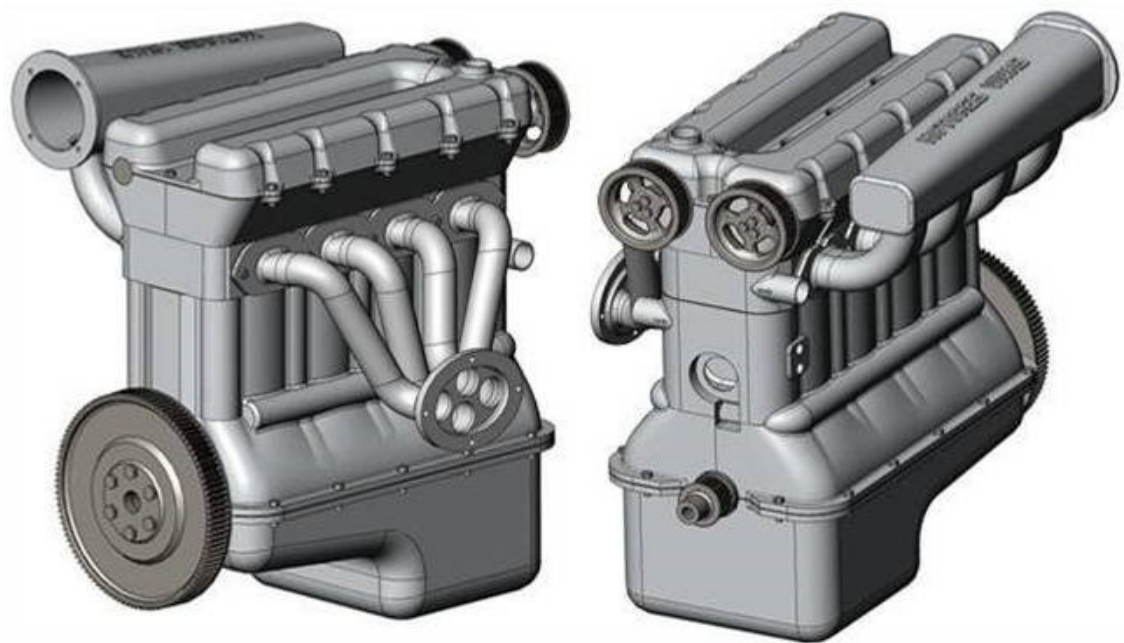


©2016 MOTORES VIVAS

**FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO DEL MOTOR DE 1600  
CENTÍMETROS CÚBICOS DE CUATRO CILINDROS PARA  
AUTOMOVILES**



ELABORADO POR

Ing. Msc. Gabriel Arcángel Vivas Chacón  
C.I 16.539.051  
C.I.V 175.118

Caracas, diciembre de 2016.

## RESUMEN GERENCIAL

El presente informe muestra las consideraciones generales empleadas en la fabricación del prototipo del motor de combustión interna a gasolina de 4 cilindros y con una cilindrada de 1600 centímetros cúbicos, tomando en cuenta las bases del diseño y los planos presentados en el Informe MV-01,2015 (VIVAS G., 2015).

El motor podrá ser empleado para la sustitución de importaciones en la fabricación de automóviles en la República Bolivariana de Venezuela o como repuesto, considerando que el parque automotor venezolano está compuesto por más de un 20% de vehículos con motores con características similares a las del diseño propuesto (cerca de 800.000 automóviles) y que más del 75% de estos vehículos tienen una edad superior a los 6 años de antigüedad, lo que los hace propensos a la necesidad de reemplazo de repuestos. De igual manera, el conocimiento en la fabricación de motores podrá ser implementado para desarrollar las industrias agrícola, aeronáutica y militar, ya que, podrá ser empleado como insumo en la fabricación de tractores, avionetas y equipos militares. Adicionalmente, se podrá aprovechar los diversos convenios comerciales que actualmente tiene Venezuela con los países de la región (Alba, Mercosur) a fin de insertar la venta de motores hechos en Venezuela para la adquisición de divisas para la República.

Los materiales empleados en la fabricación del prototipo son: aleación de aluminio A 2618, aleación de aluminio A356, bronce al aluminio, aleación de acero inoxidable 21-2N y aleación de acero SAE 4140. Dichos materiales permiten brindarle a cada una de las piezas las propiedades mecánicas requeridas para soportar las cargas de operación del motor.

El Informe describe los pasos empleados para la fabricación de cada una de las partes que compone el motor, considerando como premisa la obtención de su forma básica, del cual se destacan tres tipos de obtención de su forma básica, la primera de ellas mediante fundición, la cual, contempla las piezas de aleación de aluminio y bronce, la segunda, mediante desbastado y rectificado con máquinas - herramientas, que involucra las piezas de aleaciones de acero y la tercera las obtenidas mediante adquisición de piezas sobre medida que involucra aleaciones de aceros especiales como en el caso de las válvulas.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>RESUMEN GERENCIAL</b>	ii
<b>LISTA DE TABLAS</b>	v
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	vi
<b>FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO DEL MOTOR</b>	1
1. Obtención de forma básica mediante fundición	6
1.1 Impresión 3D	7
1.2 Ensamblaje de moldes	8
1.3 Fundición	Error! Bookmark not defined.
1.4 Rectificado en máquinas - herramientas	Error! Bookmark not defined.
2. Obtención de forma básica mediante máquinas - herramientas	Error! Bookmark not defined.
2.1 Desbastado y rectificado del cigüeñal	Error! Bookmark not defined.
2.2 Desbastado y rectificado de las bielas	Error! Bookmark not defined.
2.3 Desbastado y rectificado de los árboles de levas	Error! Bookmark not defined.
2.4 Desbastado y rectificado de los taquetes	Error! Bookmark not defined.
2.5 Desbastado y rectificado de los tapa cojinetes	Error! Bookmark not defined.
2.6 Desbastado y rectificado de las poleas	Error! Bookmark not defined.
2.7 Desbastado y rectificado del asiento de válvulas	Error! Bookmark not defined.
2.8 Desbastado y rectificado de los anillos	Error! Bookmark not defined.
3. Obtención de forma básica mediante adquisición de piezas sobre medida	Error! Bookmark not defined.
3.1 Desbastado y rectificado de las camisas de los pistones	Error! Bookmark not defined.
3.2 Desbastado y rectificado de los pasadores de los pistones	Error! Bookmark not defined.
3.3 Desbastado y rectificado de las válvulas	Error! Bookmark not defined.
3.4 Desbastado y rectificado de los resortes	Error! Bookmark not defined.
<b>ENSAMBLAJE DEL MOTOR</b>	Error! Bookmark not defined.
<b>CONCLUSIONES</b>	Error! Bookmark not defined.

**RECOMENDACIONES**

Error! Bookmark not defined.

**REFERENCIAS**

17

**ANEXOS**

Error! Bookmark not defined.

**Anexo A. Facturas de costos**

Error! Bookmark not defined.

**Anexo B. Fallas comunes de la impresora 3D**

Error! Bookmark not defined.

**Anexo C. Publicación en prensa de marca "Motores Vivas"**

Error! Bookmark not

defined.

**Anexo D. Publicación en prensa de la patente "Motor de combustión interna****de 1600 cc para automóviles"**

Error! Bookmark not defined.

**Anexo E. Ficha técnica del programa fonacit para solicitud de financiamiento****ante el Ministerio del Poder Popular de Educación Universitaria Ciencia y****Tecnología (MPPEUCT)**

Error! Bookmark not defined.

**Anexo F. Minuta de reunión de trabajo con el Ministerio para el Poder Popular****de Industrias Básicas, Estratégicas y Socialistas (MINPPIBES)** Error! Bookmark not  
defined.**Anexo G. Características y dimensiones disponibles del tubo mecánico**

Error!

Bookmark not defined.

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Forma de fabricación de los componentes del prototipo del motor.....	5
Tabla 2. Cronograma planteado para la fabricación del prototipo .....	6
Tabla 3. Cantidad de piezas para la impresión en 3D.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabla 4. Valor de las propiedades del molde y del aluminio para la obtención de la constante B.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabla 5. Tiempos de solidificación para cada una de las piezas a ser fundidas en aluminio y estimación de resistencia última por pieza .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabla 6. Valor de las propiedades del molde y del bronce para la obtención de la constante B.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabla 7. Tiempos de solidificación para cada una de las piezas a ser fundidas en bronce y estimación de resistencia última por pieza.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabla 7. Método propuesto de moldeo a ser empleado para la fundición de piezas ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Despiece del diseño del motor a fabricar como prototipo .....	1
Figura 2. Partes que componen el prototipo .....	2
Figura 3. Partes que componen el sistema motriz del prototipo .....	3
Figura 4. Partes que componen el sistema de control del prototipo .....	4
Figura 5. Impresora 3D empleada en la obtención de los moldes de fundición .....	7
Figura 6. Filamento PLA (1 kg) empleado para la impresora 3D .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 7. Pieza en proceso de fabricación en impresora 3D .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 8. Pistón impreso en 3D .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 9. Configuración del programa Cura para impresión en 3D .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 10. Comparación del modelo computacional de pieza perteneciente al cobertor de la culata con respecto al obtenido en la impresión 3D .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 11. Ensamblaje de la culata .....	8
Figura 12. Culata ensamblada (vistas anterior y posterior) .....	9
Figura 13. Culata ensamblada (vistas frontal y lateral) .....	9
Figura 14. cárter ensamblado (vista lateral) .....	10
Figura 15. Cártter ensamblado (vistas frontal y de planta) .....	10
Figura 16. Cobertor de la culata ensamblado (vista de planta) .....	11
Figura 17. Cobertor de la culata ensamblado (vista frontal) .....	11
Figura 18. Vistas del pistón .....	12
Figura 19. Vistas del colector de admisión ensamblado .....	13
Figura 20. Vistas del acople caja - motor .....	13
Figura 21. Adaptador del filtro de aceite .....	13
Figura 22. Vistas de planta y frontal del bloque del motor .....	14
Figura 23. Vista lateral del bloque del motor .....	14
Figura 24. Ensamblaje bloque - cárter - acople .....	15
Figura 25. Ensamblaje del motor en plástico .....	16

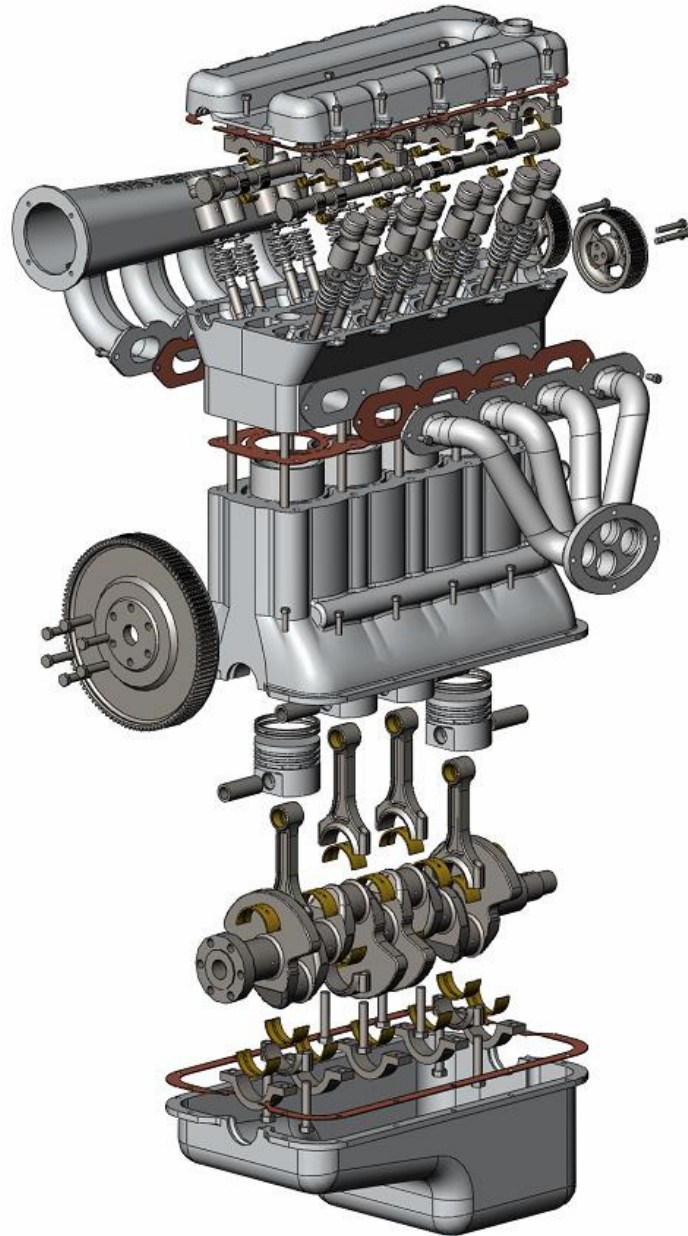
Figura 26. Esquema de mini planta para la fundición de aluminio y bronce .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura 27. SDAS Vs. tiempo de solidificación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 28. Sut Vs. SDAS para aleaciones de aluminio.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 29. Etapas del tratamiento térmico T6 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura xx. Partes de un molde .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura x. Caracterización de defectos de fundición .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura xx. Diseño de encofrado a ser empleado en molde de piezas con el método de arena verde .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura xx. Encofrado empleado en molde de piezas con el método de arena verde...	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura xx. Ensamblaje final del encofrado empleado en molde de piezas con el método de arena verde .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura xx. Mezcla de arena empleada para la fundición .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura xx. Esquema de equipos empleados para la fundición de aluminio.....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura xx. Ampliación de imagen de crisol empleado para la fundición de aluminio....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura xx. Herramienta de corte actual del taller mecánico de PDVSA Intevep.....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura xx. Modelo geométrico del porta herramienta de corte a diseñar ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura xx. Esfuerzos Von Mises resultantes en el porta herramienta de corte .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura xx. Desplazamientos resultantes en el porta herramienta de corte	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura xx. Dimensiones del porta herramienta de corte a emplear para el desbaste del cigüeñal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura x. Plaquita de carburo de tungsteno que servirá como herramienta de corte ...	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura xx. Barra de acero SAE 4140 para obtener el cigüeñal mediante mecanizado	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	

**Figura xx.** Tocho de madera en torno con dimensiones de barra de acero para prueba en fabricación de cigüeñal ..... **Error! Bookmark not defined.**



## FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO DEL MOTOR

La Figura 1 muestra el despiece de las partes que componen el diseño del motor a fabricar como prototipo tomando en cuenta las bases del diseño y los planos presentados en el Informe MV-01,2015 (VIVAS G., 2015).



Fuente: VIVAS G., Diseño de un motor de 1600 centímetros cúbicos de cuatro cilindros para automóviles.  
Informe Técnico No. MV-01,2015, ©2015 MOTORES VIVAS. Diciembre de 2015.

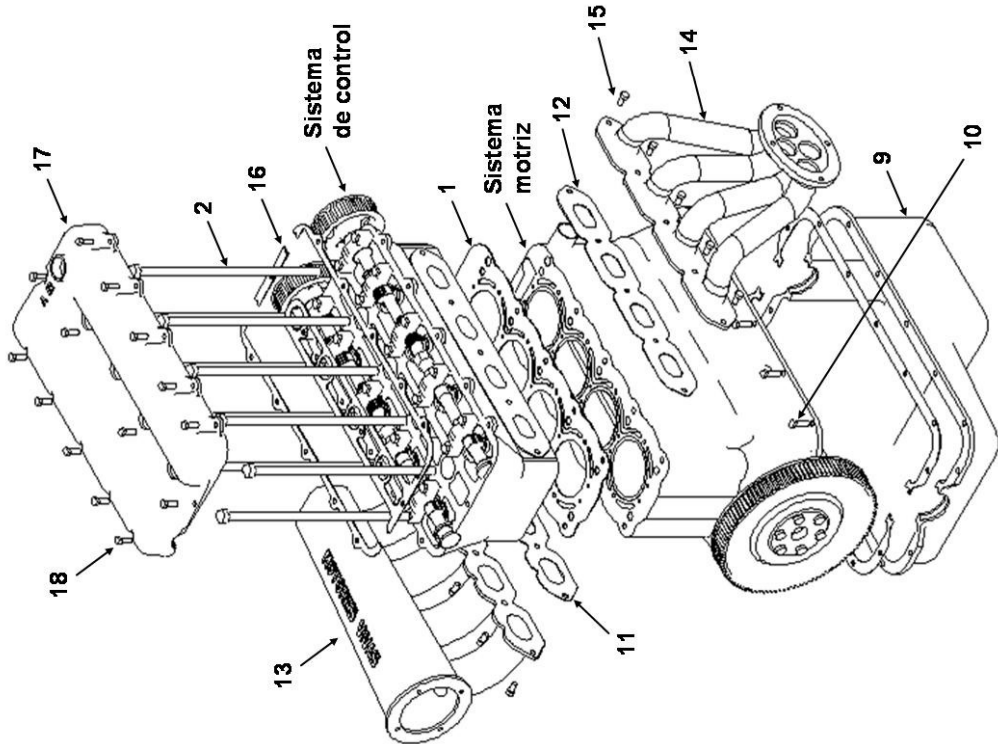
Figura 1. Despiece del diseño del motor a fabricar como prototipo

La Figura 2 muestra cada una de las partes que componen el prototipo (VIVAS G., 2015).

Leyenda

Número	Pieza	Cant. en motor
1	Empacadura culata – bloque	1
2	Tornillo principal del bloque	10
3	*Bomba de aceite	1
4	*Tornillo de la bomba de aceite	4
5	*Bomba de agua	1
6	*Tornillo de la bomba de agua	4
7	*Empacadura del cárter*	1
8	*Filtro de aceite en cárter	1
9	Cárter	1
10	Tornillo del cárter	14
11	Empacadura del colector de admisión	1
12	Empacadura del colector de escape	1
13	Colector de admisión	1
14	Colector de escape	1
15	Tornillo de colectores	10
16	*Empacadura de tapa de culata	1
17	Tapa de cabezal del cilindro	1
18	Tornillo de la tapa de culata	14
19	*Correa dentada*	1
20	*Tensionador de correa dentada	1

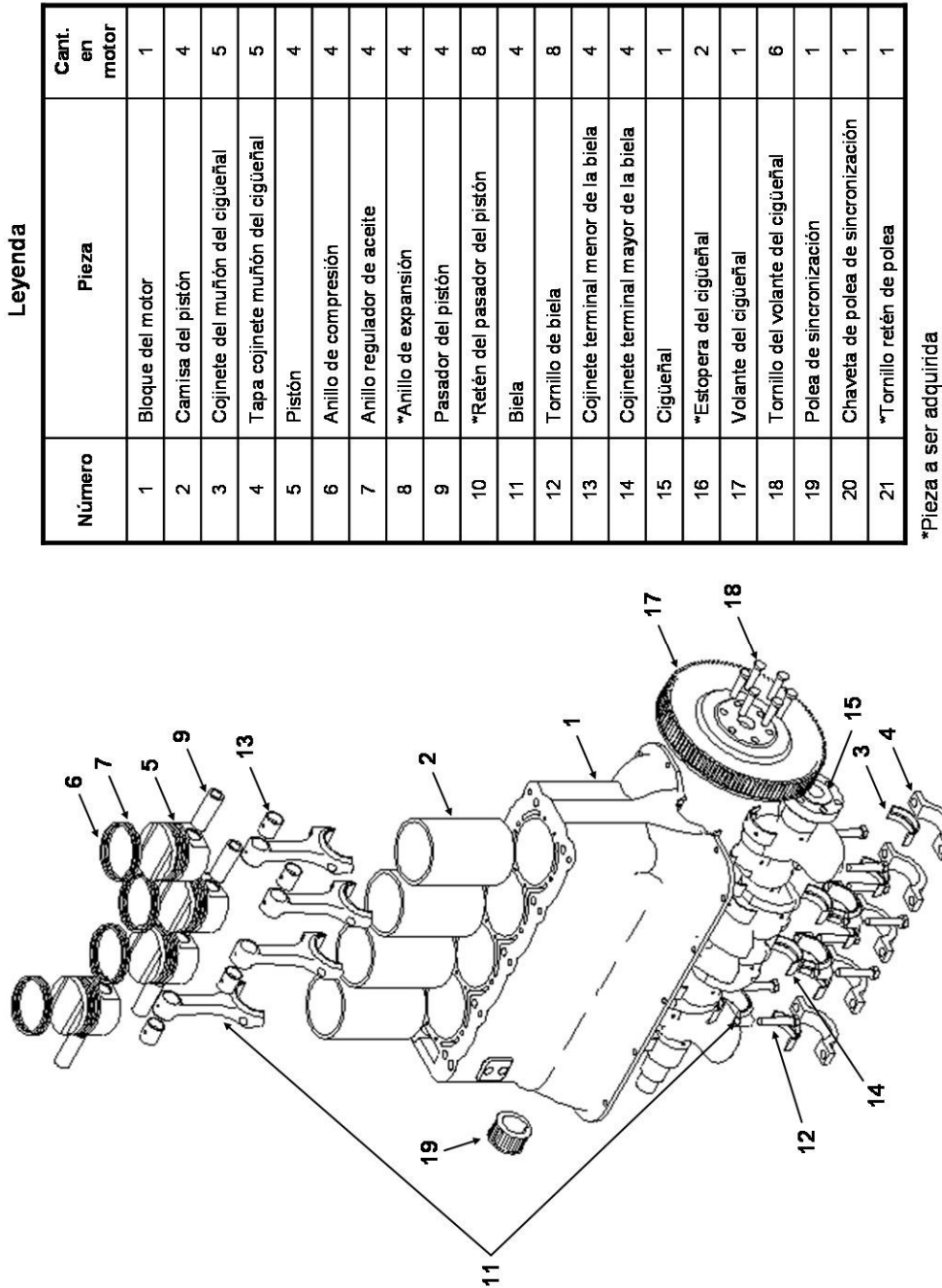
\*Pieza a ser adquirida



Fuente: VIVAS G., Diseño de un motor de 1600 centímetros cúbicos de cuatro cilindros para automóviles. Informe Técnico No. MV-01,2015, ©2015 MOTORES VIVAS. Diciembre de 2015.

Figura 2. Partes que componen el prototipo

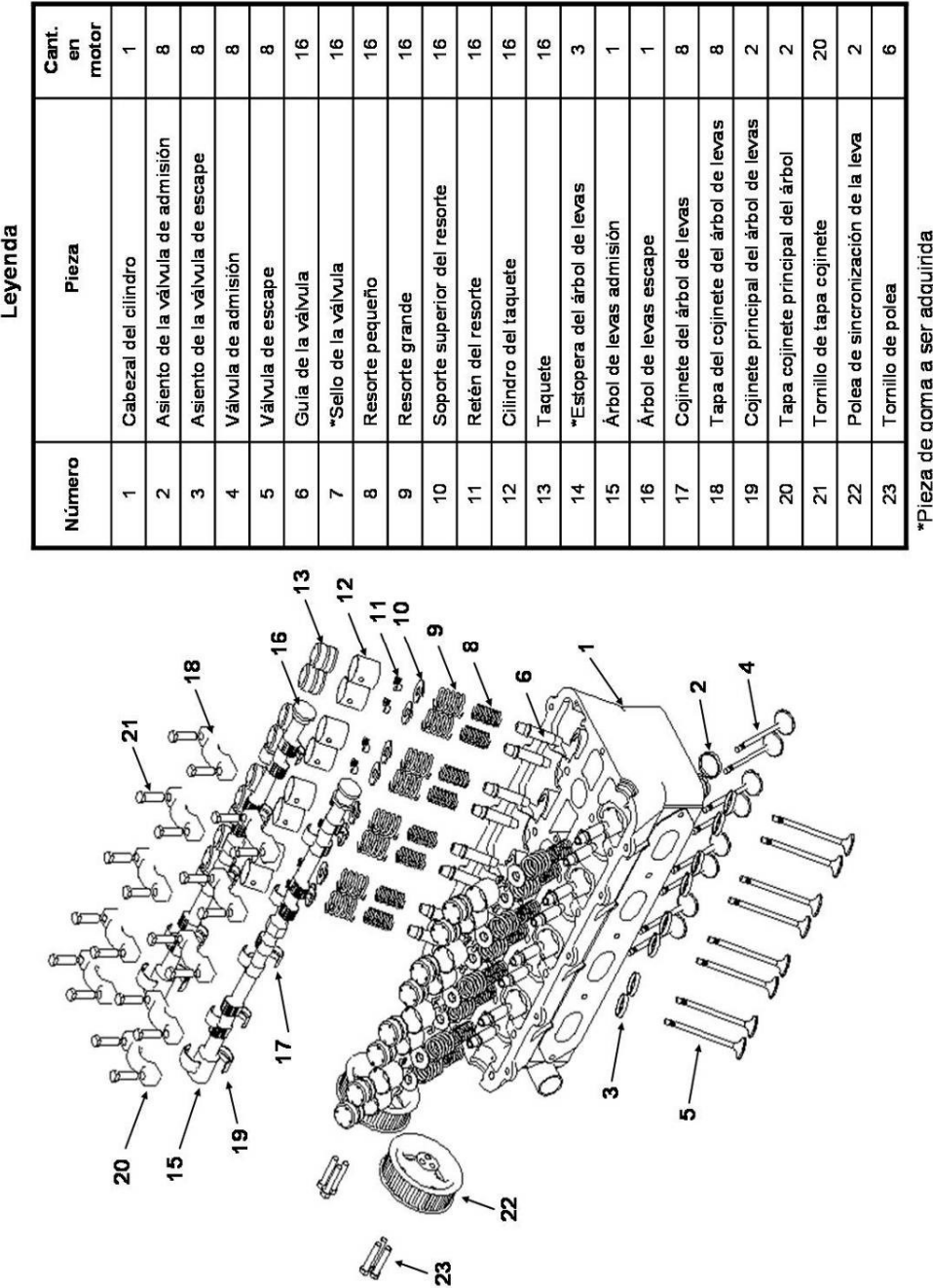
La Figura 3 muestra cada una de las partes que componen el sistema motriz del prototipo (VIVAS G., 2015).



Fuente: VIVAS G., Diseño de un motor de 1600 centímetros cúbicos de cuatro cilindros para automóviles. Informe Técnico No. MV-01,2015, ©2015 MOTORES VIVAS. Diciembre de 2015.

Figura 3. Partes que componen el sistema motriz del prototipo

La Figura 4 muestra cada una de las partes que componen el sistema de control del prototipo (VIVAS G., 2015).



Fuente: VIVAS G., Diseño de un motor de 1600 centímetros cúbicos de cuatro cilindros para automóviles. Informe Técnico No. MV-01,2015, ©2015 MOTORES VIVAS. Diciembre de 2015.

Figura 4. Partes que componen el sistema de control del prototipo

Debido a la no disponibilidad de herramientas especializadas de fabricación de motores, en la Tabla 1 se muestran los componentes del prototipo del motor y se propone su medio de fabricación.

Tabla 1. Forma de fabricación de los componentes del prototipo del motor

	COMPONENTE	OBTENCION DE FORMA BASICA	FORMA DE FABRICACION
1	Bloque	Fundición	1. Impresión 3D de moldes de fundición 2. Ensamblaje de moldes 3. Fundición de aluminio / bronce 4. Rectificado en máquinas - herramientas
2	Cabezal de cilindros		
3	Pistón		
4	Cárter		
5	Cobertor de culata		
6	Colector de admisión		
7	Cojinetes		
8	Ciguenal	Máquinas - herramientas	Debastado y rectificado mediante máquinas - herramientas
9	Bielas		
10	Arbol de levas		
11	Taquetes		
12	Tapa cojinetes		
13	Poleas		
14	Volante de ciguenal		
15	Asiento de válvulas		
16	Anillos		
17	Válvulas	Adquisición sobre medida	1. Adquisición de piezas sobre medida 2. Rectificado en máquinas - herramientas
18	Guía de válvulas		
19	Resortes		
20	Camisa de pistón		

Se plantea la fabricación del prototipo según el siguiente cronograma (ver Tabla 2)

Tabla 2. Cronograma planteado para la fabricación del prototipo

Item	Descripción	Tiempo en trimestres							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Impresión 3D de moldes de fundición del motor	■	■						
2	Ensamblaje de moldes de fundición del motor		■						
3	Fundición de aluminio / bronce del motor			■					
4	Rectificado de piezas fundidas del motor en máquinas herramientas				■				
5	Desbastado y rectificado de ciguenal mediante máquinas - herramientas			■					
6	Desbastado y rectificado de bielas mediante máquinas - herramientas				■				
7	Desbastado y rectificado de árbol de levas mediante máquinas - herramientas					■			
8	Desbastado y rectificado de taquetes, tapa cojinetes, asientos de válvulas y anillos mediante máquinas - herramientas						■		
9	Rectificado de piezas sobre medida mediante máquinas - herramientas y adquisición de piezas complementarias del motor							■	
10	Ensamblaje del motor								■

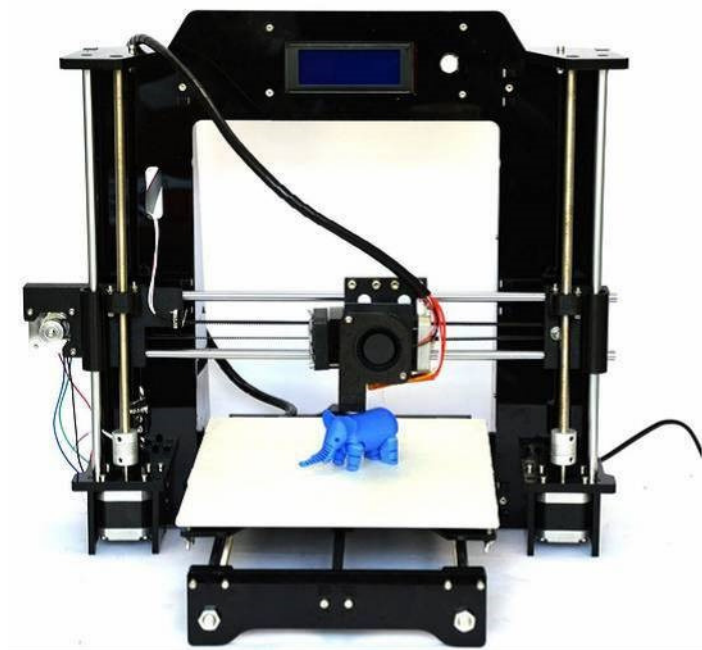
### 1. Obtención de forma básica mediante fundición

Los componentes del 1 al 7 que se muestran en la Tabla 1, su medio de obtención de la forma básica es la fundición, para ello se proponen los pasos que se describen a continuación:

### 1.1 Impresión 3D

Existen gran variedad de impresoras 3D en el mercado, sus costos dependen de la capacidad de volumen de fabricación que pueden sobrepasar hasta los 3000 USD para producción de piezas mayores a los 30 cm de lado, por tal motivo, se selecciona una impresora de una capacidad menor a 30 cm de lado con un costo de 315 USD (ver Anexo A, Figura A-1).

La Figura 5 muestra la impresora 3D que fue empleada para la obtención de los moldes de fundición



Fuente: 3D HICTOP i Prusa

Figura 5. Impresora 3D empleada en la obtención de los moldes de fundición

Las características de desempeño de la impresora se describen a continuación:

- Estructura acrílica
- Tamaño de impresión: 26,9 cm x 21 cm x 19,5 cm
- Espesor de capa: 0,1 - 0,4 mm
- Impresión alternativa mediante tarjeta SD (SD card)
- Pantalla LED
- Velocidad de impresión: 120 mm/s
- Temperatura de extrusión (ABS): 250°C
- Temperatura de extrusión (PLA): 210 °C
- Temperatura de la cama soporte (ABS): 70 °C
- Temperatura de la cama soporte (PLA): 50 °C

- Precisión de la posición en el plano XY: 0,011 mm
- Precisión de la posición en el eje Z: 0,004 mm
- Material de impresión: Plástico ABS y PLA
- Material recomendado: PLA
- Formato para importar diseños: STL, G-Code
- Fuente de energía: 12 V
- Tamaño de la impresora: 43 cm x 50,5 cm x 38 cm
- Peso de la impresora: 8 kg

## 1.2 Ensamblaje de moldes

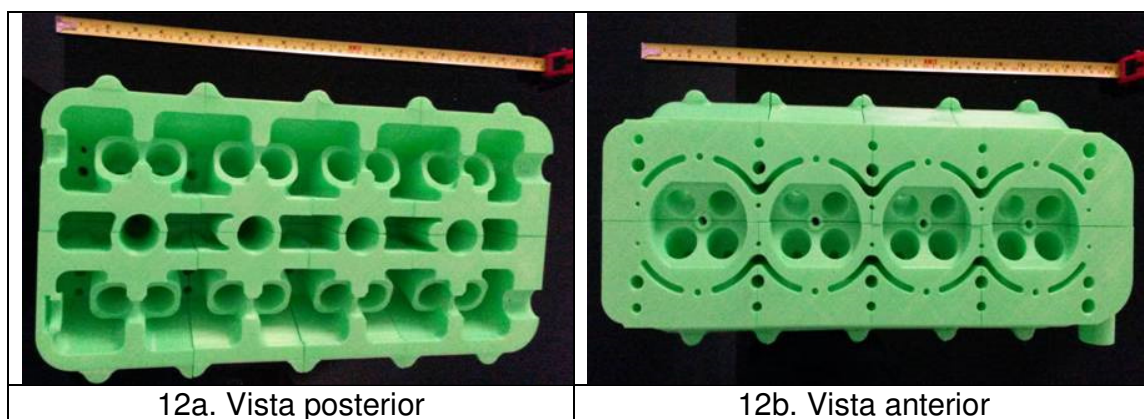
La Figura 11 muestra la construcción del molde del cabezal de cilindros (culata) durante su proceso de ensamblaje, en la figura se observan los conductos de agua y de aceite de la pieza. La unión entre cada una de las piezas se realizó mediante pega loca y pega blanca.



Figura 11. Ensamblaje de la culata

De manera similar se realizó el ensamblaje de cada uno de los componentes del motor cuyo resultado se muestra en las Figuras a continuación. La Figura 12 muestra las vistas anterior y posterior de la culata ensamblada, se observa una longitud aproximada de 18 pulgadas (~ 460 mm)



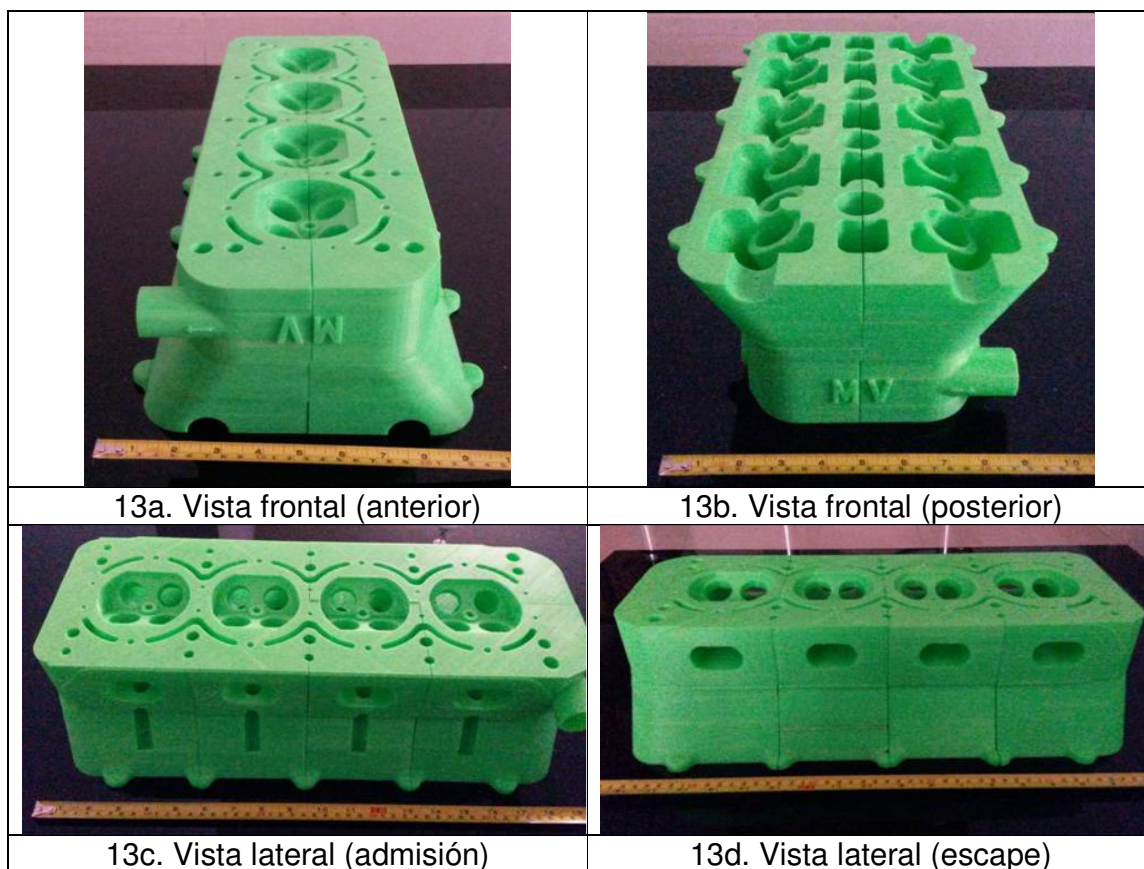


12a. Vista posterior

12b. Vista anterior

Figura 12. Culata ensamblada (vistas anterior y posterior)

La Figura 13 muestra las vistas frontal y lateral de la culata ensamblada, se observa un ancho (vista frontal) aproximada de 9,5 pulgadas (~ 240 mm)



13a. Vista frontal (anterior)

13b. Vista frontal (posterior)

13c. Vista lateral (admisión)

13d. Vista lateral (escape)

Figura 13. Culata ensamblada (vistas frontal y lateral)

La Figura 14 muestra las vistas lateral inferior y superior del cárter ensamblado, se observa una longitud aproximada de 18,5 pulgadas (~ 470 mm)

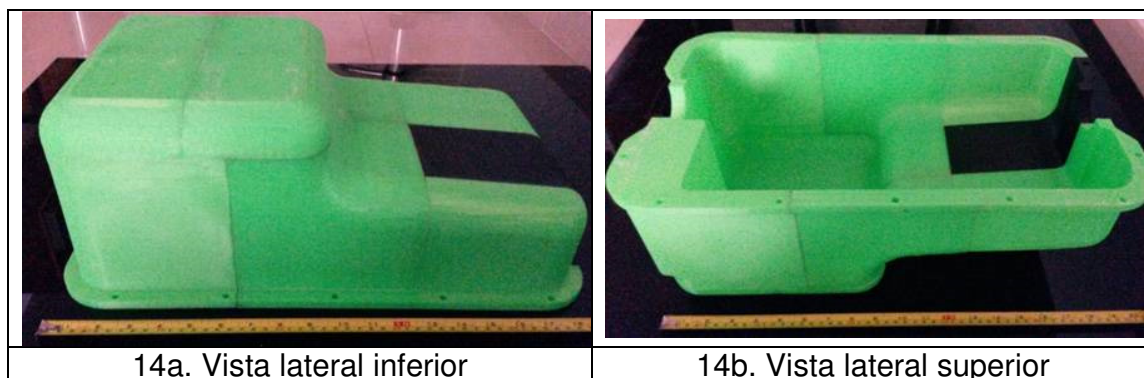


Figura 14. cárter ensamblado (vista lateral)

La Figura 15 muestra las vistas frontal y de planta del cárter ensamblado, se observa una longitud aproximada de 18,5 pulgadas (~ 470 mm)

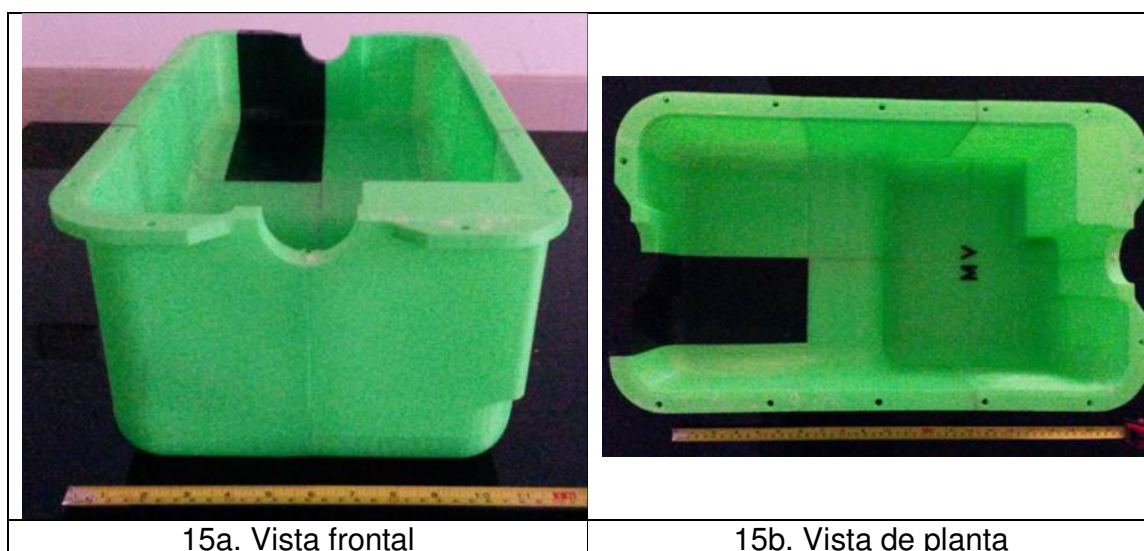


Figura 15. Cáster ensamblado (vistas frontal y de planta)

La Figura 16 muestra las vistas de planta superior e inferior del cobertor de la culata ensamblado, se observa una longitud aproximada de 18 pulgadas (~ 460 mm)

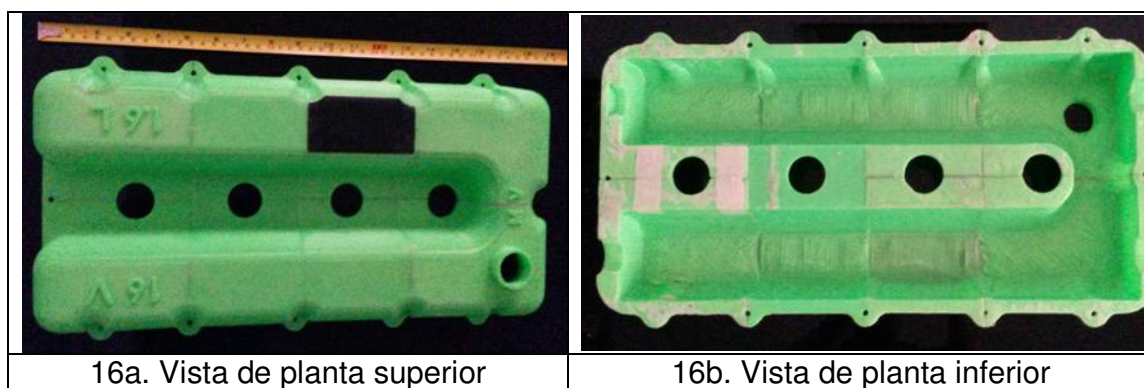


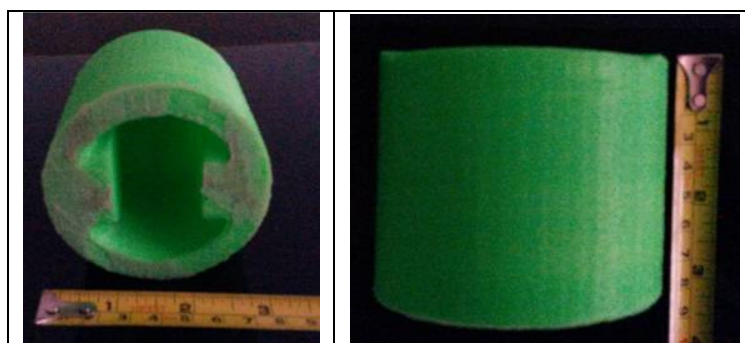
Figura 16. Cobertor de la culata ensamblado (vista de planta)

La Figura 17 muestra la vista frontal del cobertor de la culata ensamblado

La Figura 18 muestra las vistas de planta, lateral e isométrico del pistón, se observa un diámetro aproximado de 80 mm y una longitud aproximada de 85 mm



Figura 17. Cobertor de la culata ensamblado (vista frontal)





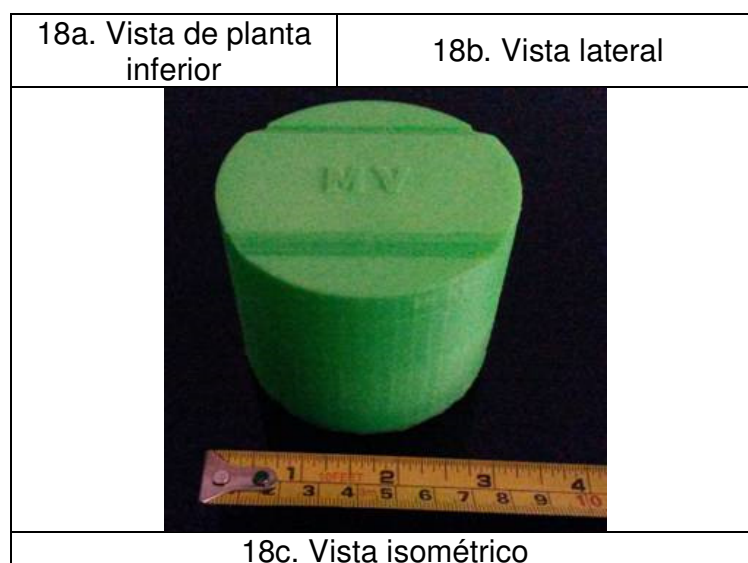


Figura 18. Vistas del pistón

La Figura 19 muestra las vistas laterales del colector de admisión, se observa una longitud aproximada de 17 pulgadas (430 mm). La Figura 20 muestra las vistas posterior y anterior de la junta caja - motor que será empleada para el acople del motor a una caja de Volkswagen escarabajo, se observa un diámetro aproximado de 13,5 pulgadas (~ 340 mm)

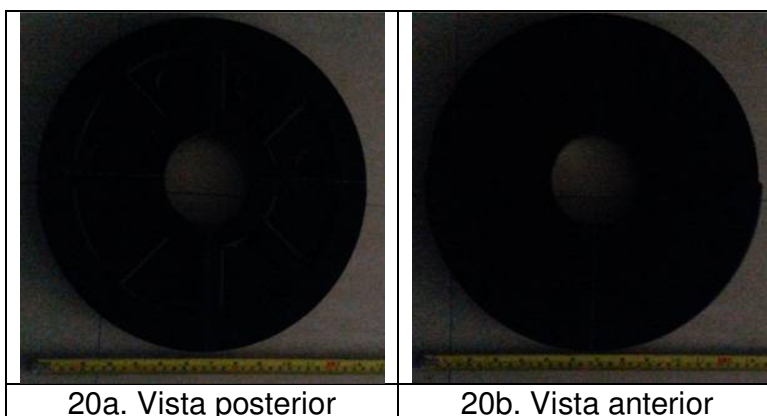


19a. Vista lateral superior



19b. Vista lateral inferior

Figura 19. Vistas del colector de admisión ensamblado



20a. Vista posterior

20b. Vista anterior

Figura 20. Vistas del acople caja - motor

La Figura 21 muestra el adaptador del filtro de aceite, se observa una longitud aproximada de 70 mm.



Figura 21. Adaptador del filtro de aceite

La Figura 22 muestra las vistas de planta y frontal del bloque del motor, se observa una longitud del bloque de aproximadamente 20 pulgadas (~ 500 mm) y un ancho de aproximadamente 13 pulgadas (~ 330 mm).

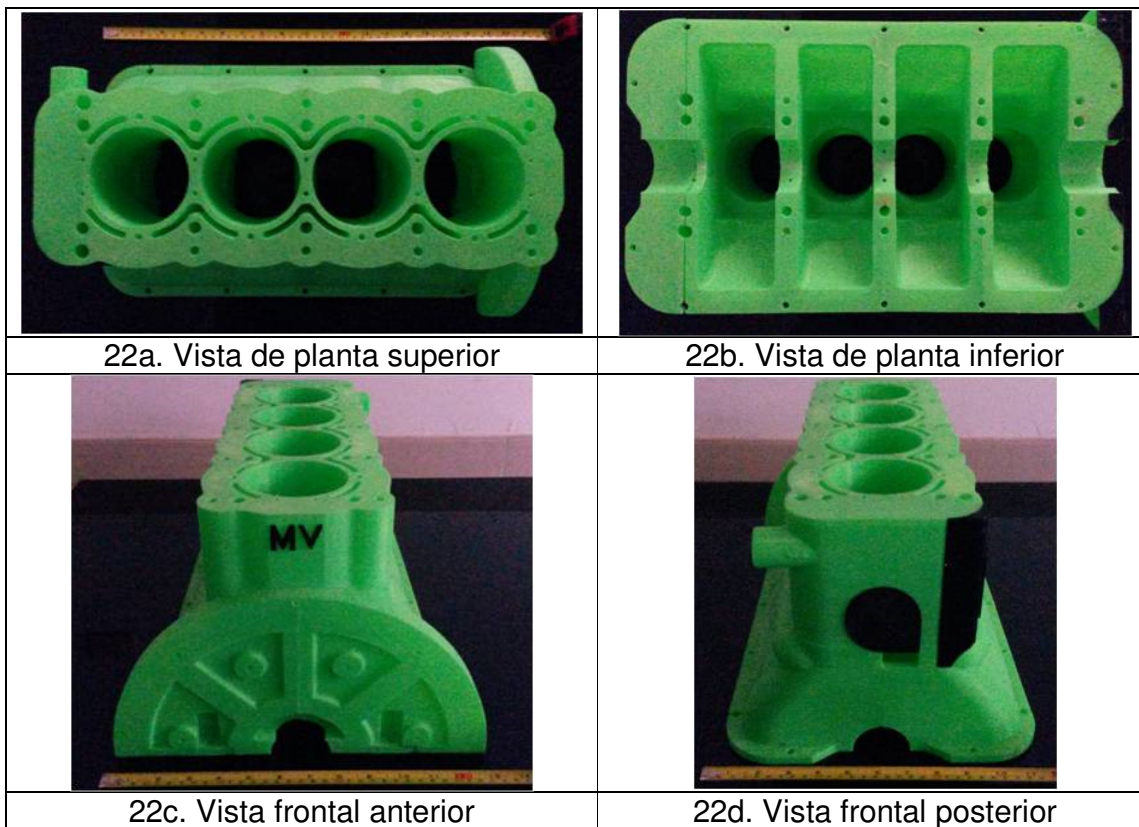


Figura 22. Vistas de planta y frontal del bloque del motor

La Figura 23 muestra la vista lateral del bloque del motor, se observa una longitud del bloque de aproximadamente 20 pulgadas (~ 500 mm).

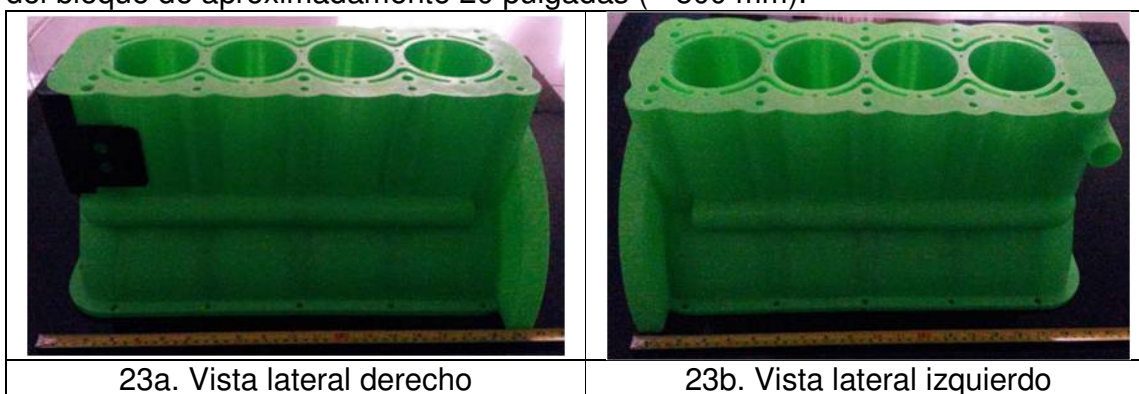


Figura 23. Vista lateral del bloque del motor

La Figura 24 muestra las vistas de planta y frontal del ensamblaje del bloque del motor con el cárter y el acople motor - caja

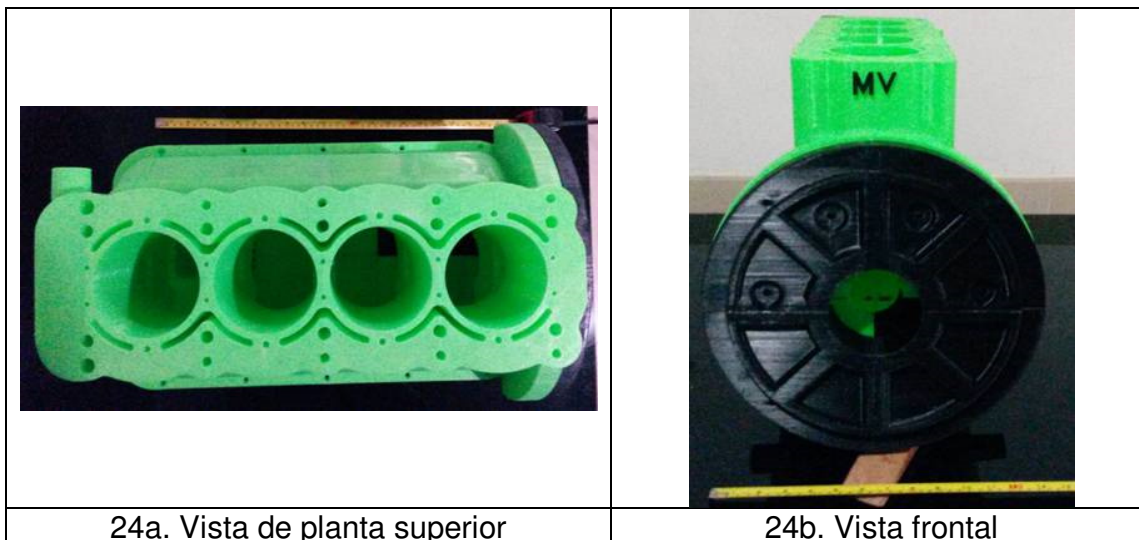
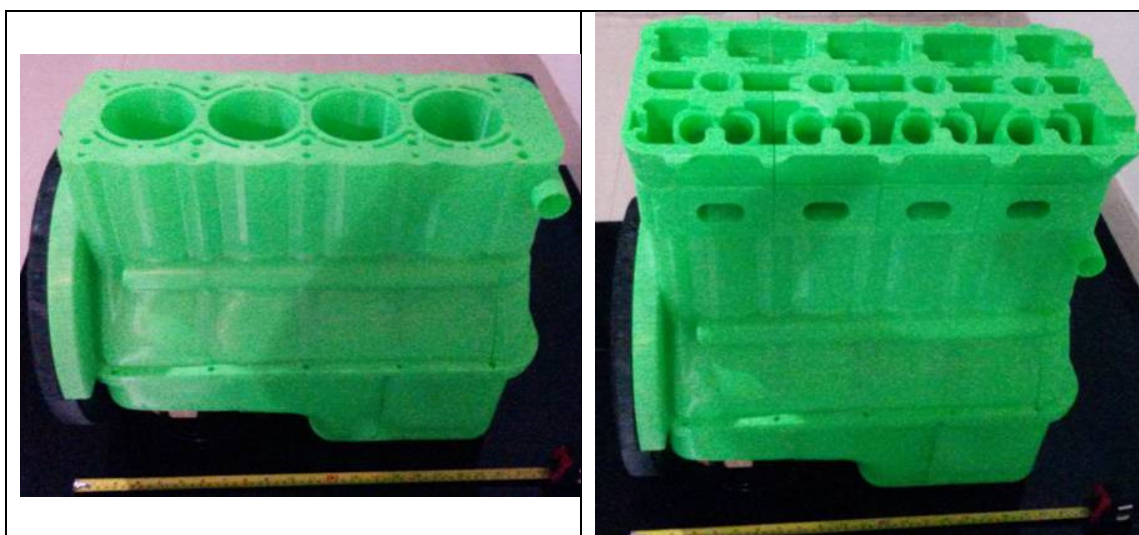


Figura 24. Ensamblaje bloque - cárter - acople

La Figura 25 muestra la continuación del ensamblaje del motor, se observa la vista lateral del ensamblaje bloque - cárter - acople (Figura 25a), luego la adición de la culata en su vista lateral (Figura 25b), después la incorporación del cobertor de la culata (Figura 25c) donde se observa una altura del motor de aproximadamente 23 pulgadas (~ 590 mm). Por último la inserción del adaptador de filtro de aceite (Figura 25d).





25a. Vista lateral del ensamblaje motor -cárter - acople	25b. Vista lateral con la adición de la culata al ensamblaje
	
25c. Vista lateral del ensamblaje con la adición del cobertor de la culata	25d. Vista isométrico del motor

Figura 25. Ensamblaje del motor en plástico



## REFERENCIAS

- ASKELAND, DONALD R., AND PHULE, PRADEEP P. Essentials of Materials Science and Engineering. Thomson, Ontario, Canadá: 2004.
- ASM Handbook, Volume 1, Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys. 2005.
- ASTM A322-13. Standard Specification for Steel Bars, Alloy, Standard Grades. 2013.
- CASTRO G., Fundiciones. Departamento de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, F.I.U.B.A. Febrero de 2009.
- DEGARMO, E. PAUL; BLACK, J T.; KOHSE, RONALD A. (2003), Materials and Processes in Manufacturing (9th edición), Wiley, ISBN 0-471-65653-4.
- GARAVITO J. Escuela Colombiana de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Industrial. Laboratorio de Producción. Fundición, Protocolo, Cursos de procesos de manufactura. Edición 2008-2.
- GIESSEREI. Theory of the Solidification of Castings, 1940, Vol 27, p 177-186.
- HEYERDHAL G., Procesos de moldeo para fundir piezas de aluminio. Tesis de Ingeniería Mecánica. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME). México D.F. Julio de 2009.
- QUINTERO O, Respuesta-Consulta-200617. Correo electrónico ([oquint@usb.ve](mailto:oquint@usb.ve)), 20 de junio de 2017
- REID T., Fundamentals of tool design, 3rd edition.1991. pag. 91
- VIVAS G., Diseño de un motor de 1600 centímetros cúbicos de cuatro cilindros para automóviles. Informe Técnico No. MV-01,2015, ©2015 MOTORES VIVAS. Los Teques - Venezuela, Diciembre de 2015.