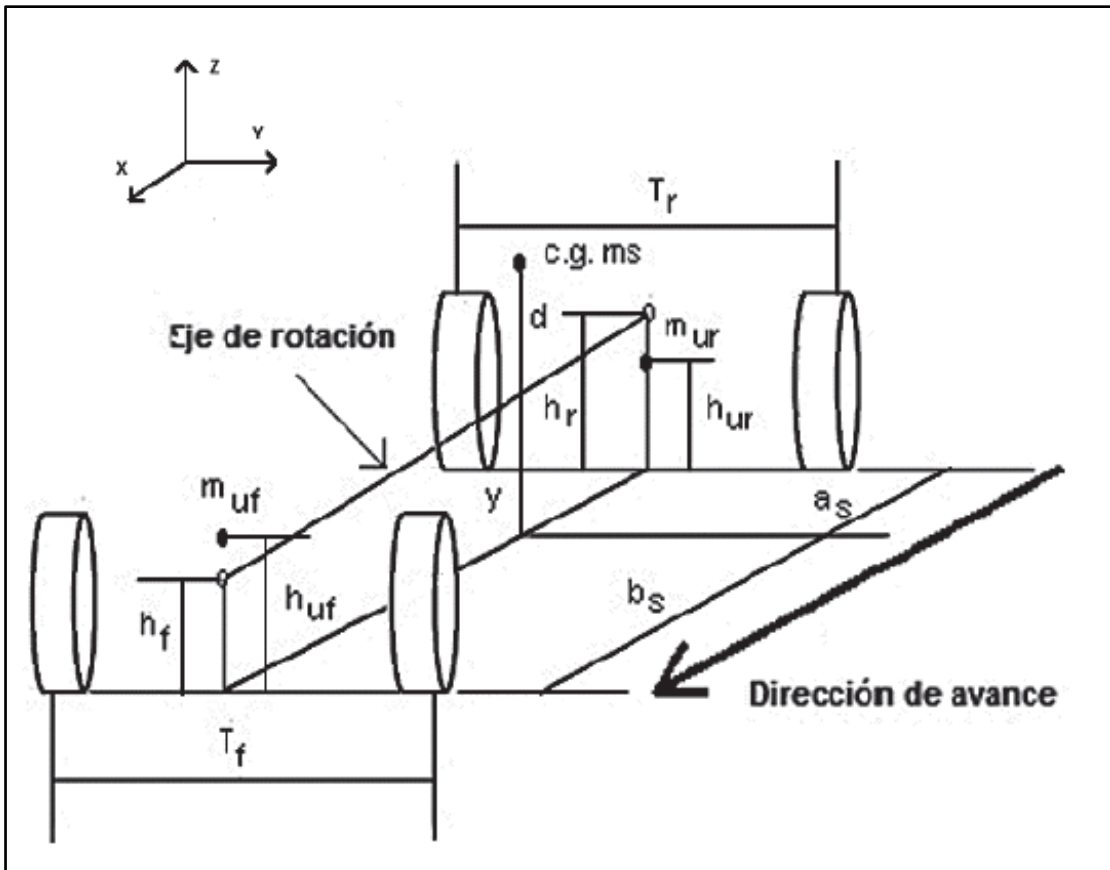
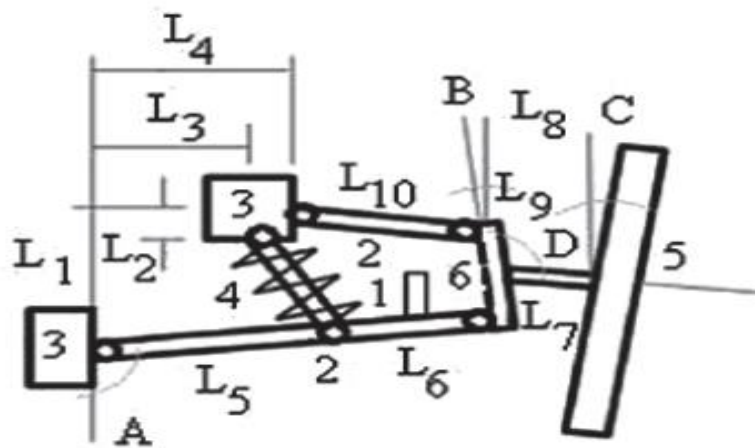


Figura 19.- Esquema paramétrico.

Fuente: Propia



1. Soporte para la barra de torsión.
2. Brazo de suspensión.
3. Chasis.
4. Resorte y amortiguador.
5. Rueda.
6. cubo de la rueda.

Figura 20.- Esquema paramétrico de La suspensión.

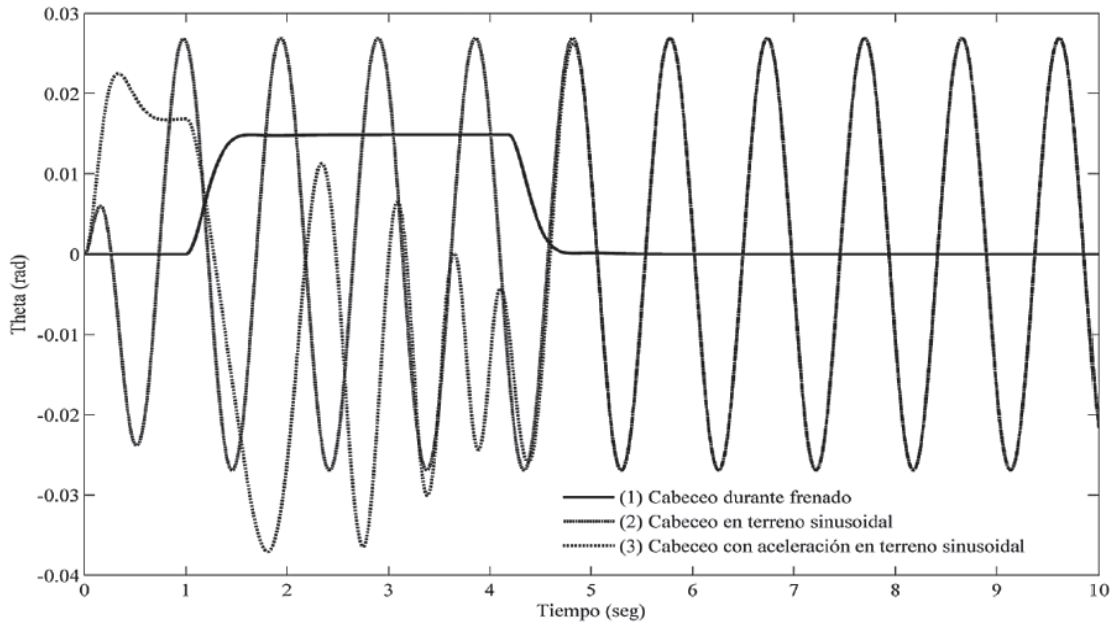
Fuente: Propia

Obteniendo los resultados, que resumimos en tabla adjunta:

Tabla 8.- Tabla De Resultados. Fuente: Propia.

CUADRO DE RESULTADOS DE CALCULOS DE SISTEMAS DE SUSPENSION ANALIZADOS								
POSICION	1	2	3	4	5	6	7	8
FZA Normal en el Eje N	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
Posicion del C.G. m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Aceleracion Lateral $ms^{-2}$	2	3	4	5	2	3	4	5
Aceleracion de la Gravedad $ms^{-2}$	3	4	5	6	3	4	5	6
Angulo de Balanceo rad	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Angulo de Cabeceo rad	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Distancia de eje delantero m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Distancia al eje Trasero	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Inercia eje X $kgm^2$	300	300	300	300	300	300	300	300
Inercia eje Y $kgm^2$	450	450	450	450	400	400	400	400
Distancia entre apoyos m	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Coefficiente de Rigidez $Nm^{-1}$	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
Deformacion Relativa m	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,08	0,05

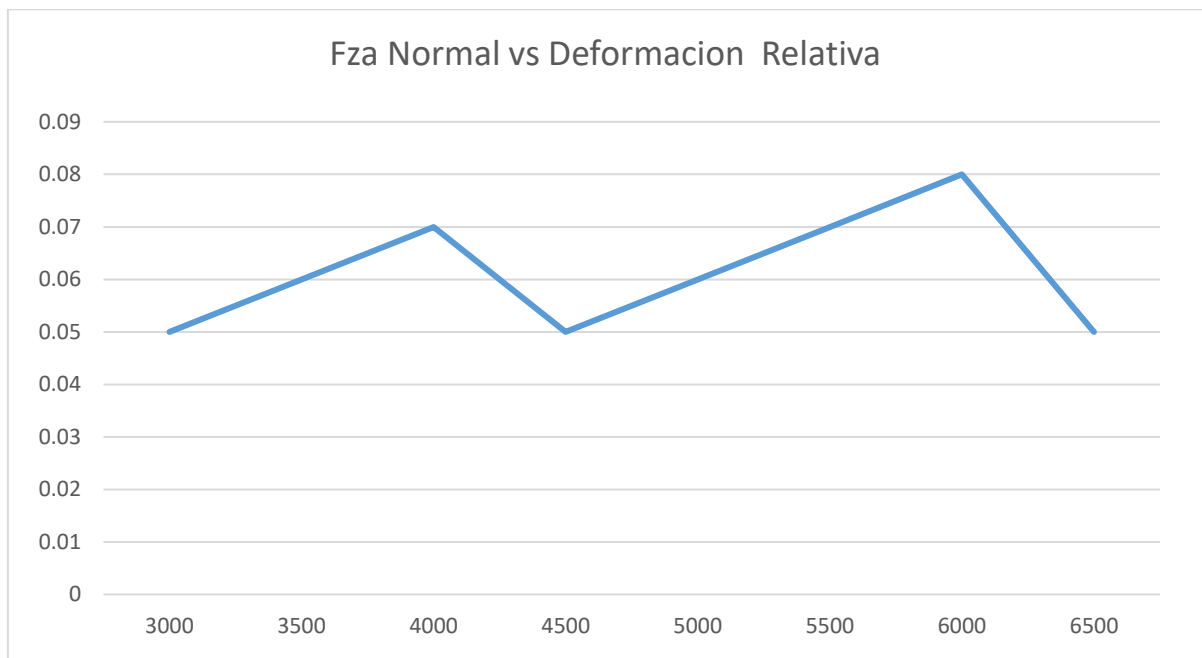
Fuente: Propia



**Figura 21.- Rotación plano vertical.**

**Fuente: Propia**

Los resultados de las experiencias realizados en las referencias utilizadas, los podemos sistematizar y expresar gráficamente, para de esta manera mejor visualizar las relaciones existentes entre las fuerzas actuantes, las magnitudes de las oscilaciones producidas y amortiguadas:



**Figura 22.- Fuerza normal Vs deformación relativa.**

**Fuente: Propia**



Para la relación existente entre el Angulo de cabeceo, expresado en radianes (y que expresa la magnitud de la oscilación lateral del amortiguador) y la aceleración lateral que la ocasiona fruto de las experiencias referenciadas, podemos deducir los siguientes gráficos, que expresan su relación:

### ÁNGULO CABECEO VS ACELERACIÓN LATERAL

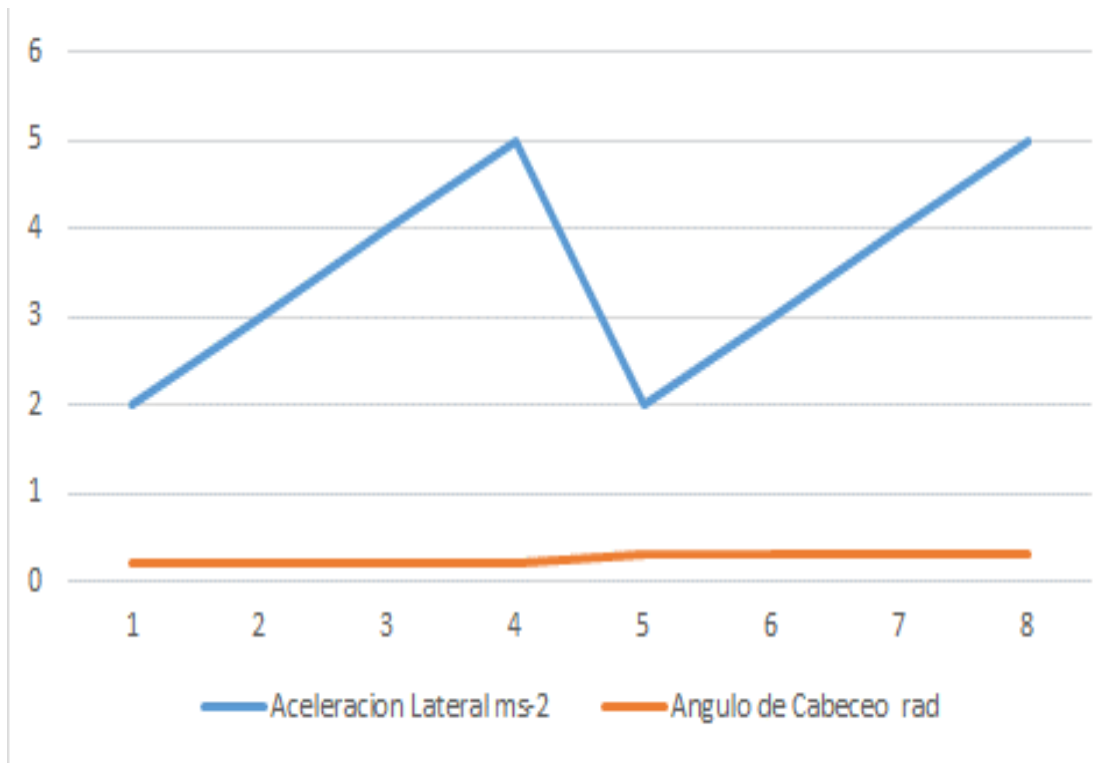


Figura 23.- Angulo de cabeceo Vs Aceleración lateral.

Fuente: Propia

### 3.3. Elaborar un protocolo de pruebas de amortiguadores Macpherson.

“El sistema del automóvil y su parámetro de diseño se examinan para cada modelo distinto complejo. El modelo presentado es muy sencillo con relación al fenómeno dinámico básico requerido.

Este símbolo  $\zeta(t)$  simboliza la irritación cinemática dependiendo del tiempo y la superficie de la pista esa deficiencia apreciada con el automóvil en desplazamiento rectilíneo a velocidad constante  $V$  (Hurel et al., 2013b), cada una de las variables serán aplicarán en la ecuación

Nº1 y serán parte de la motriz identificada en la ecuación, donde se tiene la matriz  $M$  como de inercia,  $C$  el amortiguamiento viscoso,  $K$  la rigidez,  $C\zeta$  la excitación transmitida por la amortiguación de las ruedas,  $K\zeta$  la excitación transmitida por la rigidez radial de la rueda, el vector  $q$ ,  $\dot{q}$ ,  $\ddot{q}$ , son el desplazamiento, velocidad y aceleración que experimenta el sistema (He y McPhee, 2007).”

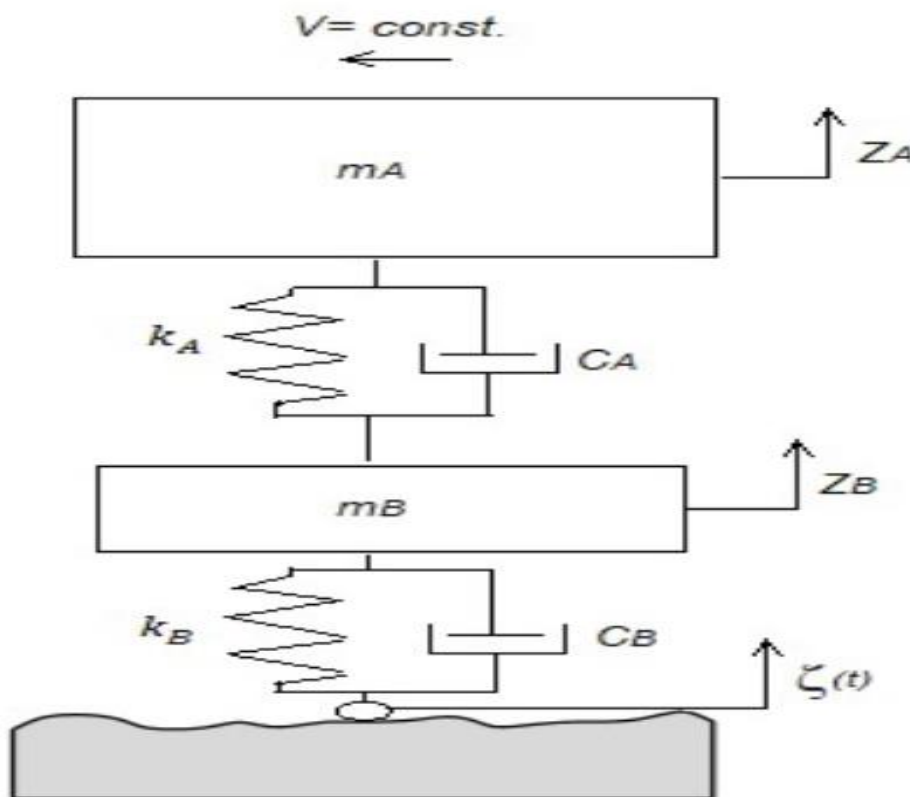


Figura 24.- Modelo de suspensión de un cuarto de vehículo.

Fuente: Propia

$$\underbrace{\begin{bmatrix} m_A & 0 \\ 0 & m_B \end{bmatrix}}_M \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} \ddot{z}_A \\ \ddot{z}_B \end{bmatrix}}_{\ddot{q}} + \underbrace{\begin{bmatrix} c_1 & -c_1 \\ -c_1 & c_1 + c_2 \end{bmatrix}}_C \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} \dot{z}_A \\ \dot{z}_B \end{bmatrix}}_{\dot{q}} + \underbrace{\begin{bmatrix} k_1 & -k_1 \\ -k_1 & k_1 + k_2 \end{bmatrix}}_K \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} z_A \\ z_B \end{bmatrix}}_q = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ c_2 \end{bmatrix}}_{C_\zeta} \cdot \dot{\zeta} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ k_2 \end{bmatrix}}_{K_\zeta} \zeta$$

$$M \cdot \ddot{q} + C \cdot \dot{q} + K \cdot q = C_\zeta \cdot \dot{\zeta} + K_\zeta \cdot \zeta$$

### Suspensión en la parte central del automóvil

La representación mostrada en el automóvil se aprecia la viga como un cierto peso, pudiendo ser considerado como infinito rígido, permitiendo analizar su reacción dinámica del automóvil.

Los movimientos de ingreso en la calzada U1 y U2, como se observa en la imagen 33, también es representado por los pesos sin suspender en el eje delantero y posterior M1 y M2 y el peso del automóvil M3

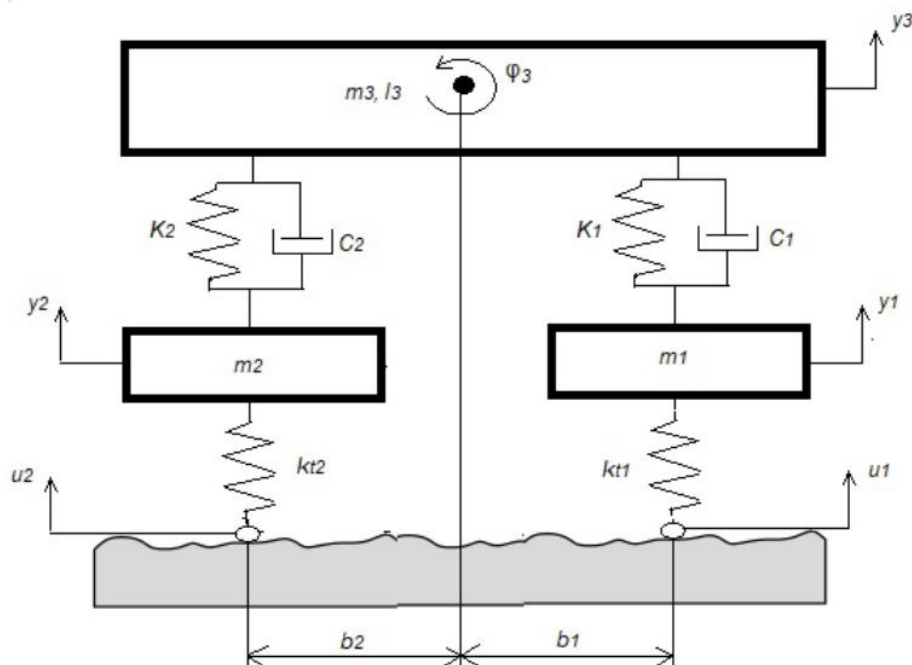


Figura 25.- Modelo de suspensión en la parte central del automóvil

Fuente: (Goga y Křučík, 2012).

La ecuación 3, 4, 5, 6 es de las oscilaciones del automóvil según clase, se formula para ser analizado su optimización de trabajo, en relación a la operación normal. (Goga y Ključik, 2012).

$$m_1\ddot{y}_1 + C_1(-\dot{y}_1 + \dot{y}_3 + b_1\dot{\varphi}_3) + K_1(-y_1 + y_3 + I_1\varphi_3) + k_{t1}(y_1 - u_1) = 0$$

$$m_2\ddot{y}_2 + C_2(-\dot{y}_2 + \dot{y}_3 - b_2\dot{\varphi}_3) + K_2(-y_2 + y_3 - I_2\varphi_3) + k_{t2}(y_2 - u_2) = 0$$

$$m_3\ddot{y}_3 + C_1(-\dot{y}_1 + \dot{y}_3 + b_1\dot{\varphi}_3) + C_2(-\dot{y}_2 + \dot{y}_3 - b_2\dot{\varphi}_3) + K_1(y_3 - y_1 + I_1\varphi_3) + K_2(-y_2 + y_3 - b_2\varphi_3) = 0$$

$$I_3\ddot{\varphi}_3 + C_1b_1(-\dot{y}_1 + \dot{y}_3 + b_1\dot{\varphi}_3) + C_2b_2(-\dot{y}_2 + \dot{y}_3 - b_2\dot{\varphi}_3) + K_1b_1(y_3 - y_1 + b_1\varphi_3) + K_2b_2(-y_2 + y_3 - b_2\varphi_3) = 0$$

### 3.4. Realizar la evaluación económica, con criterios VAN y TIR

Usaremos un método para el ingreso, costo marginal, que permitirá ejecutar elaboraciones en el estado financiero según proforma, en el cual se aplicará un estudio VANE (Valor actual neto a precio privado económico) y el criterio tire (Tasa interna de retorno económico).

Con las pruebas, logramos un mejor mantenimiento preventivo y por lo tanto una mayor duración de los amortiguadores de un 20%, de su vida útil, esto es equivalente a un ingreso del 10 % anual del precio de los servicios por elaboración de esa prueba a los sistemas de amortiguadores de los vehículos que realizan su mantenimiento en los Talleres de Interamericana, es decir un promedio de Ingreso adicional de S. / 14,000.00 Nuevos Soles al año por este mayor ingreso.

Bajo ese criterio efectuaremos la inversión inicial, como el suministro y montaje del banco de pruebas de amortiguadores,

**Tabla 9.- Presupuesto de fabricación instalación de un banco para pruebas de amortiguadores McPherson.**

<b>PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN E INSTALACION DE BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES MACPHERSON</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTD</b>	<b>P. UNI</b>	<b>P.PAR</b>	<b>TOTAL</b>
01	Suministro de Componentes de Banco de Prueba	1	12,650.00	12,650.00	
02	Montaje y Calibración de Banco de Pruebas	1	11.450.00	11,450.00	
		COSTO DIRECTO			24.100
		COSTO DE SUPERVISION			1,200
		G.G + UTILIDAD			4,800
		COSTO SIN IGV			30,100
		IGV			5,418
		COSTO TOTAL			35,518

Fuente: Propia

Trabajaremos con el siguiente criterio:

El periodo de vida útil para la máquina es en función a 5 años, será considerado su desuso tecnológico de los partes electrónicos con control a distancia.

Tasa de descuento: Se considero el trabajo, bajo criterio de financiamiento al 100% crédito del banco, acordando la tasa de oferta y demanda financiera. Curva (IS – LM) y el riesgo, tipo de negocio, cliente, se agregará un 10% anual, también se considera el coste de mantenimiento igual a 5% anual del valor activo.

Dejaremos de considerar la valoración sobrante de la maquina según vida útil, se consideró el hecho como determinativo, sin realizar los estudios de sensibilidades, esto permite determinar el flujo caja.

Flujo caja a cinco años y el precio considerado a capital, que equivale a 10%, con escasos valores residuales de recuperación, determinístico y su varianza cero, sin realizar estudio de sensibilidad:

**Tabla 10.- Flujo de caja**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>		14.000,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00
<b>EGRESOS</b>	35.518,00	1.775,90	1.775,90	1.775,90	1.775,90	1.775,90
<b>NETO</b>	-35.518,00	12.224,10	12.224,10	12.224,10	12.224,10	12.224,10

Fuente: Propia

Obteniendo el siguiente indicador financiero, como indicador que evaluaremos su viabilidad económica – financiera y el cambio, mejora efectuado sobre el banco de pruebas para amortiguadores.

**Tabla 11.- Tir y Van**

VAN	17.553,01		TASA	0,1
TIR	21,32%			

Fuente: Propia

La inversión de 35518 Soles, será producto del préstamo a una entidad bancaria, para lo cual se realiza la simulación del valor de la amortización mensual. Se realiza el financiamiento en el tiempo de 36 meses.

Se utiliza una tasa de interés del 12% anual.

Número	Valor del capital	Valor de la Amortización	Intereses	Valor de la Cuota (Soles)
1	35,518.00	824.53	355.18	1,179.71
2	34,693.47	832.77	346.93	1,179.71
3	33,860.70	841.10	338.61	1,179.71
4	33,019.60	849.51	330.20	1,179.71
5	32,170.09	858.00	321.70	1,179.71
6	31,312.09	866.58	313.12	1,179.71
7	30,445.50	875.25	304.46	1,179.71
8	29,570.25	884.00	295.70	1,179.71
9	28,686.25	892.84	286.86	1,179.71
10	27,793.41	901.77	277.93	1,179.71
11	26,891.64	910.79	268.92	1,179.71
12	25,980.85	919.90	259.81	1,179.71
13	25,060.95	929.10	250.61	1,179.71
14	24,131.85	938.39	241.32	1,179.71
15	23,193.46	947.77	231.93	1,179.71
16	22,245.69	957.25	222.46	1,179.71
17	21,288.44	966.82	212.88	1,179.71
18	20,321.62	976.49	203.22	1,179.71
19	19,345.13	986.25	193.45	1,179.71
20	18,358.88	996.12	183.59	1,179.71
21	17,362.76	1,006.08	173.63	1,179.71
22	16,356.68	1,016.14	163.57	1,179.71
23	15,340.54	1,026.30	153.41	1,179.71
24	14,314.24	1,036.56	143.14	1,179.71
25	13,277.68	1,046.93	132.78	1,179.71
26	12,230.75	1,057.40	122.31	1,179.71
27	11,173.35	1,067.97	111.73	1,179.71
28	10,105.38	1,078.65	101.05	1,179.71
29	9,026.73	1,089.44	90.27	1,179.71
30	7,937.29	1,100.33	79.37	1,179.71
31	6,836.96	1,111.34	68.37	1,179.71
32	5,725.62	1,122.45	57.26	1,179.71
33	4,603.17	1,133.67	46.03	1,179.71
34	3,469.50	1,145.01	34.69	1,179.71
35	2,324.49	1,156.46	23.24	1,179.71

#### **IV. DISCUSIÓN.**

La presente investigación pretende establecer un banco de pruebas que pude determinar el estado de los amortiguadores tipo Macpherson el sistema tiene un diseño de una maquina en vaivén accionado por un motor eléctrico este diseño obedece a las características propias de los amortiguadores tipo Macpherson con el cual se determinará el calor que se produce las repeticiones de su uso y evaluará si este cambio de temperaturas estará bajo los estándares de calidad de los amortiguadores.

El diseño es evaluado económicamente en el objetivo final mediante dos evaluadores económicos que nos permite considerar su tasa interna de retorno y su valor actual neto mediante esto se considerara una tasa con interés de 10% se determinó que es rentable económicamente el fabricar este banco de pruebas.

En la investigación determinada. “Diseño y construcción de prototipos en amortiguadores para automóviles fórmulas SAE”. En el cual el investigador animado por su crecimiento continuo de la idoneidad formula SAE.

La idea principal de la investigación, permite al especialista realizar una construcción del banco de pruebas para amortiguadores, que serán adaptados a la necesidad del automóvil formula SAE que permita desempeñarse, ajustarse, sea confiable, valor y masa. Empezaremos por el estudio de funcionabilidad del amortiguador que será utilizado.

En la investigación titulada. “Diseño y construcción del banco de pruebas para amortiguadores en automóviles livianos implementado en el taller de la escuela de ingeniería automotriz”. Esta enfatizada en solucionar la problemática del amortiguador, cuando su tratamiento es incorrecto, disminuye la vida útil, este espacio será cubierto con el diseño del banco de pruebas para amortiguadores. En el Perú la existencia de estas máquinas es escasas. Bajo este criterio de investigación inició el estudio de la tesis.

En la investigación. “Caracterización del banco de pruebas para la enseñanza de vibraciones mecánicas”. Explicar el concepto de vibración fue usado en años anteriores.



## V. CONCLUSIONES.

- Se hizo la cuantificación de los tipos de amortiguadores que ingresan a servicio de mantenimiento en la empresa Interamericana, y se puede observar que gran parte de los amortiguadores no son verificados su estado de funcionamiento debido a que no se cuenta con un banco que realice dicha verificación.
- Se realizó el dimensionamiento de los principales elementos electromecánicos, así como también la simulación de la variación de los parámetros de funcionamiento del banco de prueba a diferentes valores de elongación del resorte del amortiguador de prueba.
- Se elaboró el protocolo de pruebas para los amortiguadores Macpherson, de acuerdo a las condiciones de funcionamiento.
- Elaborar un protocolo de pruebas de amortiguadores
- Se realizó el análisis económico de la propuesta. El uso óptimo de amortiguadores MacPherson, calibrados y bien mantenidos en un vehículo es rentable a su conductor, y por lo tanto un Banco de prueba para amortiguadores resulta rentable, por sus indicadores VAN, con un resultado positivo en S/ 17,553.01 y una TIR del 21.32%.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda:

- Diagnosticar mayores parámetros de diseño en un amortiguador MacPherson debido a que es una tecnología nueva y muy usada.
- Mantener una medida sobre las fuerzas y direcciones de actuación para evaluar a la deformación del amortiguador.
- Ejecutar el diseño establecido por ser rentable económicamente.

## REFERENCIAS

**Alberdi Urbietta, Juan. 2013.** AMORTIGUADORES Y SUSPENSIÓN. Navara - España: Universidad de Navara, 2013

BANCO EXPERIMENTAL PARA PRUEBAS DE IMPACTO DE UN AMORTIGUADOR TIPO ELASTÓMERO. **Szwedowicz, Dariusz, y otros. 2005.** Morelia - México: s.n., 2015. IV CONGRESO BOLIVARIANO DE INGENIERÍA MECÁNICA. pág. 6.

**Budynas, Richard G., Nisbett, J. Keith y Ríos Sánchez, Miguel Ángel. 2008.** DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY. Octava. D.F: McGraw-Hill, 2008.

**Central Recambio Original. 2017.** <http://www.recambiooriginal.com/blog/recambios-originales/mecanica/avances-tecnologicos-la-direccion-la-suspension/>.  
<http://www.recambiooriginal.com/blog/recambios-originales/mecanica/avances-tecnologicos-la-direccion-la-suspension/>. [En línea] 04 de febrero de 2017. [Citado el: 01 de octubre de 2018.]

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AMORTIGUADOR PARA UN VEHÍCULO FÓRMULA SAE. **Romero, Juan y Díaz, Sergio. 2018.** 2, Mérida, Venezuela: s.n., Julio de 2018, Revista Ciencia e Ingeniería, Vol. 29, págs. 183-190.

**EFIEMPRESA. 2018.** <https://efiempresa.com/blog/efiempresa-industria-automotriz/>.  
<https://efiempresa.com/blog/efiempresa-industria-automotriz/>. [En línea] 27 de 06 de 2018. [Citado el: 1 de 10 de 2018.]

**Félix Heredia, Cesar Eduardo. 2014.** ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA PLACA DE FIJACIÓN ENTRE LA CARROCERÍA Y LA SUSPENSIÓN PARA CASO DE UN TODO TERRENO. Instituto Politécnico Nacional. México. D.F: s.n., 2014.

INDICE DE MOTORIZACIÓN. **ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE VEHICULOS AUTOMOTORES. 2016.** Bogotá: s.n., 2016.

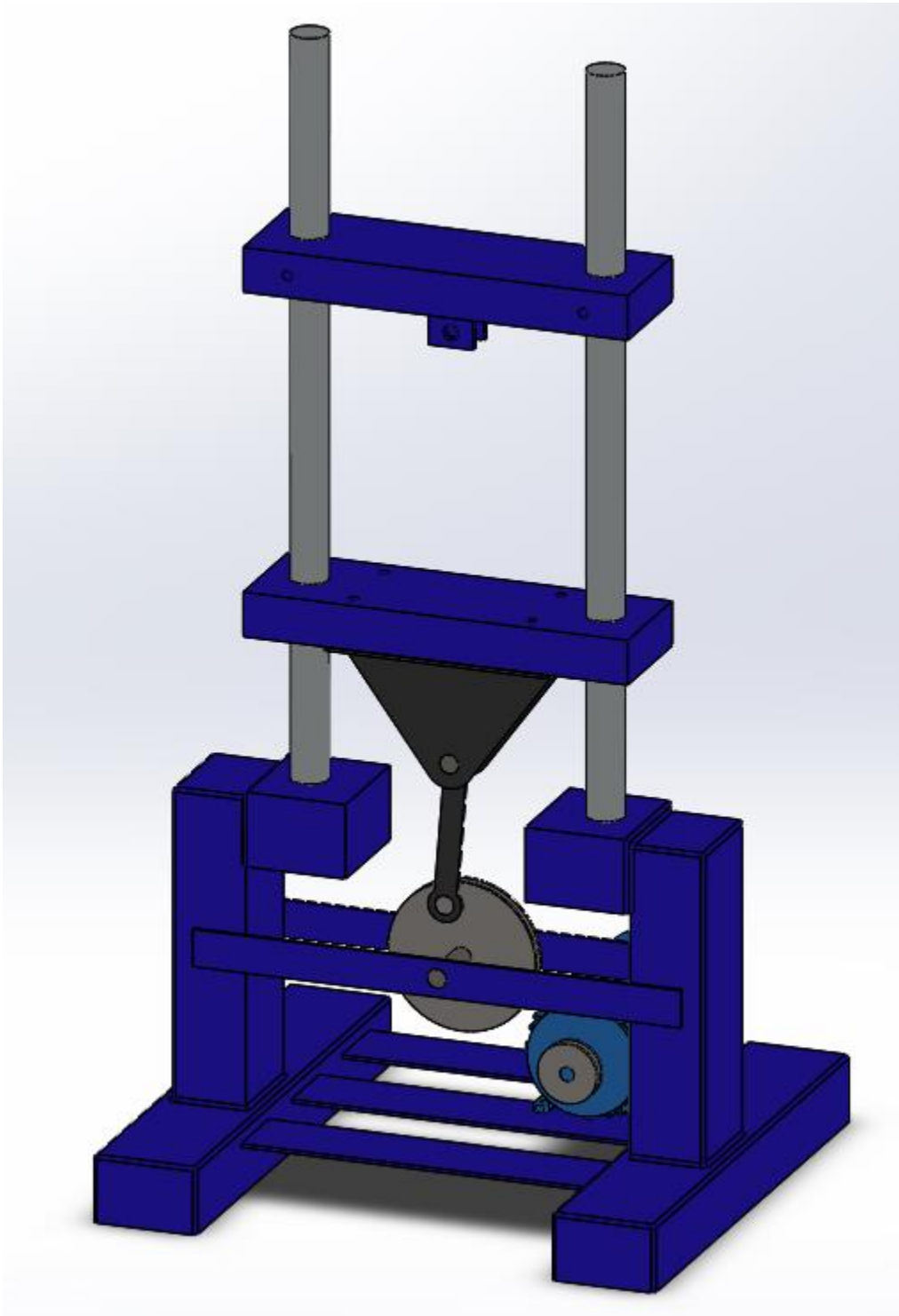
**Ministerio de Transporte y Comunicaciones.** [www.mtc.gob.pe/](http://www.mtc.gob.pe/). [En línea]

**Tixi Gusqui, Darío Javier y Torres Ramos, Ángel Daniel. 2015.** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA AMORTIGUADORES DE VEHÍCULOS LIVIANOS IMPLEMENTADO EN LOS TALLERES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ. RIOBAMBA – ECUADOR: s.n., 2015.

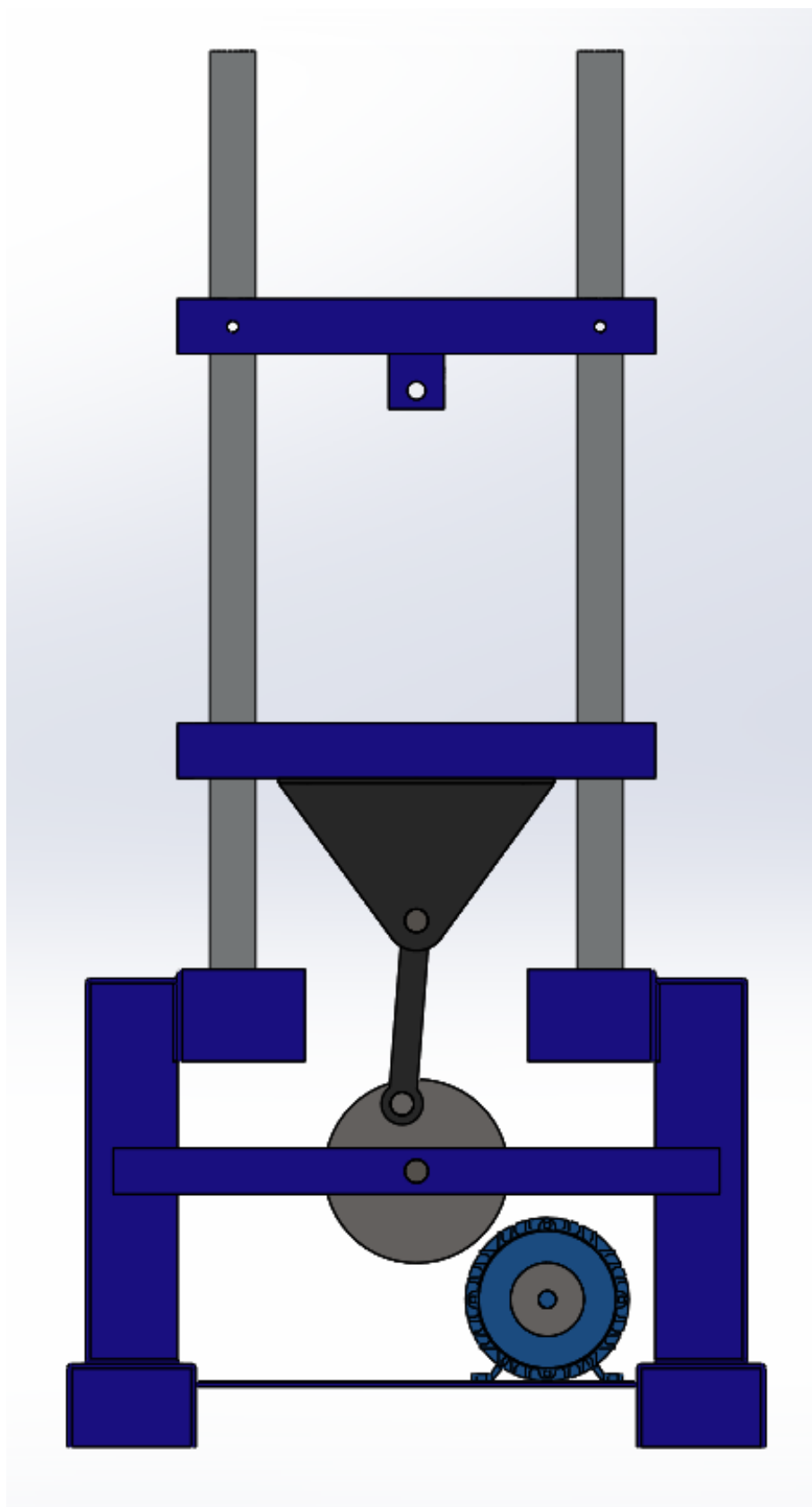
## ANEXOS

### Anexo N° 01.- Vistas de maquina ensamblada

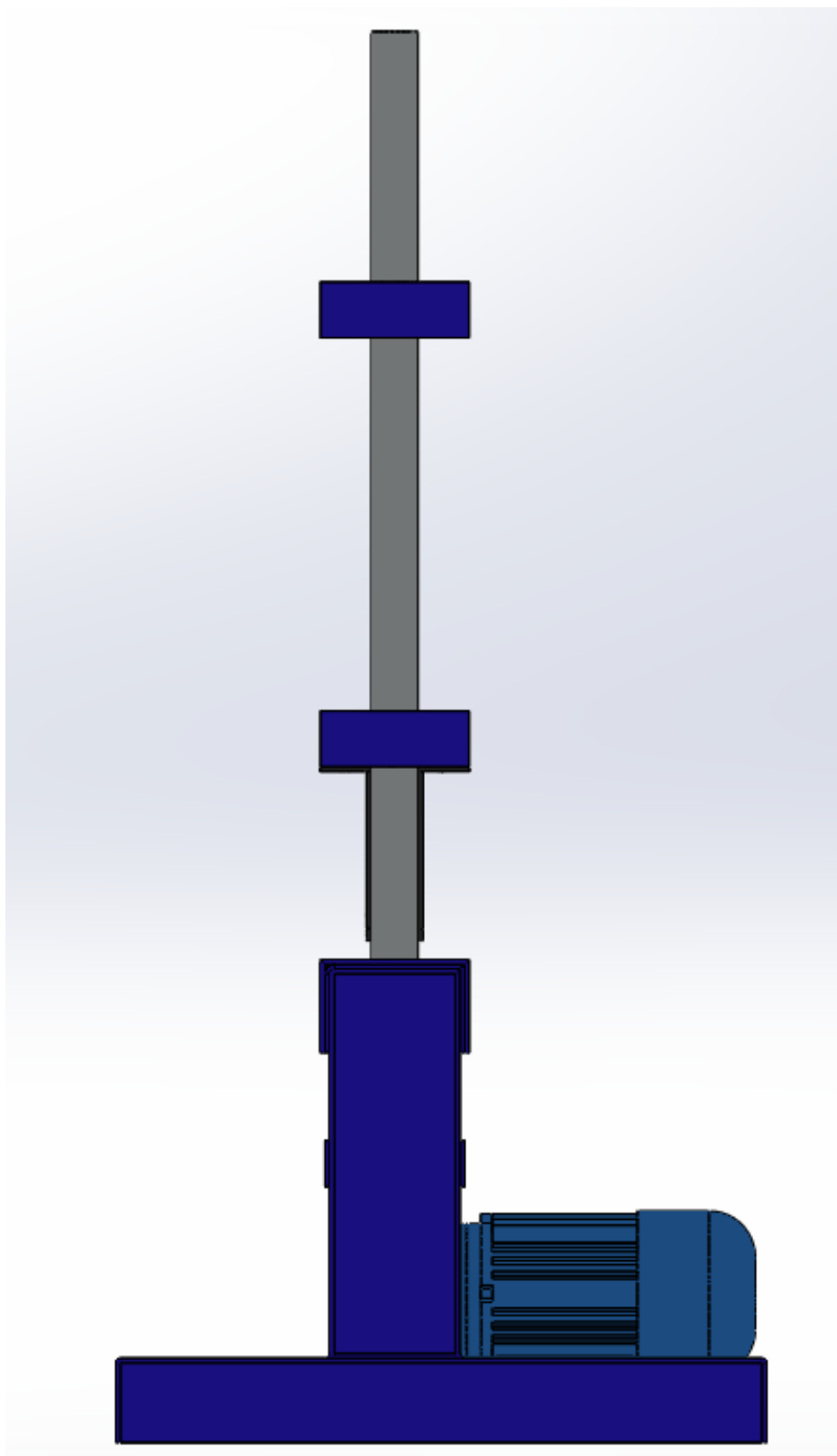
#### Vista isométrica



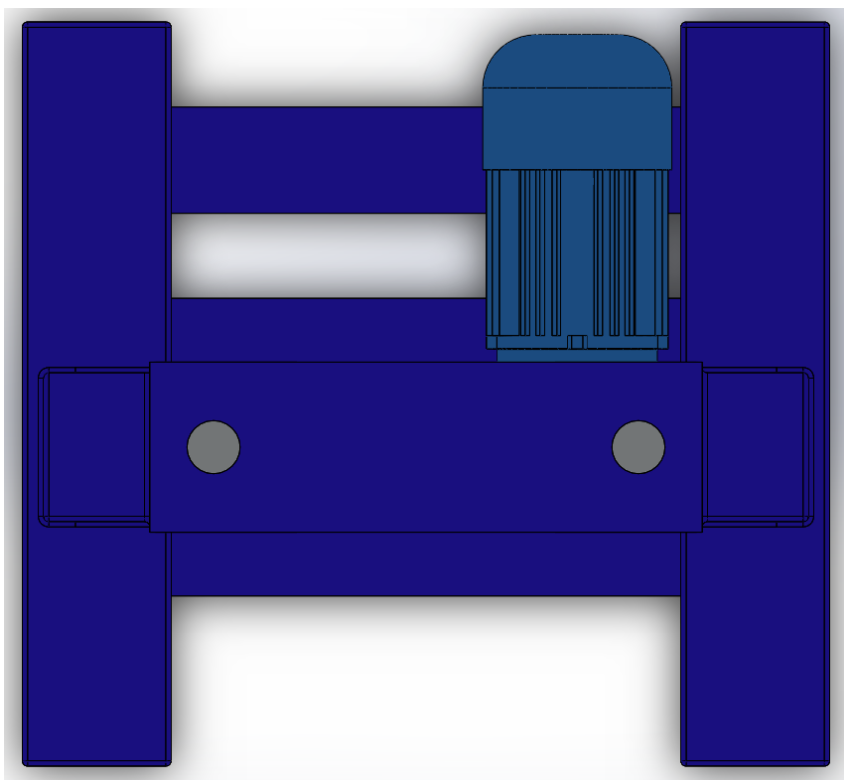
Vista frontal



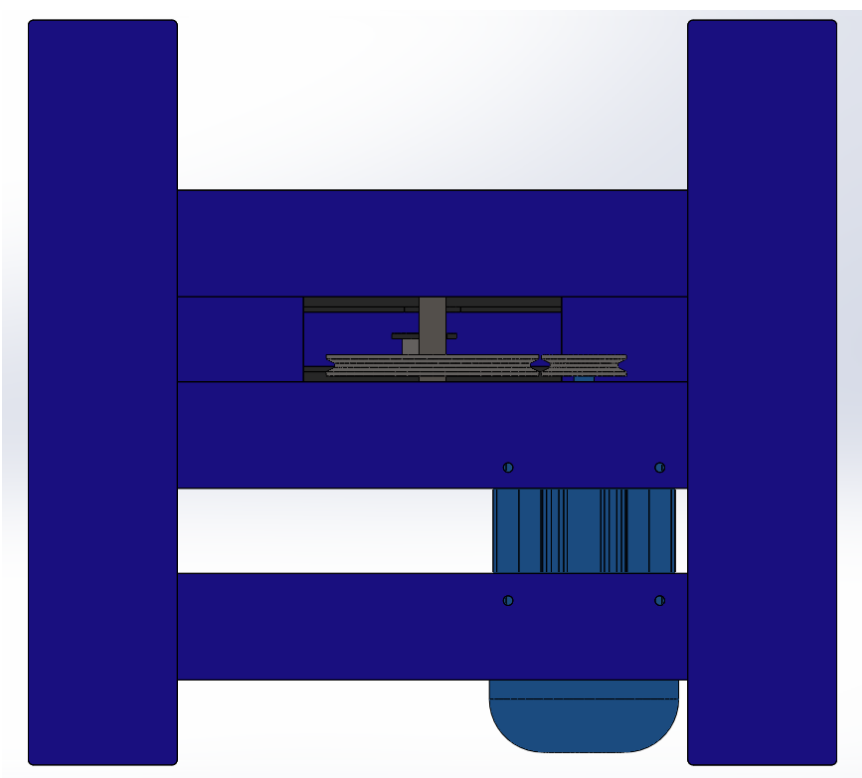
**Vista Lateral**



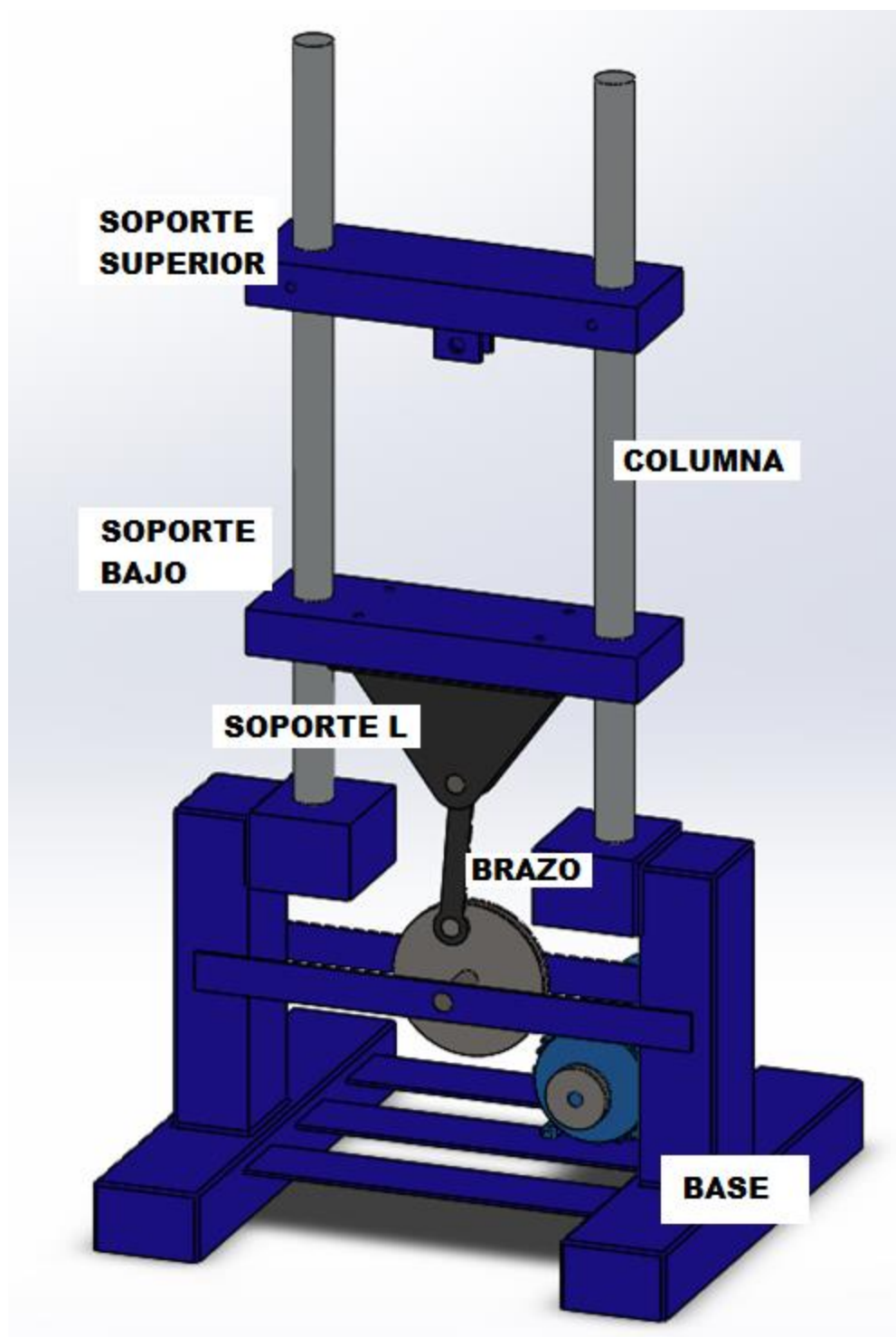
**Vista superior**



**Vista superior**

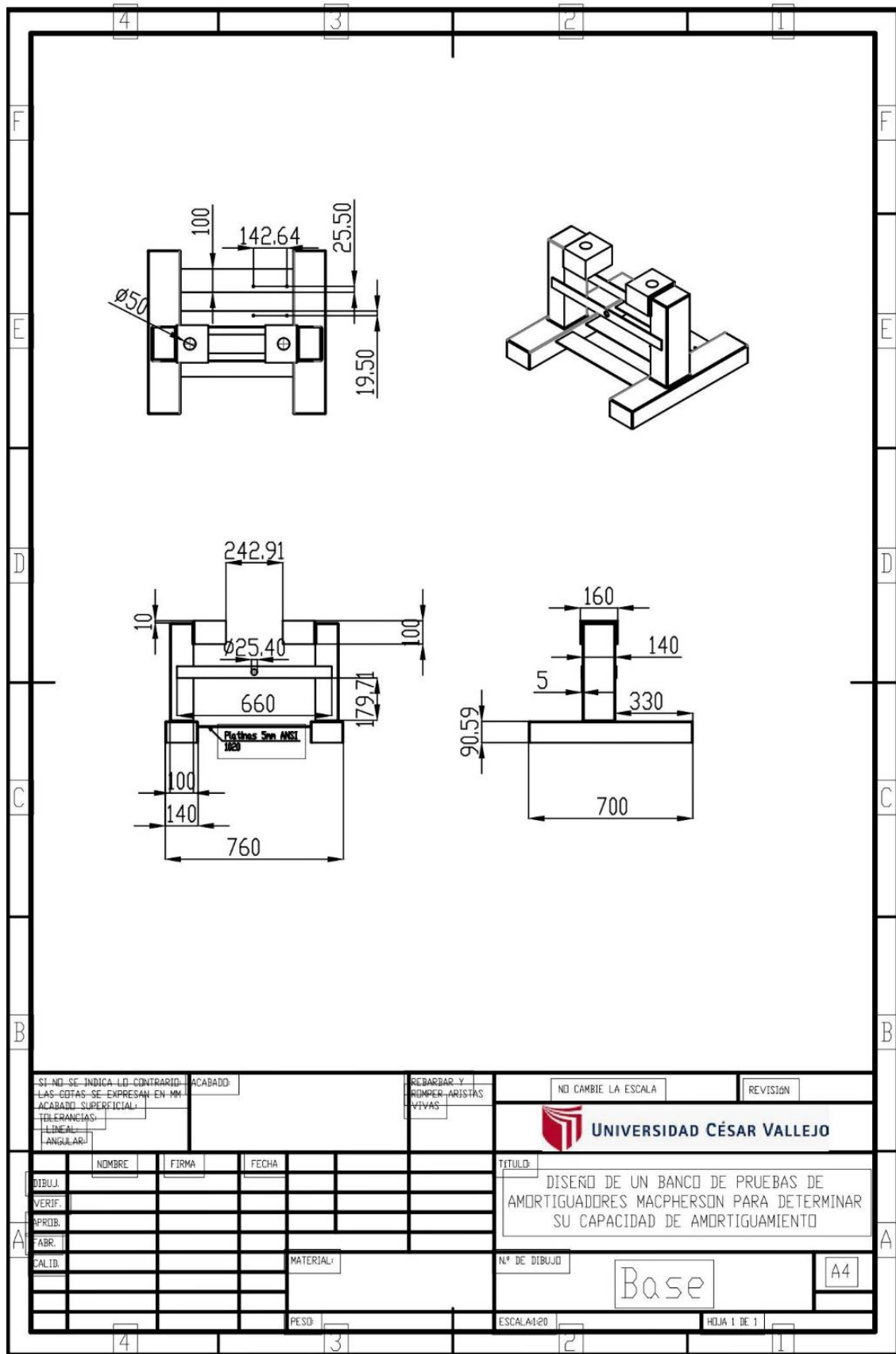


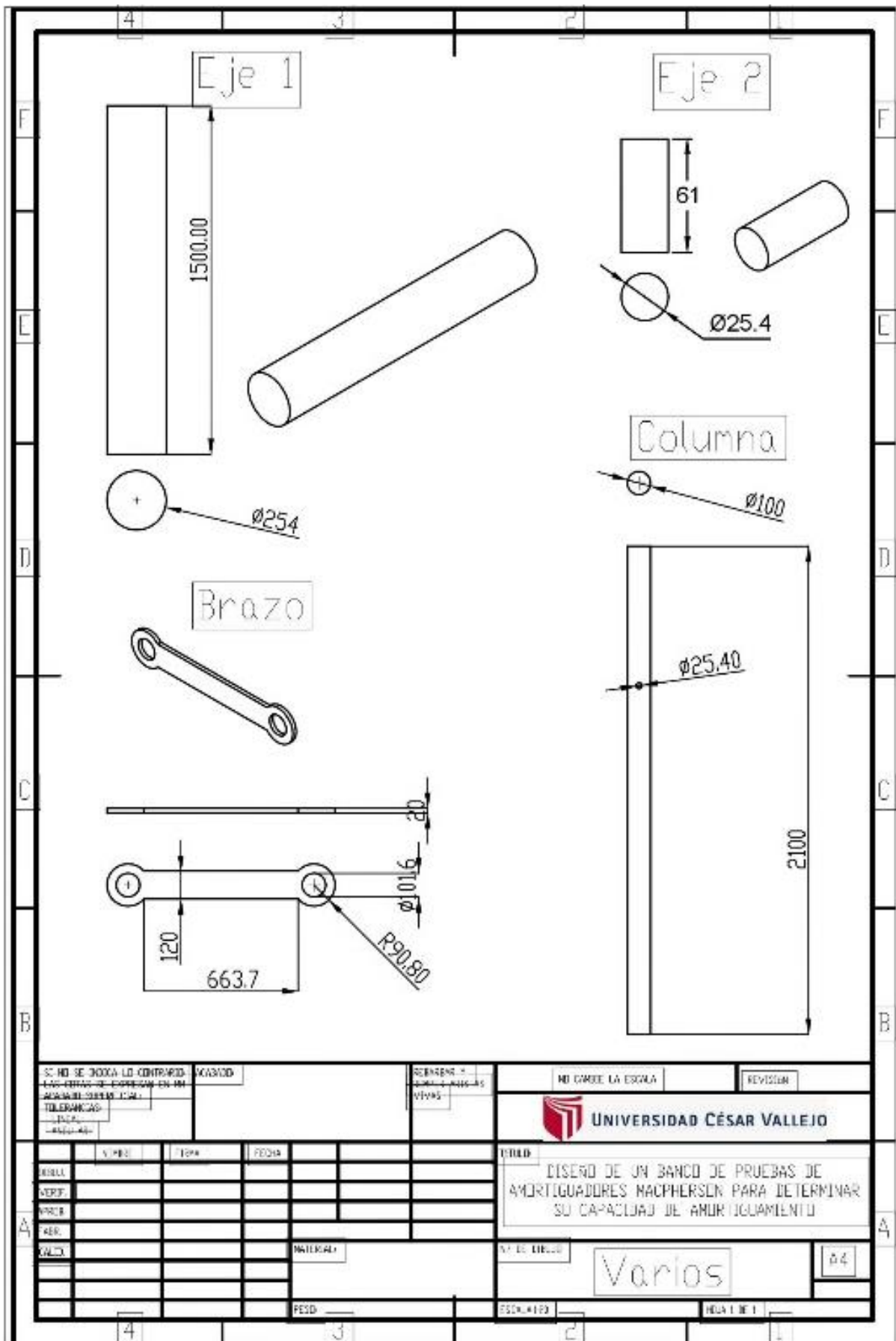
Partes de la máquina






Anexo 02.- Planos



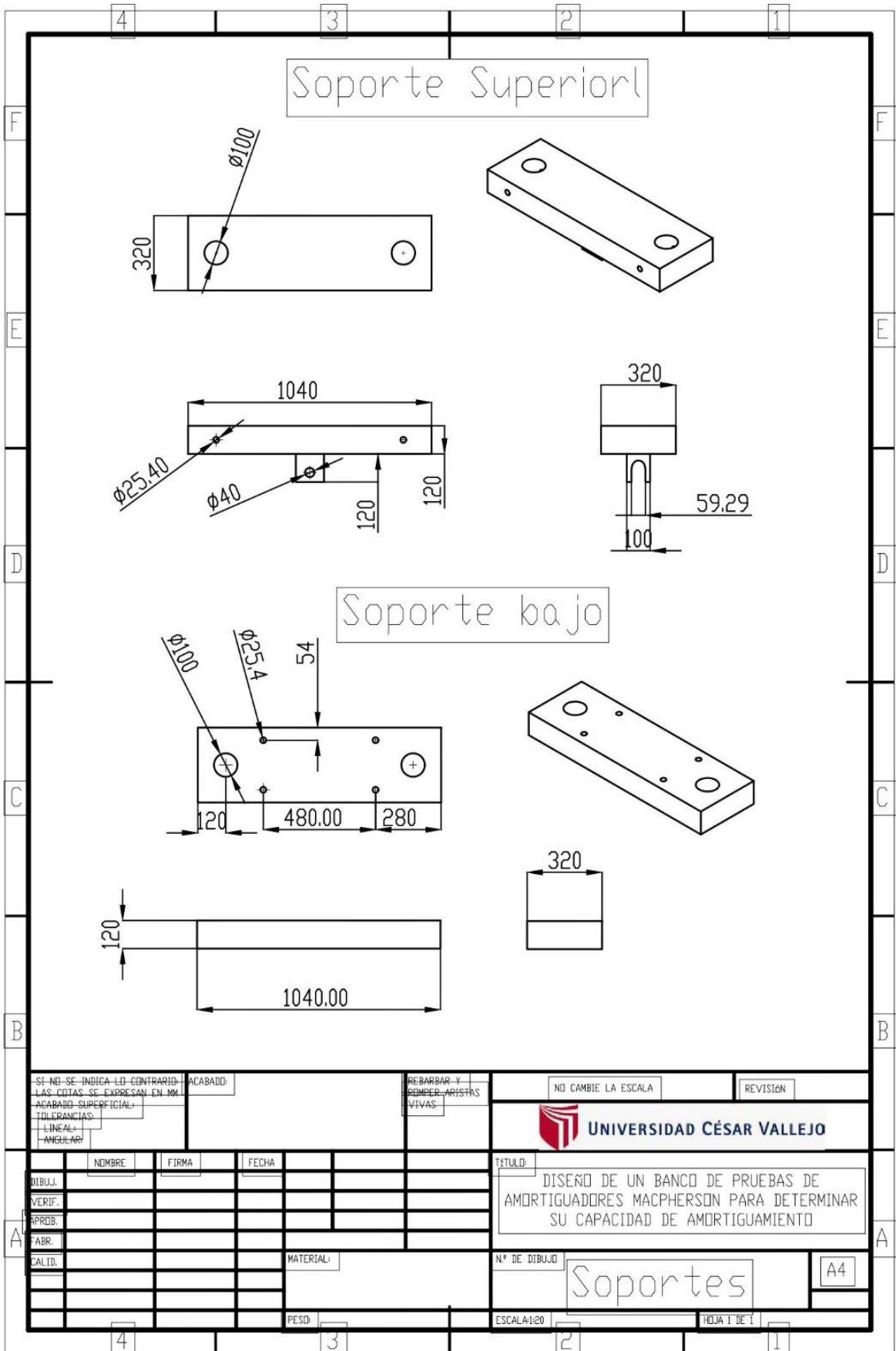


SE HA DE COPIAR LO CONTRARIO	MAXIMO	SE DEBE	SE DEBE
LAS UNIDADES DE EXPRESION EN MM		SE DEBE	SE DEBE
LA UNIDAD DE MEDIDA EN CM		SE DEBE	SE DEBE
TOLERANCIAS		SE DEBE	SE DEBE
ISO		SE DEBE	SE DEBE
ISO		SE DEBE	SE DEBE

MI GRUPO LA ESCOLA	REVISOR
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	

	V. PRE.	FORM.	FECHA	
BOBIL				
VERIF.				
PROF.				
ABR.				
VALD.				INTEGRAL
				FEED

<b>TITULO</b> DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES MACPHERSEN PARA DETERMINAR SU CAPACIDAD DE AMORTIGUAMIENTO	
<b>N.º DE HOJAS</b> Varios	<b>HOJA N.º</b> 04
<b>FECHA DE ELABORACION</b> 2024.01.03	<b>FECHA DE IMPRESION</b> 2024.01.03



Soporte Superior

Soporte bajo

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM.  
 ACABADO SUPERFICIAL:  
 TOLERANCIAS:  
 LINEAL:  
 ANGULAR:  
 ACABADO:  
 REBARBAR Y REMOVER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:  
 DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES MACPHERSON PARA DETERMINAR SU CAPACIDAD DE AMORTIGUAMIENTO

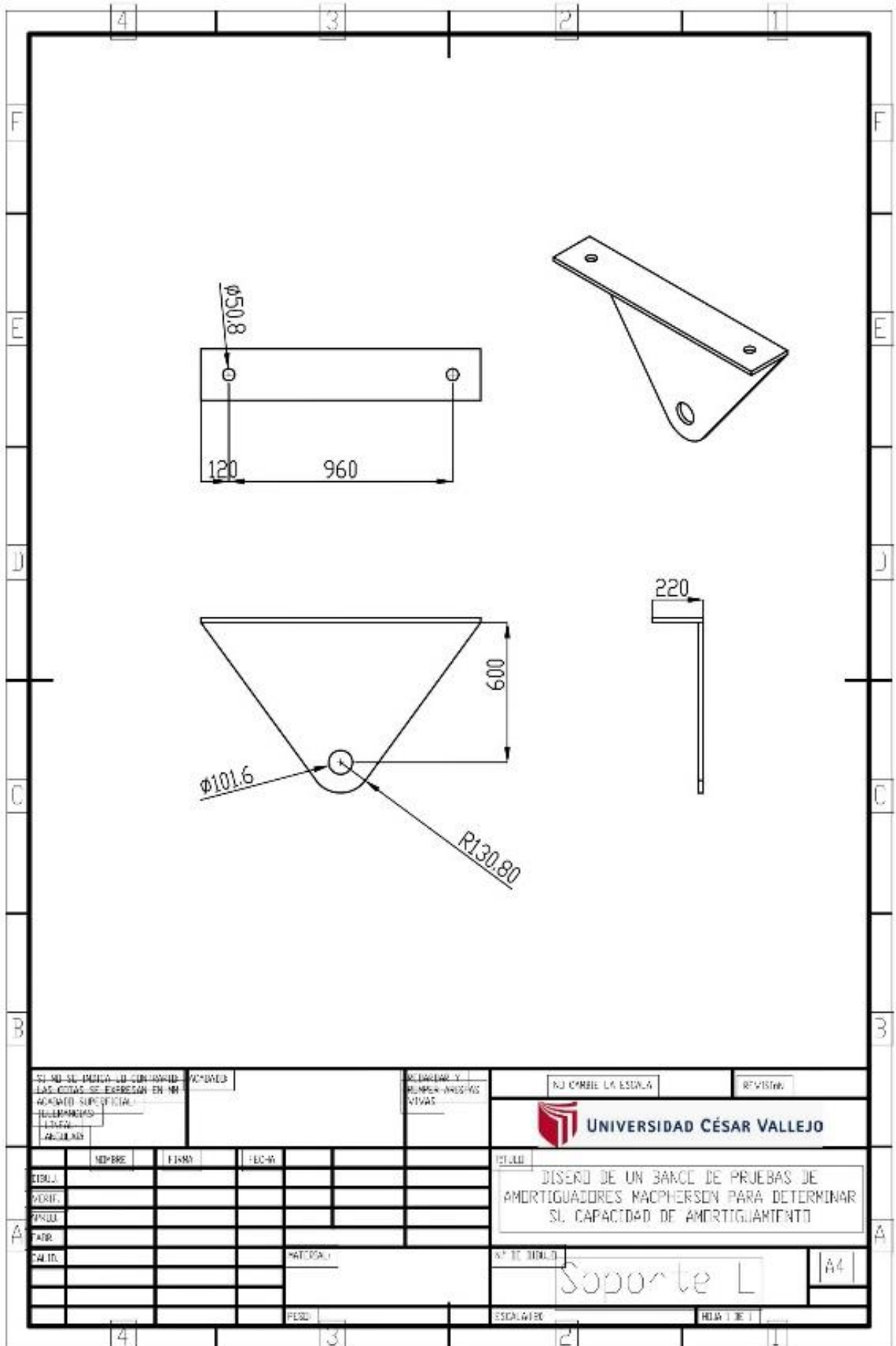
	MATERIAL


Nº DE DIBUJO  
 Soportes

A4

	PESO

ESCALA: 1:20 HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM		ACABADO		MATERIAL Y TEMPERATURAS TÍPICAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
ACABADO SUPERFICIAL						 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>			
TOLERANCIAS									
LÍNEAS						<b>TÍTULO</b> DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES MACPHERSON PARA DETERMINAR SU CAPACIDAD DE AMORTIGUAMIENTO			
LARGURAS									
NOMBRE		FINO		FECHA		<b>Nº DE MODELO</b> Soporte L			
DISEÑO									
VERIFIC.						<b>ESCALA</b> HOJA 1 DE 1			
PROB.									
MATERIA						<b>HOJA 1 DE 1</b>			
CALIB.									
PESO									

A4