



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"DISEÑO DEL SISTEMA DE SELECCION Y ACOPLAMIENTO DE LA PROPULSION DE UN VEHICULO HIBRIDO DE CARGA"

T E S I S

Que para obtener el titulo de:  
INGENIERO MECANICO

PRESENTAN:

ANDREA ADRIANA MUÑOZ GASCA  
ABRAHAM VEGA CÉDILLO



DIRECTOR DE TESIS:  
M.I. ANTONIO ZEPEDA SANCHEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A mi papá, mi mamá, Marcela, Claudia, Benjamin y Arien.**

**A mi familia por creer en mi.**

**A la Universidad y a mis maestros por todo lo que me enseñaron.**

**A mis amigas y amigos por todo su apoyo.**

**A Abraham por todo lo que hemos compartido.**

**Andrea**

**Dedico este trabajo a:**

**Cony y Andrés, mis padres y amigos, por su apoyo incondicional.**

**Aurora, mi ejemplo a seguir.**

**Andrés, mi hermano.**

**La Universidad.**

**Mis amigos.**

**Andrea, mi compañera, por todos los felices momentos que pasamos juntos y por todo lo que aprendemos juntos.**

**Abraham**



PAGINACIÓN

DISCONTINUA

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>1</b>
<b>Introducción</b>	<b>6</b>
<b>I. Primer Capítulo: Proyecto del Vehículo Híbrido Urbano Multifuncional (VHUM)</b>	<b>9</b>
<b>I.1 Descripción del proyecto</b>	<b>9</b>
<b>I.2 Situación actual del proyecto</b>	<b>10</b>
<b>I.3 Especificaciones del Vehículo Híbrido y Funciones del Sistema.</b>	<b>10</b>
<b>I.3.1 Especificaciones del VHUM</b>	<b>10</b>
<b>I.3.2 Sistemas que integran al VHUM</b>	<b>11</b>
<b>I.4 Generación de configuraciones</b>	<b>11</b>
<b>I.5 Parámetros de comparación</b>	<b>14</b>
<b>I.6 Primera evaluación</b>	<b>17</b>
<b>I.7 Segunda generación de configuraciones</b>	<b>18</b>
<b>I.8 Parámetros de comparación de la segunda generación de soluciones</b>	<b>19</b>
<b>I.9 Segunda evaluación</b>	<b>21</b>
<b>I.10 Análisis Dinámico del vehículo híbrido</b>	<b>22</b>
<b>I.10.1 Potencia del motor de combustión interna</b>	<b>22</b>
<b>I.10.2 Potencia del motor eléctrico</b>	<b>23</b>
<b>I.11 Definición del problema de la tesis</b>	<b>24</b>
<b>II. Segundo Capítulo: División en subsistemas de acuerdo a su función</b>	<b>27</b>
<b>II.1 Identificación de los sistemas y subsistemas</b>	<b>27</b>
<b>III. Tercer Capítulo: Diseño Conceptual y de Configuración</b>	<b>32</b>
<b>III.1 Elementos físicos para los subsistemas</b>	<b>32</b>

III.2 Definición de los parámetros para la selección de los elementos físicos de cada subsistema	33
III.3 Selección de elementos físicos	35
III.4 Diseño de Configuración del sistema general	37
III.5 Lista de sistemas a diseñar	39
III.6 Diseño conceptual y de configuración del selector	39
III.7 Diagrama general de conexiones	40
III.8 Adaptación del acelerador a los motores	41
III.8.1 Acelerador del motor eléctrico	43
III.8.2 Acelerador del motor de combustión interna	43
III.8.3 Diagrama de conexiones para los aceleradores	43
III.9 Diseño conceptual y de configuración del sistema acoplador	44
III.9.1 Diagrama de conexiones para los acopladores	45
III.9.2 Actuadores de acoplamiento de dos posiciones	45
III.9.2.1 Actuador del MCI	46
III.9.2.2 Actuador del ME	49
III.10 <i>Switch</i> de cinco posiciones	49
IV. Diseño de detalle	51
IV.1 Diseño de Detalle del Selector	51
IV.1.1 Selección de la botonera	51
IV.1.2 Diseño de detalle del dispositivo de conexión/desconexión	51
IV.2 Diseño de Detalle de los Acopladores	53
IV.3 Planos de diseño	56
Conclusiones	91
Apéndices	
Referencias	

## **Antecedentes**

Para el desarrollo del presente trabajo es necesario conocer las razones que dieron origen al proyecto del diseño y construcción del Vehículo Híbrido Urbano Multifuncional, así como el desarrollo que, en lo que se refiere a estos vehículos, se tiene en el mundo.

### **Reconocimiento de la necesidad del proyecto.**

En la Ciudad de México los vehículos funcionan en condiciones de tráfico constante, lo que implica que gran parte del tiempo son conducidos a velocidades muy bajas, en las cuales los motores son altamente contaminantes. Por otro lado, el consumo de combustible es mayor, ya que a bajas velocidades los motores de combustión interna son menos eficientes.

Debido a factores como la ecología y la economía se observa que es necesario un vehículo que contamine poco y requiera un menor consumo de combustibles no renovables y que a su vez satisfaga las necesidades de transporte de la ciudad de México.

Los vehículos híbridos cumplen con lo necesario para cubrir esta necesidad, por esta razón, grandes compañías automotrices han tomado gran interés en el desarrollo de estos vehículos, a continuación se citan algunos de ellos.

### **Estado del arte**

El desarrollo de vehículos híbridos ha sido abordado por diferentes compañías, algunos de estos diseños son los siguientes:

Daimler Chrysler desarrollo un vehículo híbrido, el Durango Dodge Sport Utility Vehicle, las ruedas traseras son movidas por un motor de 3.9 litros, V6 con una transmisión automática convencional y las ruedas delanteras son movidas por un motor eléctrico Simens trifásico, de corriente alterna de inducción, con potencia de 66kW (88.5 Hp) y 190 NM (140 lb\*ft) de par en el eje de transmisión.

Este vehículo experimenta la aceleración de un vehículo con motor de 5.9 litros, V8, ahorrando un 20% de gasolina. Cuando acelera o va a velocidad crucero, el motor eléctrico trabaja asistido por el motor de combustión interna, además un controlador automático,

administra la carga y descarga del banco de baterías, también recupera energía cinética en la desaceleración y frenado del vehículo. El sistema de administración de la carga tiene la tarea de controlar el estado de cada batería, la ecualización, y la optimización del desempeño. El estado ideal de carga de las baterías es en un rango del 40 al 60 %, en este rango las baterías están lo suficientemente llenas para poder absorber energía, y también son capaces de administrar energía.

Este vehículo es capaz de recuperar energía que usualmente se pierde al frenar sin requerir todo el costo que implica otros componentes para hacerlo, este costo se equilibra debido a que se ahorran los componentes del segundo eje de transmisión, el diferencial de la parte delantera y la transmisión delantera.

Debido a que se requiere un motor de menor tamaño, también se pueden reducir de tamaño varios elementos como el convertidor catalítico, abanico del clutch, ventilador, radiador y transmisión, el tanque de gasolina también puede reducirse de tamaño un 20% de 95 a 75 lt, el peso del motor V6TTR híbrido es igual al del V8 4WD convencional.

En caso de que el motor de combustión se descomponga, el motor eléctrico puede mover al vehículo 6.5 Km. (1)

Chrysler está desarrollando el Concepto Citadel, que es un vehículo híbrido deportivo. Cuenta con un motor de gasolina V6 de 3.5 litros y 24 válvulas que produce una potencia de 253 hp en las ruedas traseras. Para las ruedas delanteras cuenta con dos motores eléctricos, que combinados generan 70 hp. (2)

Por otro lado Nissan va a fabricar y vender vehículos híbridos basados en el vehículo Tino HEV. El Tino combina el motor QG18DE 1.8 L cuatro cilindros en línea con dos motores permanentemente magnetizados sincrónicos, clutch electromagnético, cinturón de acero y p Polea CVT, control inversor, y un paquete de baterías litio – ion.

El sistema es selectivo, el vehículo se puede mover con uno de los motores conduciendo en las ruedas delanteras. Esta modalidad se utiliza para bajas cargas en donde el motor de combustión tiene baja eficiencia.

El motor de combustión se utiliza para media y alta velocidad y cargas altas.

El segundo motor es empleado como motor y generador para arrancar el motor de combustión interna y para recargar las baterías.

Los dos motores recuperan energía en la desaceleración y al frenar. (3)

El sistema híbrido de Mitsubishi emplea un motor de 1.5 L 77KW.(103 HP.) GDI, combinado con un motor/generador pequeño de 12 KW. (16Hp) , 147 NM.

La ventaja del motor GDI es la facilidad de arranque, que permite que los cambios entre un motor y otro sean suaves. El motor de combustión interna se usa en caminos con pendientes pronunciadas para mover el vehículo, y en terrenos planos se utiliza para recargar las baterías, también regenera en la desaceleración.(4)

El Elten Custom utiliza el sistema de propulsión híbrida de Subaru (SHPS), el cual consiste en un sistema de modo doble, que alterna el funcionamiento de serie y paralelo.

Emplea dos motores uno que funciona como arrancador y generador, que enciende el motor de combustión interna.

El motor de combustión interna provee electricidad al motor de propulsión de 8.5 KW. (11Hp), el cual arranca al vehículo en el modo SERIE.

Ambos, el motor de combustión interna y el motor de propulsión (eléctrico), con energía proveniente del banco de baterías de níquel/metal – hidruro, proporcionan una gran potencia en el modo PARALELO.

Para el estado estable de crucero, el motor de 0.66 L de 4 cilindros proporciona la propulsión, y el motor eléctrico funciona como generador para cargar las baterías. (5)

Por su parte Honda está creando un automóvil con una gran eficiencia en el consumo de combustible. Este auto está equipado con una transmisión manual de cinco velocidades.

Honda incorporó dos adelantos tecnológicos en el Insight, un cuerpo totalmente hecho de aluminio y un motor integrado (IMA) de una combinación de un motor eléctrico y un motor de apoyo de gasolina. El vehículo pesa 800 Kg. y su motor eléctrico es de 10 KW., el banco de baterías genera 144 V. El sistema híbrido de Honda utiliza el motor de combustión como la fuente primaria de movimiento, diferente al sistema de Toyota Prius que utiliza el motor eléctrico para arranque y bajas velocidades. El IMA comprende de un motor eléctrico de tamaño moderado acoplado directamente al cigüeñal que ayuda a la máquina en el arranque

y la aceleración, cuando ocurre una desaceleración, el motor actúa como generador, cargando las baterías híbridas de níquel/metal. (6)

Honda Insight es el primer vehículo híbrido que se vendió en Estados Unidos, además de ser el más eficiente en lo que a consumo de gasolina se refiere. Con este modelo esperan obtener la certificación de vehículo de super ultra baja emisión (SULEV) de California, que con respecto a la emisión, es la certificación más exigente en el mundo.

Los modelos Insight esperan obtener un rendimiento de 50 mpg en condiciones de manejo en ciudad. Cuentan con un motor híbrido integrado que combina un motor de combustión de ultra eficiencia (1.0 litros, 3 cilindros) y un motor/generador eléctrico de 10 kw. Las baterías utilizadas son de níquel-metal.

La recarga de las baterías se da por medio de la electricidad generada en el uso normal, por lo que no requerirá de una fuente externa.

El Insight tiene una estructura 40% más ligera que los vehículos de acero de su mismo tamaño y esto se debe a la utilización de materiales como aluminio, plástico y magnesio. (7)

General Motors anunció en agosto del 2000 que producirá pickups híbridas a principios del año 2004. Además, la compañía producirá versiones híbridas de la Chevrolet Silverado y de la GMC Sierra, que tendrán una mejora en la eficiencia del 15% en el consumo de gasolina. Estas camionetas comenzarán a probarse en Estados Unidos este año. (8)

Toyota desarrollo el automóvil híbrido Pirus, del cual ya se compraron 231 para la ciudad de Nueva York. Estos vehículos se utilizarán para las agencias municipales. El Departamento de tránsito planea comprar 56 autos más para diferentes programas.

“Pirus, el primer sedan híbrido producido en masa en el mundo, tiene un 90% menos de emisiones que el promedio de los autos que circulan hoy en día. En algunas ciudades, como Nueva York, esto significa que el aire que sale del Pirus es casi siempre más limpio que el que entra en él” dijo Jim Press, vicepresidente ejecutivo de ventas de Toyota Motors. (9)

El Toyota Pirus tiene un motor de gasolina de 1.5 litros que transmite a las llantas y a un generador. El generador provee de electricidad al motor eléctrico o recarga las baterías.

En caso de requerir potencia extra (en la aceleración o en el caso de una pendiente) ambos motores pueden proporcionarla al mismo tiempo. Además, se recupera la energía de frenado para recargar las baterías. (10)

Como se puede observar el desarrollo de la tecnología en VH está enfocada a encontrar mejores formas de almacenar y utilizar la energía eléctrica, desarrollar MCI más eficientes, estructuras ligeras y resistentes, y sistemas y configuraciones óptimas para el acoplamiento de los motores.



## **Introducción**

La contaminación atmosférica y el ahorro de combustibles fósiles son dos problemas graves a escala mundial, para los cuales se invierten millones de dólares cada año.

Una de las causas principales de estos problemas es la gran concentración de auto transportes en sitios geográficos específicos.

Por ejemplo, el sector de transporte en Estados Unidos gasta 21155 litros de petróleo cada segundo, "Setenta y cinco por ciento de esto es usado por automóviles y camiones. El consumo de petróleo ha estado aumentando desde 1987" (11).

Algunas de las soluciones que se han estado desarrollado son los vehículos alternativos como: vehículos eléctricos(VE), híbridos(VH), solares, de celdas de combustible, de aire comprimido y combustibles alternativos.

Dentro de los vehículos alternativos, los vehículos eléctricos podrían ser la mejor solución para los problemas de contaminación y ahorro de combustible, ya que no producen emisiones y no consumen hidrocarburos; pero hasta ahora la tecnología en materia de almacenamiento de energía eléctrica(baterías) es insuficiente y costosa, por lo tanto, no es posible cambiar la totalidad de la flota vehicular por vehículos eléctricos.

Lo que si es posible es atenuar el problema, atacando ciertos nichos.

Por ejemplo, los VE pueden satisfacer las necesidades de transporte en recorridos cortos, dentro de zonas conflictivas, y los VH son una opción para recorridos largos y problemas de embotellamientos, ya que permiten mayor autonomía, mayor potencia y velocidad, contaminando menos.

### **Definición de vehículo híbrido:**

Un vehículo híbrido es aquel que utiliza para propulsarse dos formas de energía provenientes de:

1. Combustibles.
2. Energía almacenable.
3. Energía solar.
4. Energía eólica.

Los vehículos híbridos que emplean para su propulsión un motor de combustión interna y un motor eléctrico, son el paso lógico en la evolución del autotransporte comercial. Estos vehículos pueden configurarse de dos maneras, en paralelo o en serie.

#### PARALELO:

- ⌘ El motor de combustión interna (MCI) y el motor eléctrico (ME) son conectados mecánicamente al eje de transmisión.
- ⌘ El conductor escoge en que modo operar la unidad.
- ⌘ En esta configuración el MCI sirve como fuente de energía para recargar el banco de baterías, a través del ME, conectado como generador.
- ⌘ No necesita generadores y tiene menor masa y mejor eficiencia en carretera.
- ⌘ Puede funcionar si alguno de los sistemas no funciona.
- ⌘ Requiere un acoplamiento mecánico complicado.
- ⌘ Como el MCI debe de funcionar dentro de cierto rango de velocidad, la afinación es difícil y la eficiencia disminuye.

#### SERIE:

- ❖ Solo el ME da movimiento al eje de la transmisión.
- ❖ El MCI funciona con un generador que recarga al banco de baterías.
- ❖ Los elementos mecánicos son más simples y permite mayor libertad en el acomodo de estos.
- ❖ Solo requiere una velocidad para la transmisión de todo el rango de velocidades.
- ❖ Como el MCI solo funciona cuando recarga a las baterías se puede afinar el motor como un motor sencillo.
- ❖ Tienen la desventaja de que dependen de la eficiencia de las baterías y del motor eléctrico, únicamente.
- ❖ No pueden subir grandes pendientes.

Considerando que los vehículos híbridos en configuración paralelo, solucionan las necesidades y cumplen con los requerimientos de un vehículo de carga citadino. Esta tesis tiene la tarea de iniciar el diseño de un vehículo de dichas características; y para desarrollarla, se dividió de la siguiente manera:

En el primer capítulo se exponen las diferentes razones que dieron origen al proyecto, después se establecen las especificaciones del vehículo, así como la información necesaria para comenzar el diseño de los sistemas principales del vehículo.

Para establecer las especificaciones del vehículo fue necesario definir la configuración final del vehículo, tomando en cuenta requerimientos y limitantes de los sistemas principales. Para esto fue necesario generar gran cantidad de configuraciones, y poder al fin encontrar la configuración mas adecuada para esta clase de vehículos.

Finalmente se identificó y seleccionó para su diseño, el sistema de selección y acoplamiento. Ya que este sistema se encuentra íntimamente relacionado con todos los sistemas del vehículo, permitiendo que el proyecto continúe con bases firmes una vez que se concluya este trabajo.

En el segundo capítulo, se realizó el diseño de configuración, el cual consiste en identificar las funciones del sistema y dividirlo a su vez en subsistemas, separando funciones para generar soluciones independientemente. Con esto se pudieron elegir diferentes elementos físicos (tipo de sistema) que cumplieran con las entradas y salidas de cada subsistema.

En el tercer capítulo se realizó el diseño conceptual, el cual consiste en seleccionar los sistemas físicos y la disposición de los mismos, para cubrir las necesidades de los sistemas. Como aportación en esta tesis se utilizaron herramientas paramétricas de diseño asistido por computadora (CAD), para realizar un diseño adaptable basado en variables de diseño, con el fin de permitir al equipo de diseño realizar cambios inteligentes en etapas futuras del proyecto.

En el cuarto capítulo se realizó el diseño de detalle del selector y de los acopladores.

Por último se generaron las conclusiones de este trabajo, así como las observaciones, referencias y los apéndices necesarios para completar el diseño.

## Capítulo I

### Proyecto del Vehículo Híbrido Urbano Multifuncional (VHUM)

En éste capítulo se explicarán las diferentes razones que dieron origen al proyecto VHUM, así como las especificaciones para el desarrollo del mismo las cuales servirán como base para el desarrollo del presente trabajo. Así mismo se planteará el problema y objetivo del mismo.

#### I.1 Descripción del proyecto

El Centro de Diseño y Manufactura (CDM) de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), tiene como propuesta de proyecto, el diseño y fabricación del prototipo de un vehículo híbrido para diferentes aplicaciones. Para la realización de este proyecto se pretende utilizar el método del diseño en ingeniería, en la medida de las posibilidades.

Para la optimización de la estructura se propone utilizar *Boundary Analysis* (BEA) y Análisis por Elemento Finito (FEA).

Para la realización de este proyecto el equipo de trabajo será integrado por alumnos de licenciatura, maestría y doctorado que realizan tesis y servicio social, lo cual ayuda a la formación de alumnos con el perfil adecuado a las necesidades actuales de la Industria Automotriz.

#### *Objetivo principal del proyecto:*

- Realizar el diseño y construcción del VHUM bajo las especificaciones que se presentan en el siguiente apartado.

#### *Objetivos secundarios del proyecto:*

- Realizar una evaluación técnica sobre vehículos híbridos a nivel nacional e internacional.
- Aplicar los avances más recientes en baterías Zinc aire y plomo ácido existentes, y evaluar la tecnología.
- Utilizar el combustible y el motor de combustión interna para emisiones mínimas.

- Obtener las curvas técnicas del comportamiento del VHUM, mediante pruebas en campo y en laboratorio.
- Difundir el conocimiento generado.
- Buscar vínculos con las empresas automotrices y con universidades nacionales y extranjeras.

## **I.2 Situación actual del proyecto**

El proyecto actualmente, se encuentra en evaluación para ser aprobado.

Este proyecto se inició con el tema de esta tesis, el cual es medular para generar los demás sistemas del vehículo. Debido a la falta de la información necesaria para desarrollar el sistema fue necesario establecer la configuración del vehículo. En el caso de los motores y las baterías se hizo una propuesta para contar con los datos necesarios para el desarrollo del sistema.

## **I.3 Especificaciones del Vehículo Híbrido y Funciones del Sistema.**

En este capítulo se determinará la configuración del VHUM basándose en las especificaciones, que se mencionan mas adelante. Así como también se determinaran las funciones del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión del vehículo.

### **I.3.1 Especificaciones del VHUM.**

EL VHUM tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- Peso vehicular estimado de 800 Kg.
- Capacidad de carga efectiva de 1500 Kg, como vehículo de carga.
- Largo total: 4321 mm.
- Ancho total (sin espejos laterales): 1400 mm.
- Alto total: 2032mm.
- Distancia entre ejes: 3080mm.
- Distancia del chasis al piso: 285 mm.
- Autonomía en modo de motor de combustión interna (MCI), de 250 Km.
- Autonomía en modo de motor eléctrico (ME), de 10 Km.
- Número aproximado de baterías: 12.

- Peso aproximado de baterías: 30 kg c/u
- Cabina para dos pasajeros.

### **I.3.2 Sistemas que integran al VHUM.**

Con el fin de facilitar el estudio del VHUM, se proponen los siguientes sistemas básicos:

- Carrocería y accesorios.
- Chasis.
- Sistema de suspensión.
- Sistema de dirección.
- Sistema de frenos.
- Sistema de Transmisión.
- Fuentes de potencia.
- Sistema de almacenamiento y administrador de energía

Cada sistema esta constituido a su vez por subsistemas, los cuales son diseñados por diferentes integrantes del proyecto. En este trabajo se profundizará en el sistema de transmisión, ya que es el tema de interés.

El sistema de transmisión esta formado por los siguientes subsistemas:

- ✓ Sistema de selección y el acoplamiento de la propulsión
- ✓ Caja de velocidades
- ✓ Motores
- ✓ Elementos de transmisión de potencia.

### **I.4 Generación de configuraciones**

Basándose en las dimensiones especificadas se evaluará y seleccionará la posición de los sistemas, así como el tipo de transmisión.

Para determinar la configuración del vehículo, es necesario saber la posición y configuración de los motores, así como definir el tipo de transmisión que se empleará (ya que este sistema debe de quedar establecido desde este momento).

Por lo tanto se generaron veintisiete configuraciones, en las cuales se varía la posición de los motores y la tracción en el vehículo, como se muestra en la figura I.1.

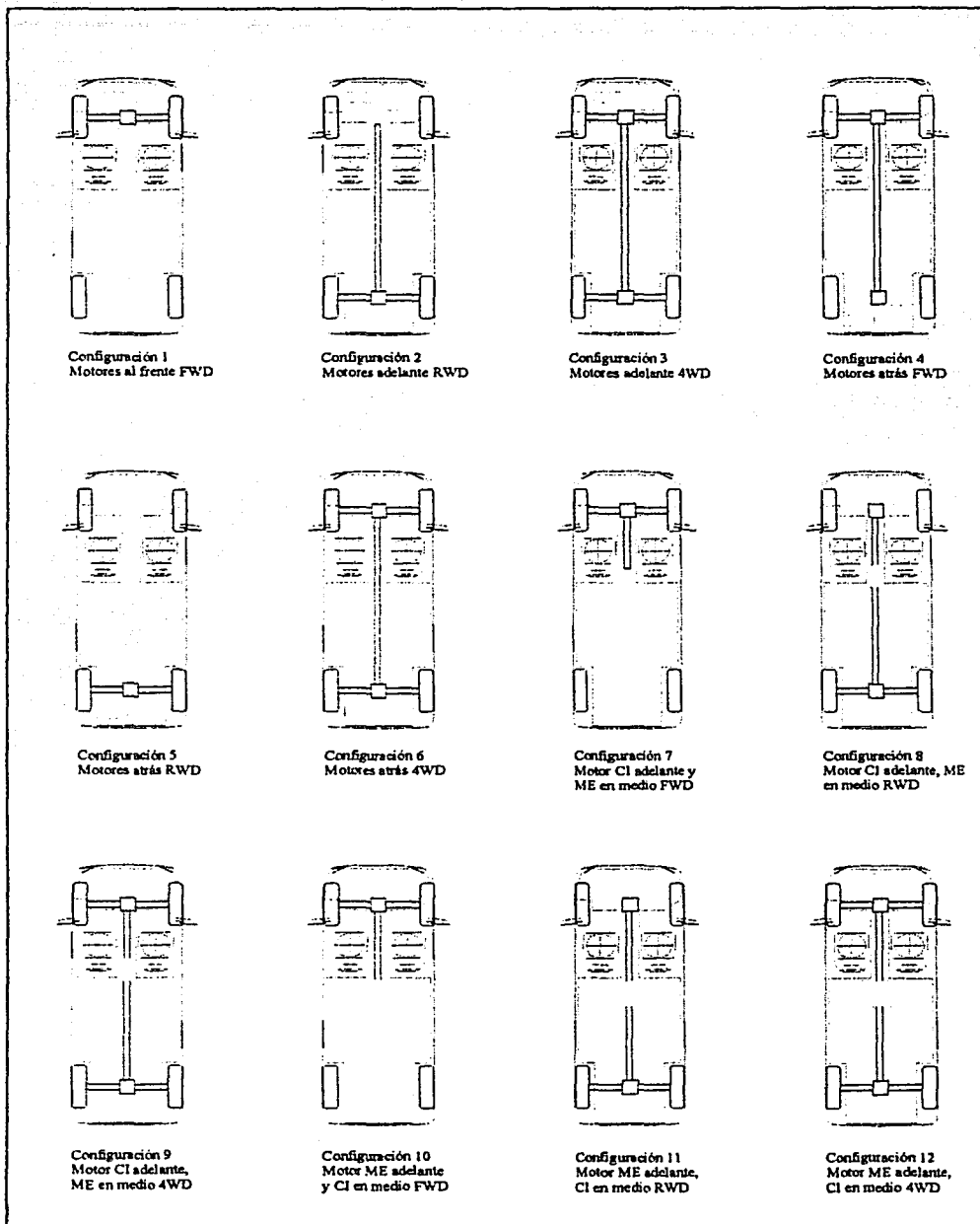


Figura I.1 Configuraciones de motores y transmisión del VHUM

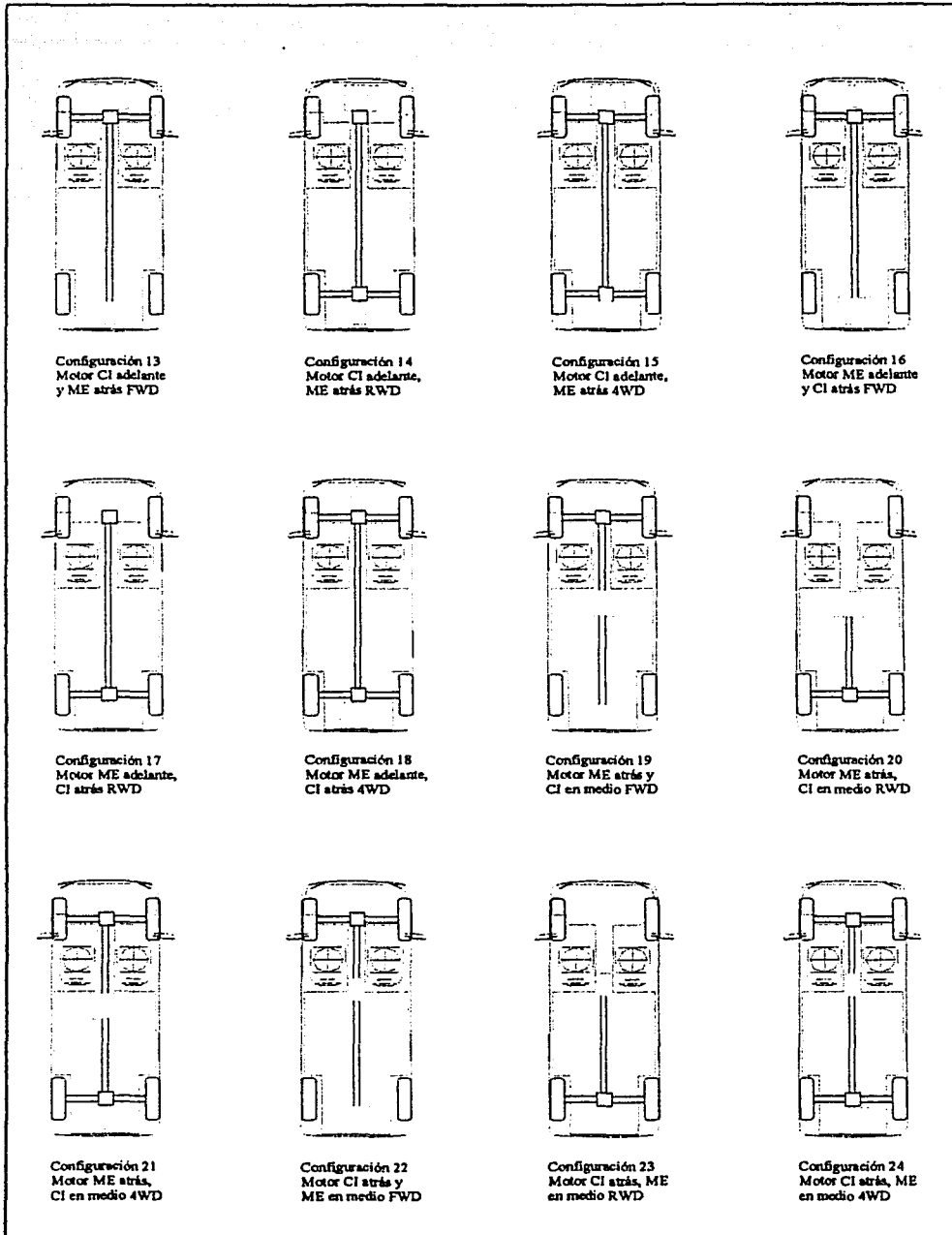


Figura I.1 Continuación



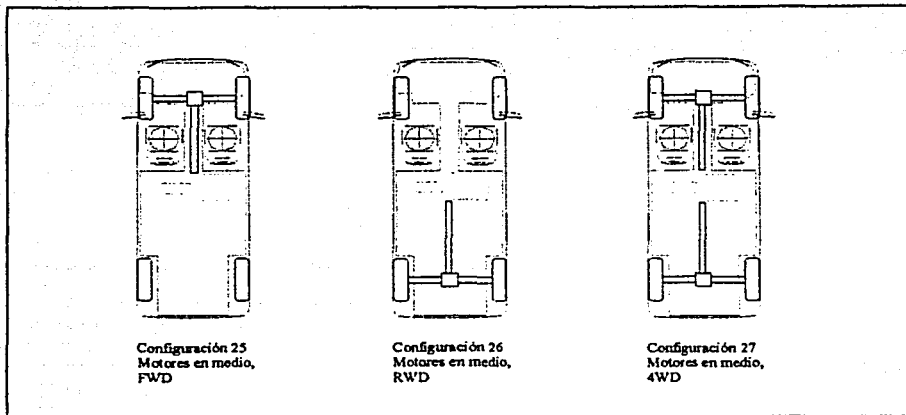


Figura I.1 Continuación

### I.5 Parámetros de comparación

Para seleccionar la mejor configuración, se definieron los parámetros de comparación, como son: el costo, la dificultad de ensamble, el número de piezas, accesibilidad, seguridad, la ubicación del sistema de enfriamiento, el espacio disponible para los sistemas, la funcionalidad de la transmisión y la factibilidad de la generación.

#### 1. Costo

El costo se evaluará dependiendo del número y complejidad de los elementos necesarios para cada configuración. Principalmente se considerarán los siguientes elementos:

##### a) Los elementos de la transmisión.

Se debe de tomar en cuenta que los elementos principales de cada transmisión son:

- Transmisión delantera (FWD): Compuesta por el diferencial delantero y la flecha delantera.
- Transmisión trasera (RWD): Compuesta por el diferencial trasero, la flecha trasera y la flecha cardan.
- Transmisión en todas las ruedas (4WD): Compuesta por el diferencial delantero, la flecha delantera, la flecha cardan delantera, el diferencial central, la flecha cardan trasera, el diferencial trasero y la flecha trasera.

##### b) Sistema de acoplamiento y selección de los motores.

El número de elementos de este sistema varía dependiendo de la posición de los motores; estableciendo que mientras más separados se encuentran los motores, se eleva el número de partes, debido a que se necesitará mayor cantidad de material para acoplarlos y realizar la selección.

c) Costo del sistema de enfriamiento de cada opción.

La posición del motor de combustión interna, determinará la posición del sistema de enfriamiento, y se evaluará el costo, partiendo del concepto de que es más barato enfriar con un sistema convencional de enfriamiento con agua en la parte frontal del vehículo, por que localizarlo en otra parte, implica agregar más elementos al sistema y eso incrementa el costo.

## 2. Dificultad de ensamble

Se evaluará el ensamble, basándose en el número de pasos que representaría el ensamble de los diferentes sistemas, dispuestos según la configuración a evaluar.

Considerando que entre más elementos de la transmisión, menos espacio queda para poder ensamblar los demás sistemas.

## 3. Número de piezas

Se debe de considerar el número de piezas, por tres razones:

- Por el peso
- Por el costo
- Por el espacio

Por lo tanto la configuración que cumpla mejor con estos tres puntos será la mejor.

## 4. Accesibilidad para mantenimiento

En este punto se brinda mayor importancia al acceso a los motores, a las baterías, al tanque de gasolina, al sistema de enfriamiento, sistema de selección y acoplamiento y controlador. Por lo cual se realizará una comparación gráfica entre las configuraciones, considerando que es muy importante que el servicio sea realizado con la mayor comodidad posible y fácil de desmontar para su reemplazo.

## 5. Seguridad

Para este parámetro se considerará la seguridad de los siguientes sistemas:

### a) Motores

- Posición del motor de combustión interna en caso de una colisión
- Posición del motor eléctrico en una colisión.

### b) Transmisión

- En caso de una colisión, la mejor transmisión es delantera, por que con RWD o 4WD las flechas cardan se dañan y es más costosa la reparación.
- En caso de que el vehículo se atasque, la mejor opción es el de 4WD, pero el vehículo esta proyectado para trabajar en caminos con pavimento.

## 6. Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento se evaluará, tomando en cuenta el número de elementos que se requieren dependiendo de su posición, y facilidad de conducir el fluido de enfriamiento al sistema.

## 7. Espacio para los sistemas

Se deberá considerar la disponibilidad de espacio que permite cada configuración, considerando como mejor opción, la que ocupa menor espacio o lo ocupa de manera más eficiente.

## 8. Funcionalidad de la transmisión

Se considerará para evaluar este punto la funcionalidad de la transmisión.

- La forma de transmisión más sencilla es la FWD.
- La más complicada es la de 4WD.

## 9. Facilidad de generación de energía

Este parámetro es evaluado, considerando la dificultad que exista de cada configuración, en conectar al eje del motor eléctrico, con algún eje móvil del vehículo(eje delantero, eje trasero, eje del motor de combustión interna, la flecha cardán, etc)

La matriz con la cual se evalúa el factor de peso de los parámetros anteriores se encuentra en el apéndice B.

### I.6 Primera evaluación

Bajo los criterios anteriores se realizó la matriz de decisión que se encuentra en el apéndice B. De esta matriz se seleccionaron las cinco mejores propuestas, las cuales sirvieron para realizar las siguientes decisiones.

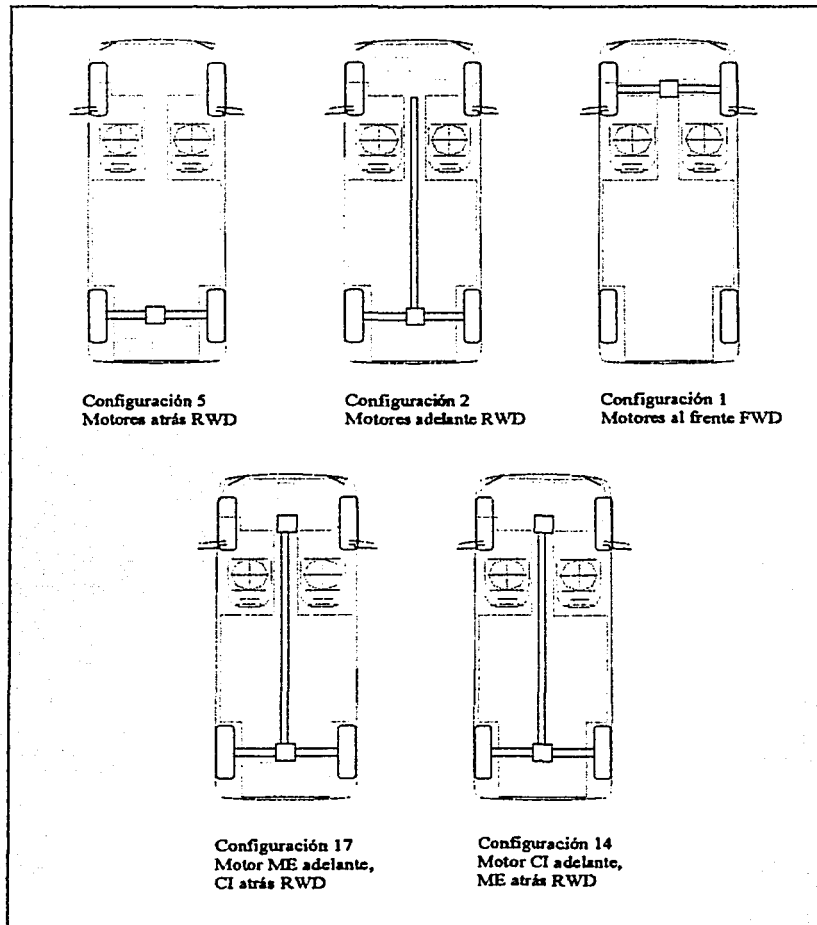


Figura 1.2 Configuraciones de motores y transmisión finales

## I.7 Segunda generación de configuraciones

El tanque de gasolina y el banco de baterías son elementos importantes para la determinación de la configuración, por lo que agregando dichos elementos a las cinco configuraciones elegidas se generaron las siguientes soluciones.

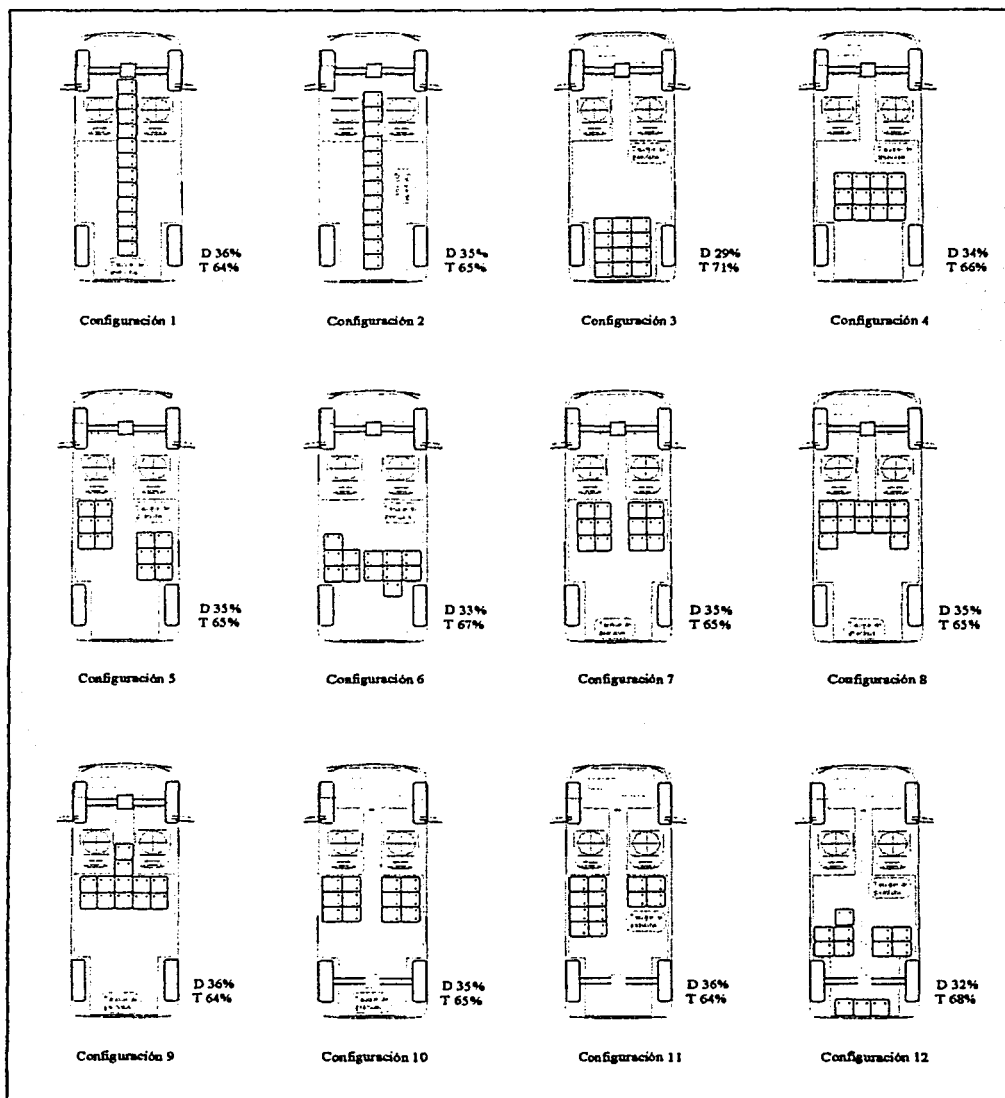


Figura 1.3 Configuraciones con baterías, tanque de gasolina y distribución de cargas

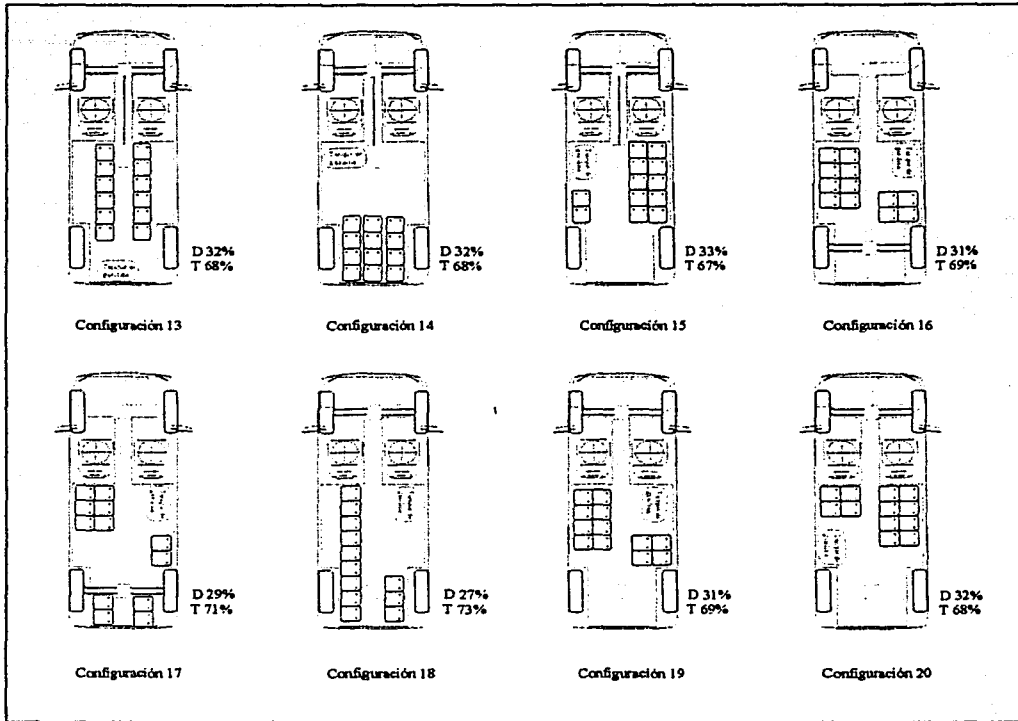


Figura 1.3 Continuación

## I.8 Parámetros de comparación de la segunda generación de soluciones

Para evaluar las configuraciones se definieron los siguientes parámetros:

### 1. Seguridad del tanque de gasolina

La seguridad del tanque de gasolina depende de la posición que ocupe éste dentro del vehículo y de su separación del banco de baterías.

### 2. Seguridad de baterías

Para la seguridad de las baterías se considerará su posición relativa respecto al tanque y la posición que éstas ocupen dentro del vehículo.

### 3. Inercia de las baterías

Este parámetro debe considerarse para evitar, dentro de lo posible, un golpe (debido a la inercia) de las baterías a su sistema de anclaje al vehículo en el momento de una desaceleración repentina, y depende, básicamente, de la cantidad de baterías que se encuentran dentro de un mismo bloque.

### 4. Inercia del tanque de gasolina

Dependiendo de la forma en que se encuentre el tanque, ya sea longitudinal o transversal, su inercia en ciertas direcciones será distinta. Lo que se intenta lograr es que el tanque tenga la menor inercia posible en dirección del movimiento para evitar que el combustible genere un golpe excesivo en la pared del tanque al momento del frenado.

### 5. Accesibilidad del tanque

La accesibilidad del tanque se refiere a la facilidad que existirá para colocar un conducto hacia el exterior que permita el llenado del mismo.

### 6. Accesibilidad de baterías

Debido a que en el vehículo se podrán recargar las baterías cuando el motor de combustión se encuentre funcionando, no es necesario sacar el banco para recargarlo. Aún así se necesita acceder fácilmente a él para darle mantenimiento.

### 7. Ventilación de baterías

Durante su funcionamiento, las baterías producen gases, sobre todo en la recarga. Por esto se debe tener la posibilidad de ventilarlas, para evitar la acumulación de gases.

### 8. Distribución de cargas

La distribución de cargas es un parámetro importante ya que si el peso en el eje delantero es excesivo la dirección se vuelve muy dura y disminuye el agarre de las ruedas motrices con el suelo (para el caso de tracción trasera), en cambio si el peso se concentra en el eje trasero, la dirección pierde efectividad, por lo cual, para vehículos de carga se recomienda

que la carga sobre el eje delantero esté dentro del 35 y 25%, dejando la carga sobre el eje trasero entre 65 y 75%.

El cálculo de la distribución de cargas se realizó por medio de un análisis estático el cual se encuentra en el apéndice A.

Con estos parámetros se realizó la matriz de decisión para obtener el factor de peso de cada uno y con esto evaluar las configuraciones.

### I.9 Segunda evaluación

Bajo este criterio se realizó la matriz de decisión, que se encuentra en el apéndice B, en la cual se obtienen las cinco mejores propuestas mostradas en la figura I.4.

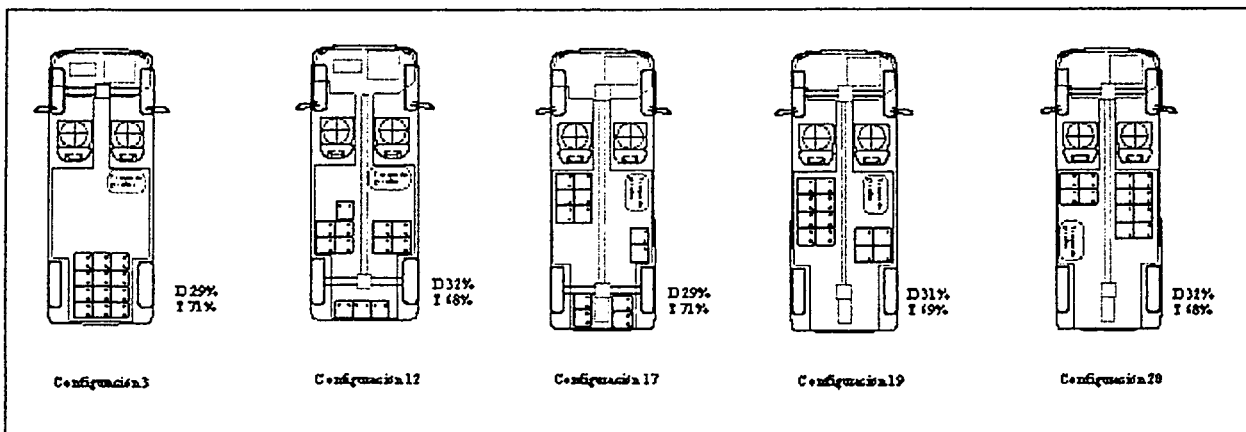
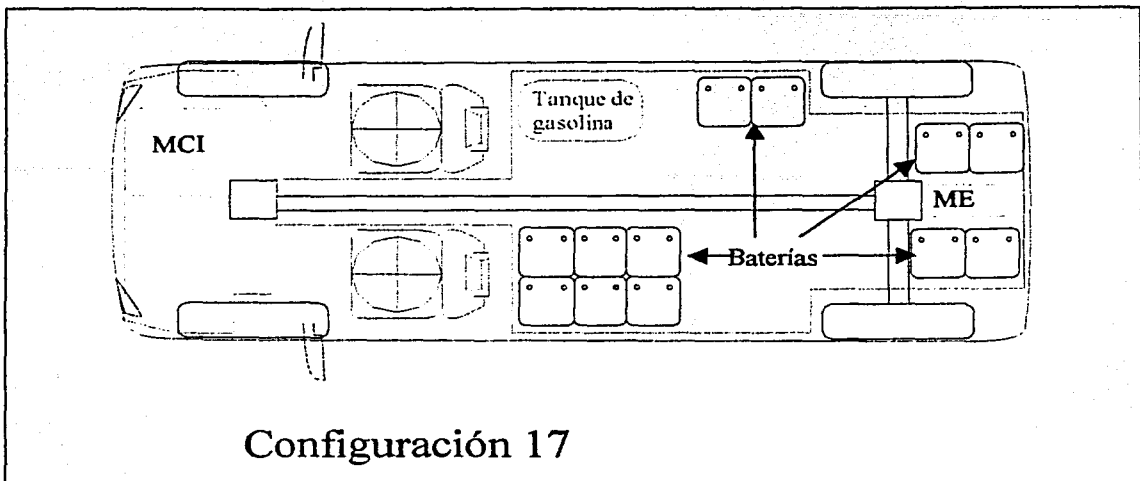


Figura I.4 Configuraciones de baterías y tanque de gasolina seleccionadas en la 2ª evaluación

De estas configuraciones se eligió la configuración 17. Se decidió que como el vehículo es de carga se debe tener tracción trasera, con esto la elección se redujo a la configuración 12 y 17, pero debido a que en la configuración 12 el motor eléctrico debería mover la flecha cardan se optó por eliminarla, con esto se decidió que la mejor configuración es la 17, mostrada en la figura I.5.

La distribución de cargas de esta configuración es 21% en el eje delantero y 79% en el trasero.





**Configuración 17**

Figura I.5 Configuración seleccionada

### **I.10 Análisis Dinámico del vehículo híbrido.**

Para seleccionar el motor de combustión interna, el motor eléctrico, el tipo y número de baterías, y para el diseño y selección de todos los elementos del vehículo, es necesario conocer la potencia que se requiere para mover el vehículo a una velocidad máxima especificada.

#### **I.10.1 Potencia del motor de combustión interna**

Para encontrar la potencia requerida en el motor de combustión interna, se calcula la potencia en las ruedas del vehículo, por medio de un análisis dinámico del vehículo (Apéndice A). Debido a que la selección del motor de combustión interna no es motivo de esta tesis, se consideran despreciables las pérdidas mecánicas, por lo que la potencia del motor es la misma que en las ruedas.

La potencia obtenida es la potencia máxima requerida por el motor de combustión interna para mover el vehículo con el 100% de la carga a una velocidad de 80 km/h en terreno plano, y ser capaz de subir una pendiente de 25° a una velocidad de 20km/h.

Los cálculos se realizaron considerando que el suelo en el que trabajará el vehículo será asfalto en mediano estado<sub>(12)</sub>, y en condiciones estándar con velocidad del viento despreciable. Las reacciones en los ejes se obtuvieron en el análisis estático (Apéndice A).

Los resultados de este análisis fueron el par y la potencia mínimos requeridos:

<p>Potencia y par del motor de combustión interna: 60 KW y 9.8 N·m (80 HP y 70.6 lb·ft)</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------

La selección del motor de combustión interna requerirá de un estudio más detallado y una selección estricta.

En esta etapa del proyecto no es posible seleccionar un motor con la certeza de que será el que se utilice en el vehículo.

El diseño del sistema selector será paramétrico, esto quiere decir que se desarrollara basado en variables, las cuales establecen las relaciones entre los elementos del sistema. Una vez elegido el motor definitivo, se podrá adaptar el diseño por medio de estas variables permitiendo que el sistema se adapte al motor.

### **I.10.2 Potencia del motor eléctrico**

La potencia que se busca es la potencia máxima requerida por el motor eléctrico de corriente directa para mover el vehículo con el 100% de la carga a una velocidad máxima de 30 km/h en terreno plano, y ser capaz de subir una pendiente de 20°.

Tomando los resultados del análisis dinámico del vehículo (Apéndice A) se obtuvo lo siguiente.

<p>Potencia del motor eléctrico de CD: 11.2 KW (15 HP)</p>
----------------------------------------------------------------

De la misma forma que en el caso del motor de combustión interna, el motor eléctrico será seleccionado en una etapa posterior del desarrollo del proyecto, por lo que una vez más el diseño del sistema de aceleración y acoplamiento se hará de manera paramétrica para facilitar la adaptación del mismo al motor eléctrico definitivo.

Con la información generada anteriormente, quedan definidas la mayor parte de las especificaciones del vehículo, permitiendo comenzar a trabajar en el diseño de los sistemas principales del mismo.

El sistema central en el desarrollo de un vehículo híbrido en paralelo es el sistema de transmisión de potencia, ya que los demás sistemas son similares a los de un vehículo de gasolina convencional. La diferencia radica en que se cuenta con dos fuentes de potencia (MCI y ME) Por lo que se necesita controlar los cambios en la transmisión y sistemas involucrados para permitir el funcionamiento del vehículo en las modalidades requeridas.

El tema central de esta tesis es el sistema de selección y acoplamiento el cual permite al usuario realizar los cambios arriba mencionados.

Con esta tesis se da inicio al proyecto del diseño del VHUM.

### **I.11 Definición del problema de la tesis**

**Objetivo:** Diseñar un sistema mecánico que permita al conductor del vehículo híbrido seleccionar el tipo de motor (MCI o ME) que le conviene utilizar para las condiciones de tráfico, velocidad y carga en que se encuentra.

El sistema, además de permitir al conductor seleccionar el motor que da la propulsión al vehículo, debe conectar el motor de combustión interna con el eléctrico para que este último funcione como generador y recargue el banco de baterías.

*Las entradas y salidas del sistema son:*

#### **Entradas**

1. Flecha del motor de combustión interna (MCI)
2. Flecha del motor eléctrico (ME)

#### **Salidas**

1. Eje motriz del vehículo (S)

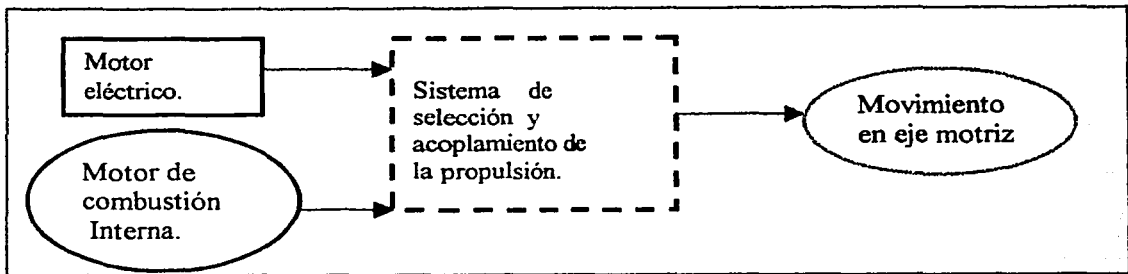


Figura 1.6 Diagrama de entradas y salidas del sistema.

El sistema permite el funcionamiento del vehículo en dos modalidades básicas:

1. Modo eléctrico
2. Modo de combustión interna

*Los requerimientos básicos del sistema son los siguientes:*

En su posición inicial, el sistema se encuentra en modo neutro, lo que implica que se puede encender el coche para después seleccionar el modo requerido, el sistema permitirá que el motor seleccionado este embragado y el otro motor este desembragado.

Una vez seleccionada la modalidad el vehículo se opera como un vehículo convencional, si se desea pasar a otro modo se debe mover el dispositivo de selección hasta la posición deseada. Esto realizará los cambios requeridos para conducir el vehículo del modo seleccionado.

En el modo de combustión interna, el vehículo puede generar o no energía para recargar el banco de baterías. Cuando se requiere generar energía, ambos motores deben encontrarse embragados, y las conexiones del motor eléctrico deben cambiar, para que trabaje como generador.

*Estrategia de Diseño:*

Dado que este es un proyecto que inicia con esta tesis, se han tenido que tomar consideraciones en cuanto a las especificaciones del vehículo y componentes principales, lo cual implica que en etapas posteriores estos podrían cambiar por muchas razones. Considerando esto se busca que el diseño del sistema de selección y acoplamiento sea lo más adaptable posible a cambios posteriores. Para poder realizar un diseño adaptable, se

identificarán variables de diseño, las cuales se introducirán mediante una tabla de Excel a sistemas de diseño asistido por computadora, específicamente modeladores de sólidos paramétricos, de manera que si en etapas posteriores del proyecto cambia algún valor de las variables de diseño, el diseño se actualizará con solo modificar el valor correspondiente en la tabla de Excel.

Esta forma de trabajar se ha estado implantando en los centros y departamentos de diseño en la industria mundial en los últimos años, respondiendo a que la velocidad de diseño es crucial ya que mientras más rápido se realice el proceso de diseño, más pronto se comenzará la fabricación y distribución de productos en el mercado, por lo tanto se generan ganancias más rápido. (13)

**Alcances de la tesis:** Durante el desarrollo de la tesis se realizará la distribución de los elementos relevantes para el presente trabajo. A partir de esta información se desarrollará el diseño de configuración y conceptual del sistema de selección y acoplamiento, así como el diseño de detalle del selector y de los elementos encargados de acoplar y desacoplar los motores.

## Capítulo II

### División en subsistemas de acuerdo a su función

En este capítulo se identificarán las diferentes funciones que el sistema debe cumplir. Cada función debe ser cubierta por un subsistema. Y finalmente se debe establecer la relación que hay entre subsistemas.

Como primer paso se definirán los subsistemas en base a las diferentes funciones del sistema.

#### II.1 Identificación de los sistemas y subsistemas.

Para facilitar el estudio del sistema de acoplamiento, se dividirá en subsistemas de acuerdo a las funciones presentes.

Las principales funciones que se detectaron son:

- Acoplar el motor de combustión interna con la transmisión del vehículo.
- Acoplar el motor eléctrico con un eje de la transmisión —en este caso el eje trasero— para poder transmitir hacia él cuando se trabaje con el motor eléctrico, o desde él cuando se requiera generar.
- Permitir al usuario la selección del modo de operación, esto incluye todos los sistemas necesarios para realizar ese cambio.

En esta etapa se estudiarán los sistemas por separado, y la interacción entre ellos, para esto se identifica la entrada y salida de cada uno de ellos.

En la tabla 2.1 se muestran los subsistemas, sus funciones, entradas y salidas.

Subsistema	Funciones	Entrada	Salida
Acoplamiento del MCI al eje respectivo	Conecta el MCI con la transmisión	Movimiento rotacional en la flecha de MCI	Movimiento rotacional en el eje de la transmisión
Acoplamiento del ME al eje respectivo	Conectar el ME a un eje móvil	Movimiento rotacional en la flecha de ME	Movimiento rotacional en un eje móvil

Sistema	Funciones	Entrada	Salida
Selector (S)	Seleccionar el modo de operación	Señal eléctrica en el selector	Salidas eléctricas a los diferentes sistemas
Generador (G)	Acoplamiento del ME a un eje móvil y cambiar sus conexiones	Movimiento rotacional en el eje	Movimiento rotacional en ME
MCI	Motor de combustión interna		
ME	Motor eléctrico		

Tabla 2.1 Subsistemas, funciones, entradas y salidas.

En la figura 2.1 se muestra el diagrama del sistema, en el cual se observan los subsistemas y su relación con el resto del sistema.

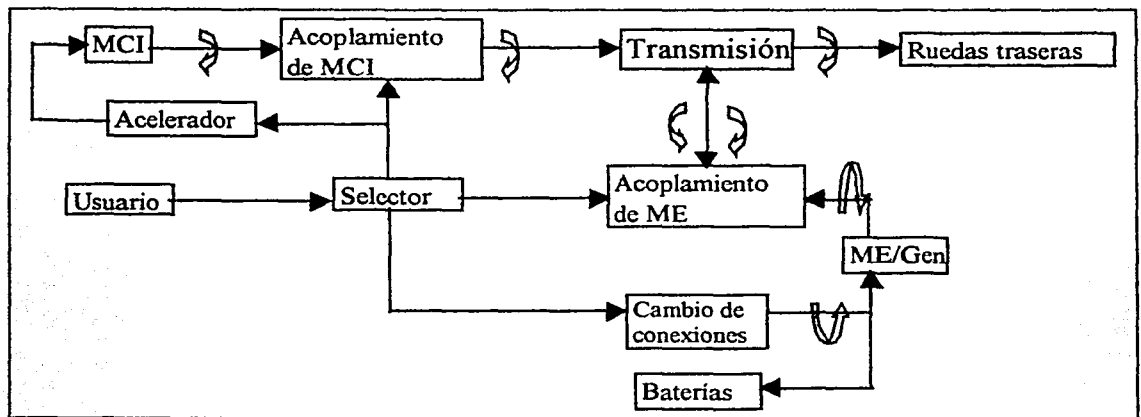


Figura 2.1 Diagrama del sistema y relación entre los subsistemas que lo componen.

Como se observa en el diagrama anterior el subsistema selector tiene dos funciones principales. Una de ellas es configurar al sistema de manera que el acoplamiento de los motores a la transmisión sea el adecuado para la modalidad seleccionada, y la otra es direccionar el acelerador hacia el motor correspondiente. Así pues, se tienen dos diagramas diferentes para las funciones del selector:

### 1) Direccionamiento del acelerador

Dependiendo de la modalidad en que este funcionando el motor, este sistema direccionará la señal del pedal del acelerador al motor correspondiente.

Su diagrama de entradas – salidas es el siguiente.

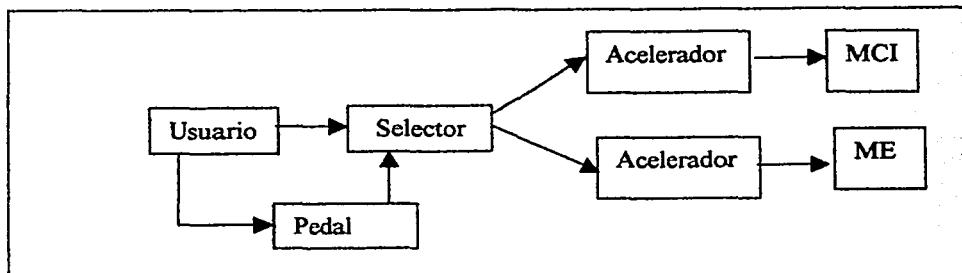


Figura 2.2 Diagrama de entradas y salidas del selector en su función de direccionar el acelerador

### 2) Configuración del sistema para cada modo de funcionamiento.

Los cinco modos de operación son: modo de combustión interna, eléctrico, de transición, de generación y neutro.

A continuación se explicará como debe de estar configurado el sistema para cada modo de operación:

#### ➤ Modo de motor de combustión interna.

Para este modo, el MCI debe poder ser acoplado y desacoplado a la transmisión, por el conductor, para permitir hacer el cambio de velocidades; el ME debe permanecer desacoplado de la transmisión, y el conductor no podrá acoplarlo en este modo.

#### ➤ Modo de motor eléctrico.

En este modo, el ME debe permanecer acoplado a la transmisión, sin la posibilidad de ser desacoplado por el conductor; el MCI debe quedar desacoplado de la transmisión sin la posibilidad de ser acoplado por el conductor en este modo.

#### ➤ Modo de generación.

En este modo el MCI debe poder ser acoplado y desacoplado a la transmisión por el conductor, para poder realizar los cambios de velocidades; y el ME deberá permanecer acoplado a la transmisión, y un sistema paralelo deberá cambiar las conexiones del ME para que funcione como generador.



➤ Modo de transición

Este modo de operación surgió de la necesidad de tener un momento para preparar al MCI, cuando se quiere realizar el cambio desde el modo de ME al modo de MCI únicamente. Ya que es necesario que el MCI sea encendido antes de realizar el cambio, y también es necesario revolucionarlo igual que el ME, para realizar el cambio suavemente.

Este modo de transición, implica que el usuario moverá el selector a una posición específica, en la cual el ME seguirá acoplado sin que el usuario tenga la posibilidad de modificar ese estado, el MCI se encontrará desacoplado y el usuario no podrá acoplarlo hasta cambiar de modo. Simultáneamente se dará la señal de entrada a un sistema que se encargará de medir las revoluciones en el ME, encender y acelerar al MCI hasta lograr las mismas revoluciones, y una vez que el MCI se encuentre en el estado deseado, generará una señal de salida que le informará al usuario que puede realizar el cambio del selector al modo de MCI (El sistema ecualizador no es motivo de esta tesis).

➤ Modo neutro

Para cambiar de un modo a otro se requiere un modo neutro. En éste los dos motores se encuentran desacoplados y los dos aceleradores deshabilitados. El modo neutro funcionará de forma parecida al neutral en un vehículo de combustión interna convencional y será el paso intermedio entre los distintos modos.

En el siguiente diagrama se muestran las entradas y salidas.

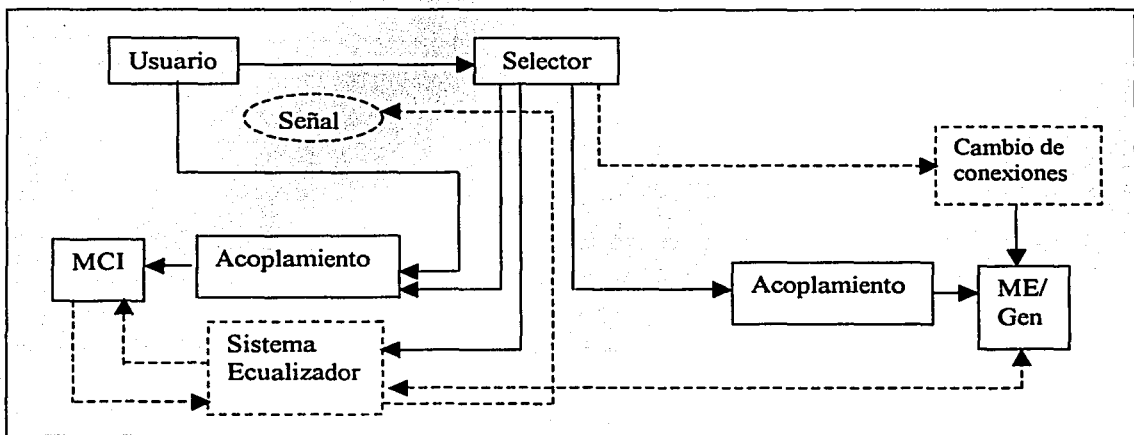


Figura 2.3 Diagrama de entradas y salidas del selector en su función acoplador

----- No es motivo de esta tesis

Una vez identificadas las dos funciones del sistema selector, se observa que el sistema de acoplamiento de ambos motores y el sistema de generación, se encuentran integrados; por lo tanto fusionando los dos diagramas anteriores, encontraríamos el diagrama general del sistema.

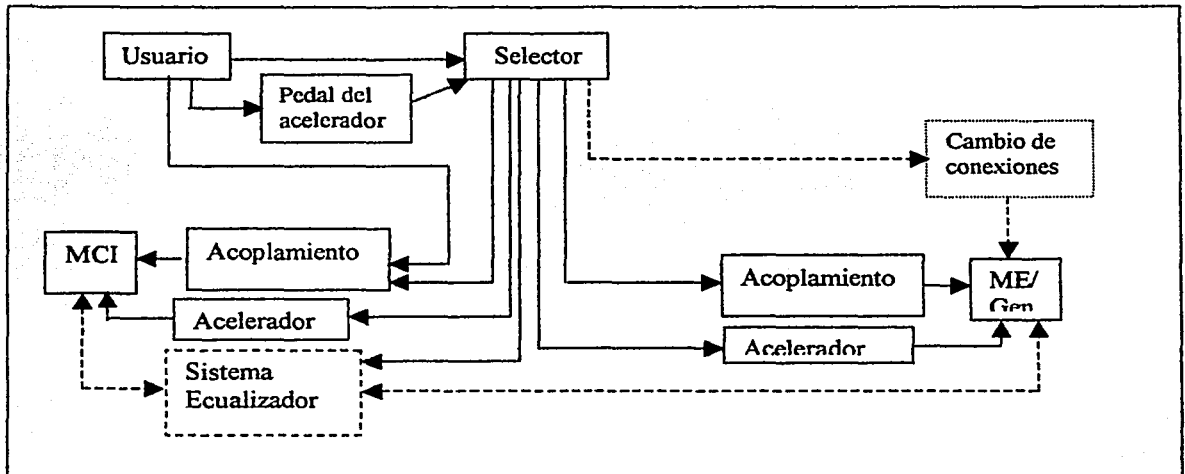


Figura 2.3 Diagrama de entradas y salidas del sistema.

En la figura 2.4 se muestra la posición de los subsistemas en el vehículo.

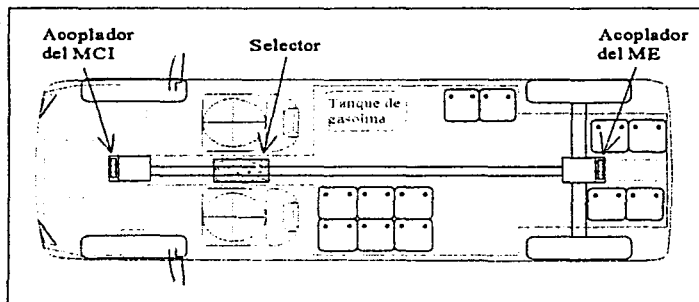


Figura 2.4 Ubicación de los subsistemas dentro del vehículo

Una vez concretada la etapa del diseño de configuración, se empleará esta información para comenzar el diseño conceptual, por lo cual es muy importante que los resultados obtenidos en esta fase sean muy claros, de lo contrario se podrían generar conflictos entre los sistemas.

## Capítulo III

### Diseño Conceptual y de Configuración

Una vez que se han identificado y establecido perfectamente los diferentes sistemas del vehículo y las especificaciones de estos, se realiza el diseño conceptual de cada uno.

El diseño conceptual es la etapa del método de diseño en la cual se generan soluciones para cada subsistema, y se evalúan con el fin de encontrar la mejor manera de cubrir las necesidades de estos.

En la etapa de evaluación de los conceptos, el objetivo es comparar estos con los requerimientos y así seleccionar el concepto que mejor cumpla.<sup>(14)</sup>

#### III.1 Elementos físicos para los subsistemas

Una vez que se han identificado los subsistemas y sus funciones, se investigan los elementos físicos que existen para satisfacer los requerimientos de cada uno.

La selección se realizará entre elementos físicos comerciales, para así facilitar el diseño de configuración y evitar que el costo, inicial y de mantenimiento, sea alto.

Esta primera selección se llevará a cabo para identificar elementos físicos generales que cumplan la función para cada subsistema.

Estos elementos se encuentran listados en la tabla 3.1

Sistema	Método
Acoplamiento del MCI al eje respectivo	Banda – Polea
	Cadena – Catarina
	Engranés
	Embragues
	Acoplamientos flexibles
Acoplamiento de ME al eje respectivo	Banda – Polea
	Cadena – Catarina
	Engranés
	Embragues
	Acoplamientos flexibles

Tabla 3.1 Elementos físicos para cada función

Sistema	Método
Selector	Mecanismo (4 Barras, Biela – Manivela - Corredera, etc)
	Hidráulico
	Neumático
	Electrónico
	Cables
Generador	Banda – Polea
	Cadena – Catarina
	Engranés
	Embragues
	Acoplamientos flexibles

Tabla 3.1 Continuación

### III.2 Definición de los parámetros para la selección de los elementos físicos de cada subsistema.

Para poder seleccionar los métodos a emplear en cada subsistema se definieron parámetros de decisión, y a cada uno se le asignó cierto peso mediante una matriz de factor de peso. Para poder realizar esta matriz es necesario describir los parámetros para poder entender su importancia.

Se describirán los parámetros, para cada sistema.

#### *Subsistema de acoplamiento del MCI y ME.*

##### 1. Velocidad de acoplamiento

La velocidad de acoplamiento es importante, ya que evita pérdidas de energía cinética, lo cual se manifiesta como ahorro de combustible, mejora la funcionalidad y la seguridad del vehículo.

##### 2. Sencillez

La sencillez se refiere a la compatibilidad y facilidad de adaptar las salidas de un sistema con las entradas de los métodos.

### 3. Par máximo

Cada motor tiene un par máximo y se desea utilizar el elemento con el par máximo más próximo al par que entrega el MCI, para no subemplear o sobre emplear el elemento seleccionado.

### 4. Potencia

Es importante saber la potencia que es capaz de transmitir cada método, para determinar cual es el que funciona mejor para esta aplicación.

### 5. Costo

Este punto esta relacionado con el número de accesorios y costo de cada uno de ellos , así como la frecuencia del mantenimiento y el costo de este.

### 6. Espacio

Es importante que el espacio sea mínimo ya que el vehículo esta muy restringido en cuanto a espacio.

### 7. Peso

El peso es importante, por que entre más ligero sea el vehículo en general menor potencia requerirá para moverse, lo que representa un ahorro en combustible.

### 8. Partes comerciales

Se dará prioridad a los métodos cuyos elementos sean fáciles de conseguir y las refacciones no sean de importación o muy especiales.

### *Subsistema Selector.*

#### 1. Facilidad de integrar las dos funciones

Es importante considerar que el subsistema selector tiene dos funciones que trabajan con la misma entrada, por lo tanto es muy importante que sea sencillo integrar ambas funciones.

#### 2. Facilidad de operación

EL usuario debe de ser capaz de realizar el cambio de modalidad (MCI, ME o generador), con una sola mano y de manera sencilla.

#### 3. Seguridad

Una vez realizada la selección, el sistema debe de mantenerse en la modalidad deseada, sin cambiar hasta que el usuario lo indique.

#### 4. Costo

El sistema selector es muy importante, ya que es lo que le da el sentido a un vehículo híbrido en paralelo por lo tanto el costo no es tan importante como los parámetros anteriores.

#### 5. Partes comerciales

Se busca que el sistema sea construido con la mayor cantidad de piezas comerciales que sea posible, para bajar el precio y hacer más sencillo el sistema.

#### *Subsistema Generador.*

Este sistema siempre funciona cuando el VHUM funciona en modalidad de MCI, por lo tanto los parámetros son los mismos que en el de MCI.

### **III.3 Selección de elementos físicos**

En esta etapa se realizará la selección de los elementos físicos más convenientes para satisfacer las necesidades de cada subsistema. Esta selección se llevará a cabo mediante el método de matrices de decisión.

En este método se debe de encontrar un factor de peso para cada parámetro, y con estos factores y mediante la escala que se muestra a continuación, se encuentra el elemento físico más adecuado.

#### *Escala para la evaluación de los métodos.*

Los métodos se evalúan dependiendo del cumplimiento del parámetro deseado, según la escala siguiente.

- 1 Muy malo
- 2 Malo
- 3 Regular
- 4 Bueno
- 5 Muy bueno

### Matrices de decisión

Se realizó una sola decisión para el sistema de transmisión de los motores y del generador y otra para el sistema selector. Cada decisión consta de dos matrices, las cuales se presentan a continuación:

Matriz de decisión para determinar el factor de peso de los parámetros (MCI, ME y Generador)

Parámetros													D.P	F.P (a)											
Vel. acop.	1	0	0	0	1	0	0						2	0.071											
Sencillez	0					0	0	0	1	1	1				3	0.107									
Par máx		1					1						0	1	1	1	1	6	0.214						
Potencia			1					1				1		1	1	1	7	0.250							
Costo			1					1				0			0		1	1	1	5	0.179				
Espacio				0					0				0			0				1	0	1	0.036		
Peso					1					0				0			0			0	0	0	1	0.036	
Partes com						1					0				0			0			0	1	1	3	0.107
													Tot	1											

Tabla 3.2 Matriz para obtener el factor de peso de los parámetros para la transmisión

Matriz para determinar el índice de desempeño (MCI, ME, Generador)

	Parámetros								Partes comer	Factor de
	Vel. de Acopl.	Sencillez	Par máx	Potencia	Costo	Espacio	Peso			
Factor de Peso (a)	0.071	0.107	0.214	0.250	0.179	0.036	0.036	0.107		Factor de
<b>Elemento Físico</b>										<b>desempeño(b)</b>
Banda-Polea	3	5	3	3	5	1	3	4		3.607
Cadena-catarina	2	4	4	4	4	1	2	4		3.679
Engranés	4	3	5	5	2	4	4	3		3.893
Embragues	5	3	5	5	2	5	4	4		4.107
Acop. Flexibles	1	1	4	3	2	4	4	3		2.750

Tabla 3.3 Matriz para obtener el factor de desempeño de las opciones para transmitir

### Matriz de decisión para determinar el factor de peso de los parámetros (Selector)

Parámetros	Posibles Decisiones										Pos.	Peso (a)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Facil. para integrar funciones	1	0	0	1							2	0.20
Facilidad de operación	0				0	0	1				1	0.10
Seguridad		1			1			1	1		4	0.40
Costo			1			1		0		0	2	0.20
Partes comerciales				0			0		0	1	1	0.10
											Tot	1

Tabla 3.4 Matriz para obtener el factor de peso de los parámetros para el selector

### Matriz para determinar el índice de desempeño (Selector)

A	Fac. de int. funciones	Facilidad Operación	Seguridad	Costo	Partes comer.	Factor de desempeño(b)
	0.20	0.10	0.40	0.20	0.10	
<b>Elemento Físico</b>						
Mecanismo	2	3	4	5	4	3.700
Hidráulico	4	3	5	3	3	4.0
Neumático	3	1	4	1	3	2.8
Eléctrico	5	5	4	4	4	4.3
Cables	2	2	3	5	4	3.2

Tabla 3.5 Matriz para obtener el factor de desempeño de las opciones para el selector

Con esto se obtuvo que la mejor opción para transmitir la potencia de los motores a la transmisión, así como para generar, son los embragues y el sistema selector será eléctrico.

### III.4 Diseño de Configuración del sistema general

El diseño de configuración consiste en colocar los elementos físicos seleccionados dentro del diagrama general del sistema (ver figura 2.3) para así poder encontrar posibles problemas para unir las señales de entrada y salida de los subsistemas, en este caso el diagrama resultante es el siguiente:



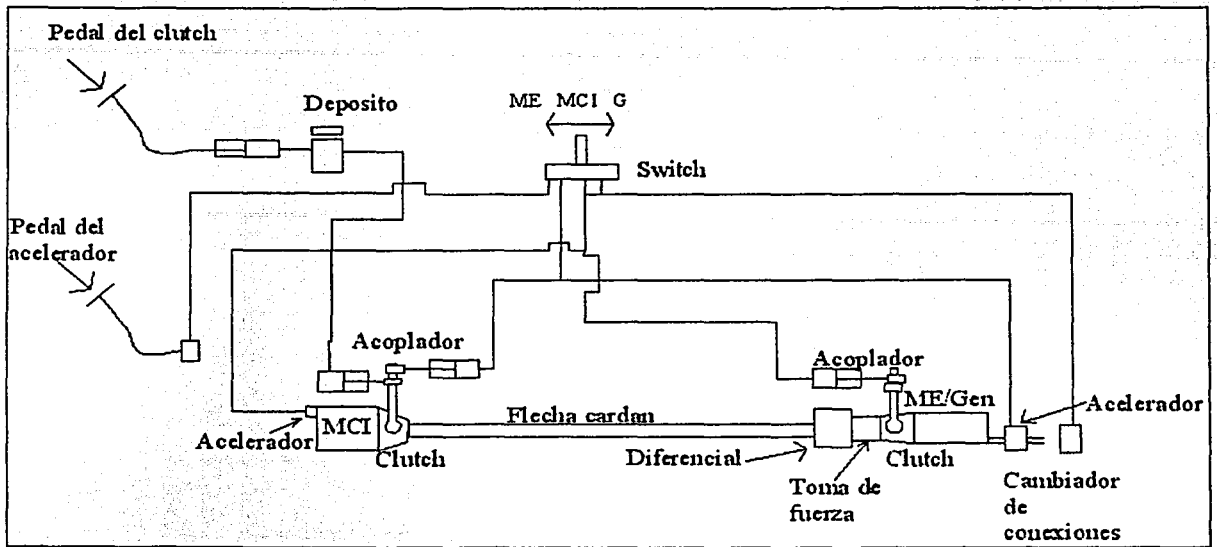


Figura 3.1 Diagrama Conceptual

A continuación se explica el funcionamiento del sistema:

El usuario seleccionará por medio de un interruptor de cinco posiciones, el estado en que desea manejar el vehículo. (Modo motor de combustión interna, motor eléctrico, Transición, Generación y neutro).

Al seleccionar cualquiera de las opciones, suceden cambios en dos sistemas paralelamente, en el sistema de acoplamiento y en el sistema de aceleración.

### *Sistema de Acoplamiento.*

La dinámica de este sistema es la siguiente, si se desea utilizar el vehículo en modo MCI, el usuario colocará el selector en la posición determinada para dicha modalidad, entonces el embrague del MCI estará habilitado (controlado con el pedal del clutch), y se desembragará el ME mediante un sistema de pistón solenoide. De esta manera el sistema permitirá al usuario conducir el vehículo de la misma manera que lo hace con uno de combustión interna estándar.

Cuando el usuario selecciona la modalidad de ME, el *clutch* del MCI es desembragado con un sistema de pistón solenoide, y el embrague del ME permanece embragado, tomando su

energía del banco de baterías. El ME esta acoplado mediante un embrague y su respectiva flecha a una toma de fuerza en el eje trasero de la transmisión del vehículo.

Para el funcionamiento del sistema en modo Generador, el embrague del MCI debe estar habilitado, y el del ME deberá estar embragado, y el sistema encargado del cambio de las conexiones recibirá la señal eléctrica para que realice su función y permanezca en esa posición hasta que reciba una nueva señal.

#### *Sistema de Aceleración.*

El sistema de aceleración trabaja simultáneamente con el sistema de acoplamiento.

Cuando se selecciona el modo de MCI se cierra el circuito entre el elemento que controla el pedal del acelerador, con el MCI, como en cualquier vehículo.

Cuando se selecciona el modo de ME se cierra el circuito entre el elemento que controla el pedal del acelerador, con el ME, como un motor eléctrico de velocidad variable.

Cuando se selecciona el modo de Generador se cierra el circuito entre el elemento que controla el pedal del acelerador, con el MCI, ya que es el motor que sirve como fuente de generación.

### **III.5 Lista de sistemas a diseñar**

#### ❖ Sistema Selector

1. *Switch* de cinco posiciones
2. Diagrama de conexiones
3. Adaptación de acelerador a motores

#### ❖ Sistema Acoplador

1. Actuador del pedal del *clutch* del MCI.
2. Actuador de la palanca del *clutch* del ME.

### **III.6 Diseño conceptual y de configuración del selector**

Como se mencionó en la sección III.3, el selector será eléctrico.

El selector permitirá activar los elementos necesarios para que el vehículo funcione en el modo seleccionado.

La tabla de las señales que debe dar el selector se encuentra a continuación.

Modo	PMCI	PME	AcMCI	AcMe
MCI	*		*	
ME		*		*
Gen	*	*	*	
Transición		*		*
Neutro				

Tabla 3.6 Señales presentes en el selector en cada uno de los modos de manejo

Donde **PMCI** y **PME** son los actuadores que permitirán que el embrague del **MCI** y el del **ME** respectivamente, se acoplen. **AcMCI** y **AcME** son los elementos que permitirán que la señal del pedal del acelerador se dirija al motor correspondiente.

Como se observa, si el sistema no tiene señal pasa automáticamente a modo neutro, este punto es muy importante ya que es un sistema de seguridad que garantiza que el vehículo no modificará su estado como consecuencia de un movimiento involuntario o como consecuencia de una pérdida de energía.

El selector debe ser sencillo de operar, debe ser confiable, es decir que permanezca en la posición indicada hasta que se le indique un cambio.

Es necesario que el selector solo permita seleccionar un modo a la vez, y que al pasar de uno a otro no se active otro modo por accidente, ya que esto generaría conflictos graves en los demás sistemas.

En la siguiente parte se encuentra el diseño conceptual del diagrama de conexiones del sistema selector, independientemente de la forma de los dispositivos de entrada, ya sean botones o palancas.

### III.7 Diagrama general de conexiones.

El diagrama de conexiones representa los conductores y elementos necesarios para llevar las señales desde el *switch* hasta los elementos que realizarán los cambios para permitir que el vehículo funcione en el modo seleccionado.

El diagrama general de conexiones es el siguiente.

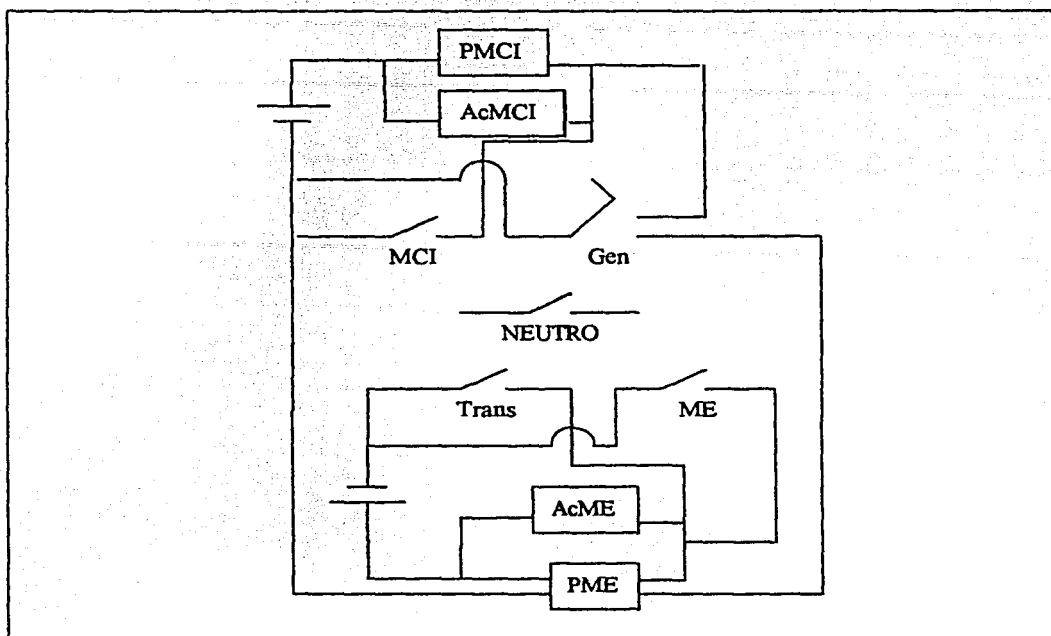


Figura 3.2 Diagrama general de conexiones eléctricas del selector

### III.8 Adaptación del acelerador a los motores

Para poder controlar la velocidad de ambos motores con el pedal del acelerador convencional es necesario identificar la situación del acelerador en cada modalidad.

Para la modalidad de MCI y Generador, el acelerador del MCI deberá ser controlado por el pedal del acelerador de manera convencional, y el acelerador del ME deberá quedar fuera de funcionamiento.

En la modalidad de ME el acelerador del MCI deberá quedar fuera de funcionamiento, y el pedal deberá controlar el acelerador del ME.

Estas son las funciones que debemos cubrir con el sistema de selección en coordinación con los aceleradores correspondientes.

Para poder realizar las tareas anteriores, los aceleradores deberán tener las siguientes características.

El acelerador del MCI, es activado por el conductor mediante un pedal, el cual jala un cable, el cable se encuentra acoplado mediante un mecanismo a la mariposa de la garganta de admisión de aire del motor.

Cuando el pedal es oprimido, la mariposa se abre permitiendo entrar más aire al motor, y unos sensores de oxígeno indican a un microprocesador la cantidad de gasolina que debe ser suministrada por los inyectores.

Para altas velocidades existe un sistema que suministra más oxígeno a la mezcla por medio de otra compuerta, la cual esta controlada por un servomotor, llamado motor de aire de ralenti. La señal de este motor proviene de un potenciómetro (sensor de posición), el cual esta acoplado a la flecha de la mariposa, y este hace variar un voltaje entre 0 y 5 volts, dependiendo de que tan abierta se encuentra la mariposa (considerando que cuando esta cerrado emite 0 volts y cuando tiene la máxima apertura emite 5 volts).

El acelerador del ME es básicamente un potenciómetro, el cual da una señal a un controlador que se encarga de modificar la corriente que le llega al motor de CD y de esta manera varía la velocidad.

El potenciómetro estará montado en la flecha acoplada al mecanismo que controla el pedal. De esta manera la velocidad del ME se controlará mediante éste, a través del chicote y haciendo variar el voltaje por medio de un sensor de posición o apertura.

Para poder desactivar el acelerador del MCI, se tendrá una división en la flecha que en los vehículos convencionales va del mecanismo que recibe la señal del pedal a la válvula de mariposa que permite la inyección de aire. Por medio de un potenciómetro de un lado y un servomotor que reciba la señal de dicho potenciómetro se tendrán dos porciones de flecha que permitirán desactivar el acelerador del MCI.

Para desactivar el ME, el sistema corta la alimentación del potenciómetro acoplado al eje de la mariposa, impidiendo que el motor reciba señal eléctrica.

Lo anterior se muestra en el diagrama siguiente.

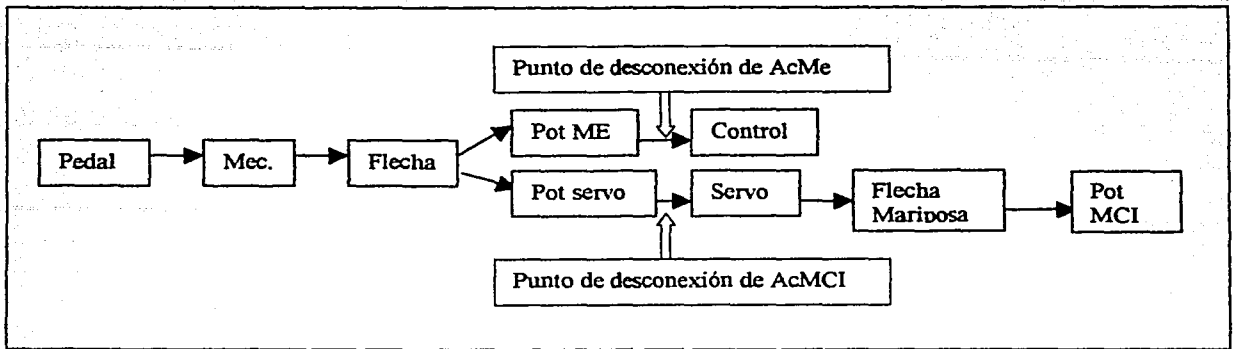


Figura 3.3 Diagrama general de funcionamiento de los aceleradores

### III.8.1 Acelerador del motor eléctrico

La aceleración del ME se controlará por medio del pedal, al igual que en un vehículo convencional. El pedal accionará el mecanismo acoplado a la flecha donde se encuentra el potenciómetro del ME (Pot ME). La señal del potenciómetro pasará al Controlador y por medio del *switch* podrá ser interrumpida. El Controlador establecerá la carga que pasará de las baterías al ME, para de esta forma variar la aceleración del mismo.

### III.8.2 Acelerador del motor de combustión interna

Al igual que en el ME, el acelerador del MCI se controlará por medio del pedal, pasando por el mecanismo y la flecha hasta llegar al potenciómetro que mandará la señal a un servomotor (Pot servo). Entre los dos anteriores es donde se podrá desactivar el acelerador del MCI por medio del *switch*. El servomotor girará la flecha donde se encuentra la válvula de mariposa y el potenciómetro del MCI (de ralenti), para el funcionamiento de la aceleración del MCI.

### III.8.3 Diagrama de conexiones para los aceleradores

Debido a que para el caso de los aceleradores no se necesita una fuente (batería) para hacerlos funcionar, sino que la señal existe y solamente debe ser interrumpida, del diagrama general de conexiones se generan dos diferentes, ambos controlados por el *switch*.

El diagrama para los aceleradores es el siguiente.

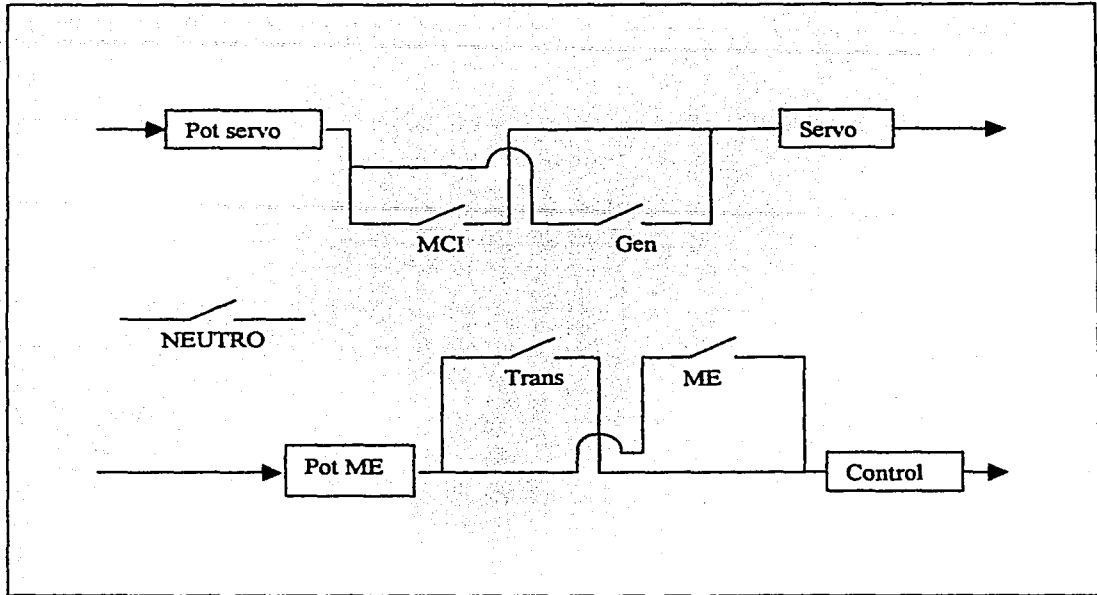


Figura 3.4 Diagrama de conexiones eléctricas para el sistema de aceleración

### III.9 Diseño conceptual y de configuración del sistema acoplador

El sistema acoplador se encarga de habilitar o deshabilitar los embragues de los motores dependiendo del modo que se encuentre seleccionado.

El MCI se utilizará con su embrague correspondiente, por lo que los datos requeridos de dicho embrague se refieren a las fuerzas aplicadas para embragar y desembragar. Para simplificar el diseño y la adaptación del mismo a otros motores se decidió que en el caso del MCI se controlará el acoplamiento desde el pedal del *clutch*, de tal manera que su comportamiento sea el siguiente:

- Cuando funcione en modo de MCI o generador el pedal deberá estar libre y funcionar de manera convencional.
- Cuando se encuentre en modo de ME, Transición o neutro el pedal deberá ser retraído por un sistema externo, de manera que desembrague el *clutch* del MCI.

Para el caso de ME el embrague se controlará directamente en la palanca del embrague por un dispositivo externo. De tal manera que su funcionamiento en los diferentes estados es el siguiente:

- Cuando funciona en modo de MCI y neutro, el dispositivo debe jalar la palanca para desacoplar el embrague y permitir que el MCI de la tracción al vehículo sin perder potencia por hacer mover el ME.
- Cuando funciona en modo de ME, transición y generador, el dispositivo externo debe soltar la palanca para permitir que el ME se acople con la transmisión.

### III.9.1 Diagrama de conexiones para los acopladores

Para los acopladores se requiere una fuente (batería) para activarlos, por lo que el diagrama de conexiones es el siguiente.

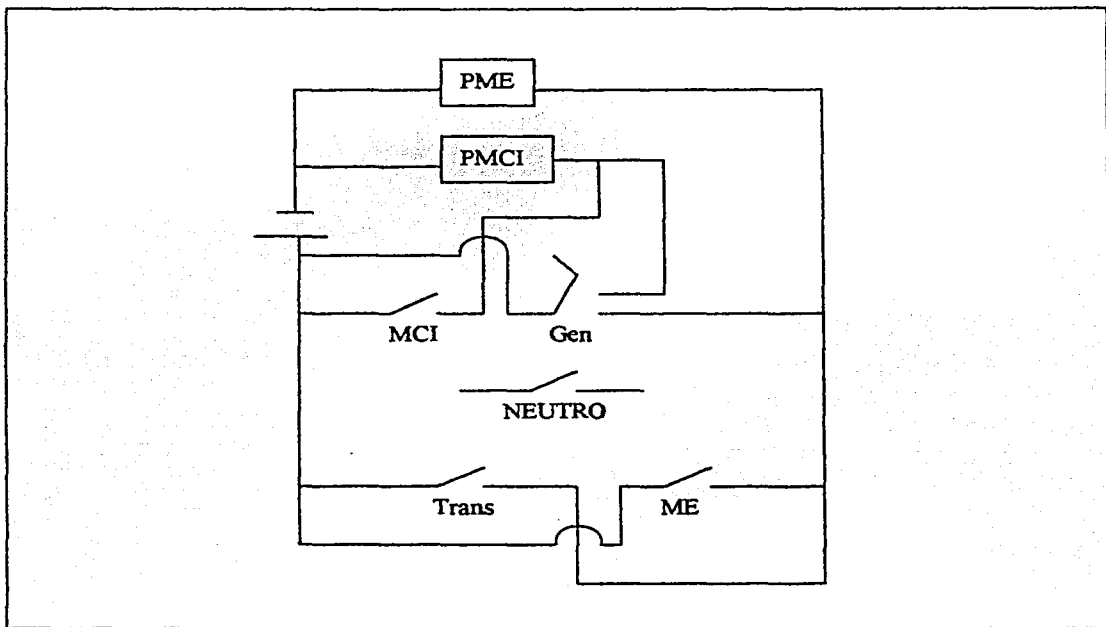


Figura 3.5 Diagrama de conexiones eléctricas para el sistema de acoplamiento

### III.9.2 Actuadores de acoplamiento de dos posiciones

Como se mencionó anteriormente, los motores deben estar normalmente desembragados, esto quiere decir que si no existe señal de entrada, los motores se encontrarán desacoplados. Para lograr esto se debe vencer el resorte mismo del embrague cuando no exista señal y se



debe liberar cuando la señal esté presente. Para el caso del modo MCI, el acoplador debe permitir el uso normal del pedal del *clutch* para el cambio de velocidades.

Para cumplir con lo anterior se eligió un sistema con un resorte que contrarreste la fuerza ejercida por el embrague, este resorte mantendrá el embrague (MCI o ME dependiendo del modo de manejo) desacoplado. Cuando el modo de manejo lo requiera, el embrague se liberará por medio de una bobina, que al recibir corriente, contrarrestará la fuerza del resorte y permitirá que el embrague se acople.

A continuación se muestra un diagrama de cuerpo libre del pedal del *clutch* en los diferentes modos de manejo.

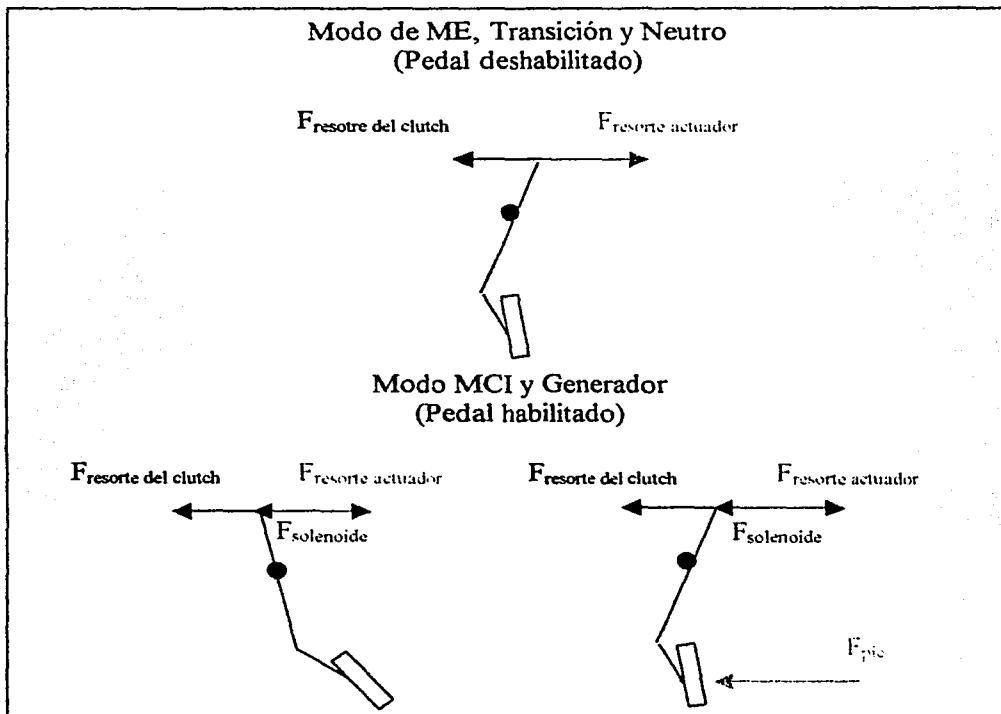


Figura 3.6 Diagrama de funcionamiento del pedal del *clutch* en los diferentes modos de manejo

### III.9.2.1 Actuator del MCI

Como ya se explicó anteriormente, el actuator del MCI es un sistema formado por un resorte, y un solenoide los cuales trabajan sobre el pedal.

*Función de los elementos del sistema:*

-*Resorte:* el resorte actúa sobre una pieza a la cual le llamaremos *Unión* la cual se acopla y desacopla con el pedal en los modos neutro, transición y de ME, intentando vencer la fuerza del resorte del clutch con la finalidad de desembragarlo. Por la configuración en la cual va a trabajar el resorte, se necesita un resorte de compresión, cuya constante depende de la fuerza del resorte del clutch y de la distancia del punto de giro del pedal al punto de aplicación de la fuerza del resorte (momento).

La condición que se deberá cumplir para que el resorte cumpla su función es que el momento que genere sea mayor que el momento que aplica el embrague mediante el cable sujeto en la parte superior del pedal.

-*Solenoide:* la función del solenoide es comprimir el resorte de manera que este deje de apartar el pedal de su posición normal. Para lograr esto es necesario que el solenoide mueva la *Unión* de manera que ésta comprima al resorte. Para mover la *Unión* se utiliza un elemento al cual llamaremos *Brazo* el cual se encuentra acoplado a la *Unión* en un extremo y al núcleo del solenoide por el otro.

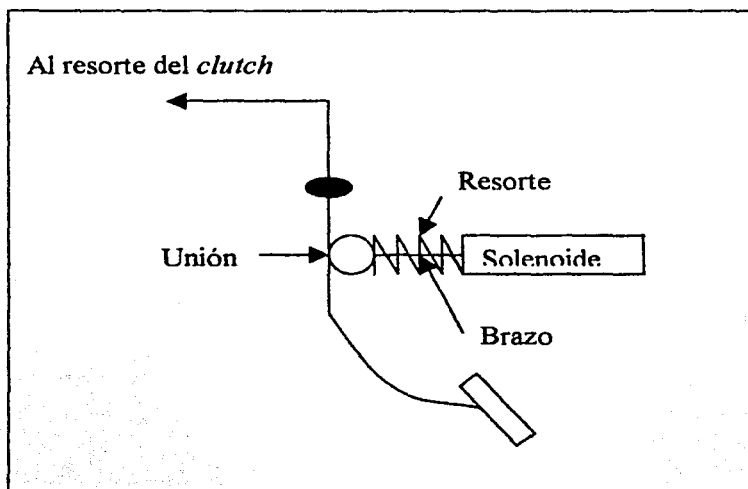


Figura 3.7 Elementos del sistema Acoplador

### **III.9.2.2 Actuador del ME**

El actuador del ME es básicamente igual al del MCI, con la diferencia de que no requiere controlar el pedal del clutch, lo cual implica que el *Brazo* permanece unido directamente a la palanca del clutch., de esta manera cuando el vehículo funcione en modo MCI, y neutro, el resorte actúa sobre el *Brazo*, contrarrestando la fuerza del resorte del clutch, para desembragarlo. En el modo de transición, de generación y eléctrico, el solenoide vence la fuerza del resorte, permitiendo que el resorte del clutch realice el embragúe.

### **III.10 Switch de cinco posiciones**

Las cinco posiciones del *switch* se refieren a los cinco modos en que se puede operar el vehículo: MCI, ME, Generador, Transición y Neutro. El *switch* no debe permitir que se seleccionen dos modos al mismo tiempo y cuando no este seleccionado ningún modo, automáticamente se activa el modo neutro.

El *switch* constará de cinco botones que cerrarán los circuitos mostrados en la figura 3.2 y se colocará en el tablero.

Se utilizará un sistema de botones comerciales que cumpla con todas las características mencionadas.

Debido a que cada modo tiene dos salidas diferentes, una para el sistema de aceleración y otra para el sistema de acoplamiento, y cada una de estas salidas tienen una señal eléctrica diferente, se necesita que al presionar un botón se cierren los dos circuitos. El sistema comercial de botones tiene una salida para cada botón, por lo que se necesita que con esa señal se activen las dos señales requeridas para el funcionamiento del sistema.

Para solucionar ésto se utilizará un solenoide para cada botón. El solenoide desplazará al nucleo que cerrará los dos circuitos correspondientes al modo seleccionado. Cuando el botón se bote, el nucleo regresará a su lugar (circuito abierto) por medio de un resorte. Para evitar que los circuitos (aceleración y acoplamiento) se unan, se tendrá el nucleo del solenoide de material conductor unido en su extremo y por medio de un material aislante a las piezas que cerrarán cada circuito. Lo anterior se muestra en la figura siguiente.

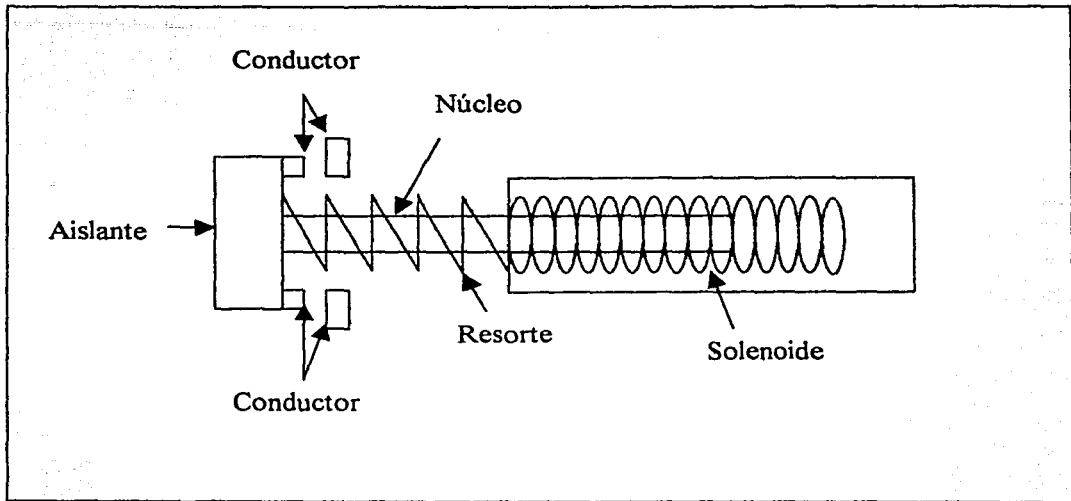


Figura 3.8 Elementos del dispositivo de conexión para el sistema Selector

## Capítulo IV

### Diseño de Detalle

A partir del diseño conceptual y de todos los requerimientos definidos en este, se puede realizar el diseño de detalle. En esta tesis se realizará el diseño de detalle de los acopladores de los motores y del selector.

El diseño de detalle es la etapa del diseño donde se generará la información necesaria para la fabricación de prototipos o producción. Esta etapa dependerá del enfoque que se le quiera dar, ya sea diseño para manufactura o diseño para ensamble.<sup>(15)</sup>

#### IV.1 Diseño de Detalle del Selector

El diseño del selector contará con dos partes, una en la cual se seleccionará la botonera y otra donde se diseñarán los elementos necesarios para generar las señales necesarias para realizar los cambios en los demás subsistemas.

##### IV.1.1 Selección de la botonera

El sistema de botones que se utilizará será un interruptor botonera del modelo 715 que fabrica el Grupo Teleproductos Mexicanos S.A. de C.V. Las dimensiones de la caja son de 101.60 x 30.15 mm y cuenta con cinco botones. Cada botón cierra un circuito y no es posible oprimir dos botones al mismo tiempo. La alimentación deberá suministrar 10 A (corriente nominal de la botonera). La botonera seleccionada se muestra en la figura siguiente.



Figuran 4.1 Botonera TPM Serie 715

##### IV.1.2 Diseño de detalle del dispositivo de conexión/desconexión

Ya que se seleccionó el sistema comercial de botones se diseñarán los elementos que permitirán cerrar y abrir los circuitos de aceleración y acoplamiento de manera separada.

Estos elementos constan de un solenoide de electroimán con armadura externa que son adecuados para alcances cortos, que debe desplazar el núcleo una distancia de 10 mm.

La fórmula para el cálculo de la fuerza de este solenoide es la siguiente.

$$F = 397\ 840 \times B^2 \times A \quad (4.1)$$

Donde la densidad de flujo  $B$  está en  $\text{Wb/m}^2$ ;  $A$  es el área del núcleo en  $\text{m}^2$  y la fuerza,  $F$ , resulta en  $\text{N}$ .<sup>(16)</sup>

Por otra parte se tiene que:

$$B = \mu_0 \times i_0 \times n \quad (4.2)$$

Donde  $\mu_0$  es la constante de permeabilidad y su valor es de  $4 \Pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$  ( $\text{Wb/Am}$ );  $i_0$  es la corriente en el solenoide y  $n$  es el número de espiras por unidad de longitud.<sup>(17)</sup>

Sustituyendo (4.2) en (4.1) se obtiene:

$$F = 397\ 840 (\mu_0 \times i_0 \times n)^2 \times A \quad (4.3)$$

La fuerza debe ser mayor a la fuerza de fricción entre el vástago y la guía donde se encuentre alojado, para asegurar el movimiento además de que el resorte podrá regresar y abrir los circuitos.

El núcleo será de 10 mm de diámetro y 40 mm de largo, el solenoide será de 5000 espiras, lo que combinado con la corriente de 10 A que se obtiene de la fuente dará una fuerza de:

$$F = 0.123 \text{ N}$$

El vástago dentro de un solenoide tendrá tracción hasta que su centro llegue al centro del devanado (cuando coinciden los centros magnéticos del vástago y del solenoide). Por lo que el desplazamiento del vástago será hasta el momento en que la fuerza que ejerza el resorte se iguale a la del solenoide, es decir, cuando el resorte tenga una deformación de 10 mm.

Con la ecuación de Hook para un resorte helicoidal y la deformación de 10 mm se obtiene la constante del resorte que será de:

$$k = 12.336 \text{ N/m}$$

El coeficiente de fricción deberá ser de 0.05 para poder mover al vástago con la fuerza del solenoide y del resorte.

Los elementos que cerrarán los circuitos de aceleración y acoplamiento se encontrarán ubicados en una pieza de baquelita mostrada en el plano 9. Para el modo de Generador existirán tres circuitos, por lo que se requerirán las tres conexiones, pero para los modos

restantes una de las conexiones quedará libre, es decir que sólo se cerrarán los dos circuitos requeridos. Las piezas de baquelita se unirán al núcleo como se muestra en el plano 3. El resorte irá colocado como se muestra en los planos 1 y 2 para todos los modos (MCI, ME, Transición, Neutro y Generador).

#### IV.2 Diseño de Detalle de los Acopladores

En base al diseño conceptual, se realizará el diseño de detalle de manera general como se comentó en el primer capítulo.

Para poder hacer un diseño general es necesario realizar el modelado geométrico de los elementos, en forma paramétrica. Los parámetros que se emplearán para dicho modelado serán las variables de diseño, que resultan de expresar las relaciones físicas de los sistemas en términos geométricos, de manera que al modificar valores como fuerzas, constantes de resortes, presiones, entre otras, el modelado geométrico se adapte para esos nuevos valores de forma automática.

Siguiendo este concepto, para el diseño de los acopladores lo primero que se realizará será identificar las variables de diseño, y posteriormente modelar en base a estas.

*Nota: El modelado geométrico se realizará con el modelador de sólidos paramétricos, Autodesk Inventor 5.3. Los pasos básicos que se deben seguir para el modelado paramétrico se encuentran en el Apéndice C.*

Dado que el concepto de ambos acopladores es el mismo, se emplearán las mismas variables de diseño, esto no quiere decir que los dos sistemas sean iguales, ya que cada sistema tendrá sus valores y por lo tanto su geometría propia.

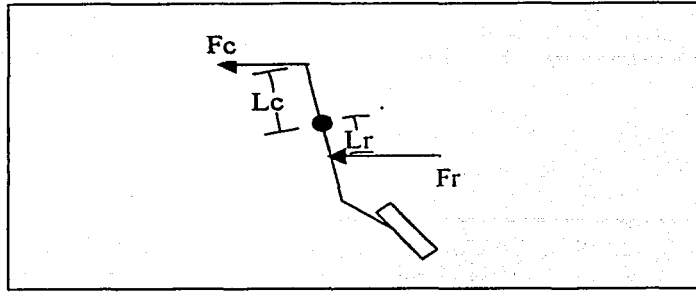
Para poder identificar las variables de diseño, se analizó el funcionamiento del sistema, y se obtuvieron las siguientes relaciones:

El momento ( $M_c$ ) que resulta del producto de la fuerza aplicada por el resorte del *clutch* ( $F_c$ ) mediante el chicote fijo en la parte superior del pedal por la distancia al punto de giro del pedal ( $L_c$ ), debe ser menor que el momento ( $M_r$ ) que resulta del producto de la fuerza del resorte ( $F_r$ ) por la distancia ( $L_r$ ) del punto de aplicación al centro de giro del pedal.

$$M_c = F_c \times L_c \quad (4.4)$$

$$M_r = F_r \times L_r \quad (4.5)$$

$$M_r > M_c \rightarrow F_r \times L_r > F_c \times L_c \quad (4.6)$$



Figuran 4.2 Diagrama de fuerzas en el pedal

Se puede decir que :

$$Fr = (2Fc \times Lc) / Lr \quad (4.7)$$

La Fc se multiplicó por un factor, en este caso 2, para asegurar que el resorte pueda vencer al resorte del *clutch*.

Por otro lado, aplicando la ley de Hook para un resorte helicoidal en la zona elástica, en la cual dice que la fuerza del resorte (Fr) es igual al producto de la constante del resorte (Kr) por la deformación del mismo ( $\delta$ )

$$Fr = Kr \times \delta \quad (4.8)$$

En donde la deformación del resorte es la resta de la longitud final (Xf) menos la inicial (Xi) del mismo:

$$\delta = Xf - Xi \quad (4.9)$$

Despejando la constante Kr de la ecuación (4.8), se tiene:

$$Kr = Fr / \delta \quad (4.10)$$

Sustituyendo (4.7) y (4.9) en (4.10), se obtiene la ecuación de la constante en términos geométricos y datos posibles de medir, por lo tanto al modificar el diseño, automáticamente se tendrá el valor de la constante, para poder seleccionar el resorte.

$$Kr = (2 \times Fc \times Lc) / (Lr \times (Xf - Xi)) \quad (4.11)$$

Al obtener la Kr y con la fórmula (4.8) se puede obtener la fuerza del resorte, Fr.

Para el cálculo de la fuerza que ejercerá el solenoide (Fs) se utiliza la fórmula (4.3) de la sección anterior.

Por otro lado, la fuerza del solenoide debe ser igual a la fuerza ejercida por el resorte cuando su deformación sea Xf, obteniendo:



$$F_s = F_r = K_r \times X_f \quad (4.12)$$

Igualando las ecuaciones (4.3) y (4.12) se tiene.

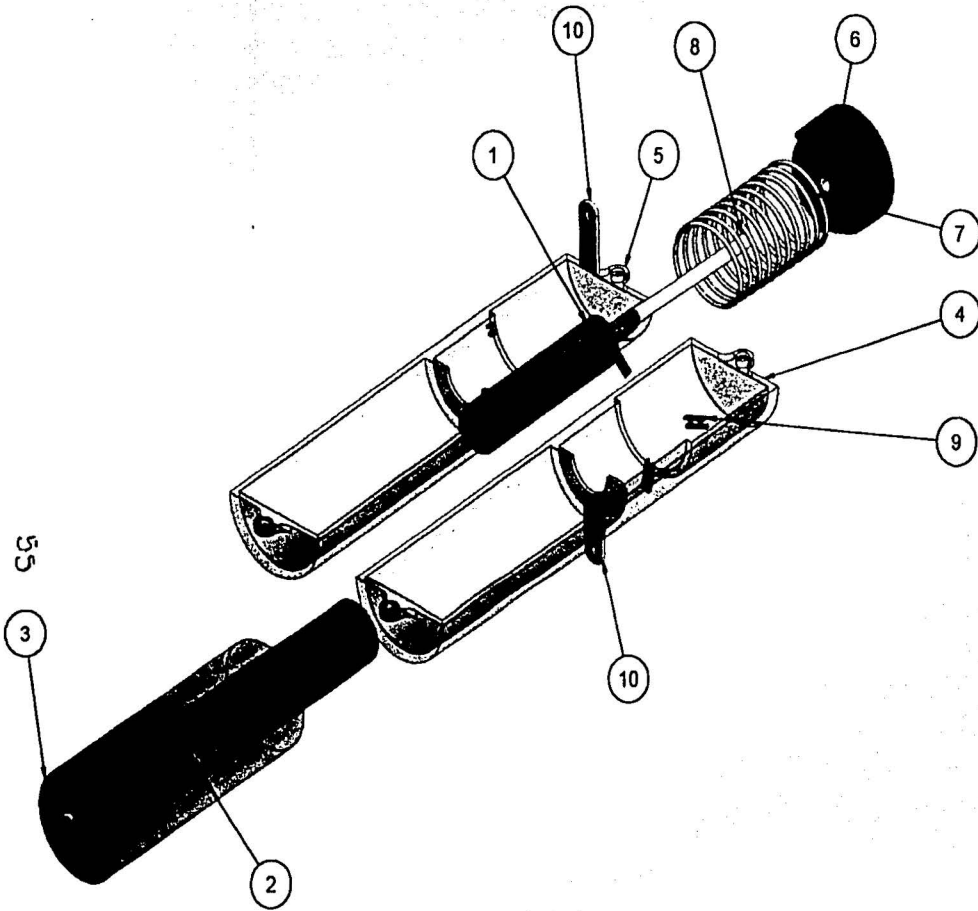
$$397\,840 (\mu_0 i_0 n)^2 A = K_r \times X_f \quad (4.13)$$

El diseño del solenoide se dejará en función del número de espiras. Despejando  $n$  de (4.13) se obtiene:

$$n = ((K_r \times X_f) / (397\,840 (\mu_0 i_0)^2 A))^{1/2} \quad (4.14)$$

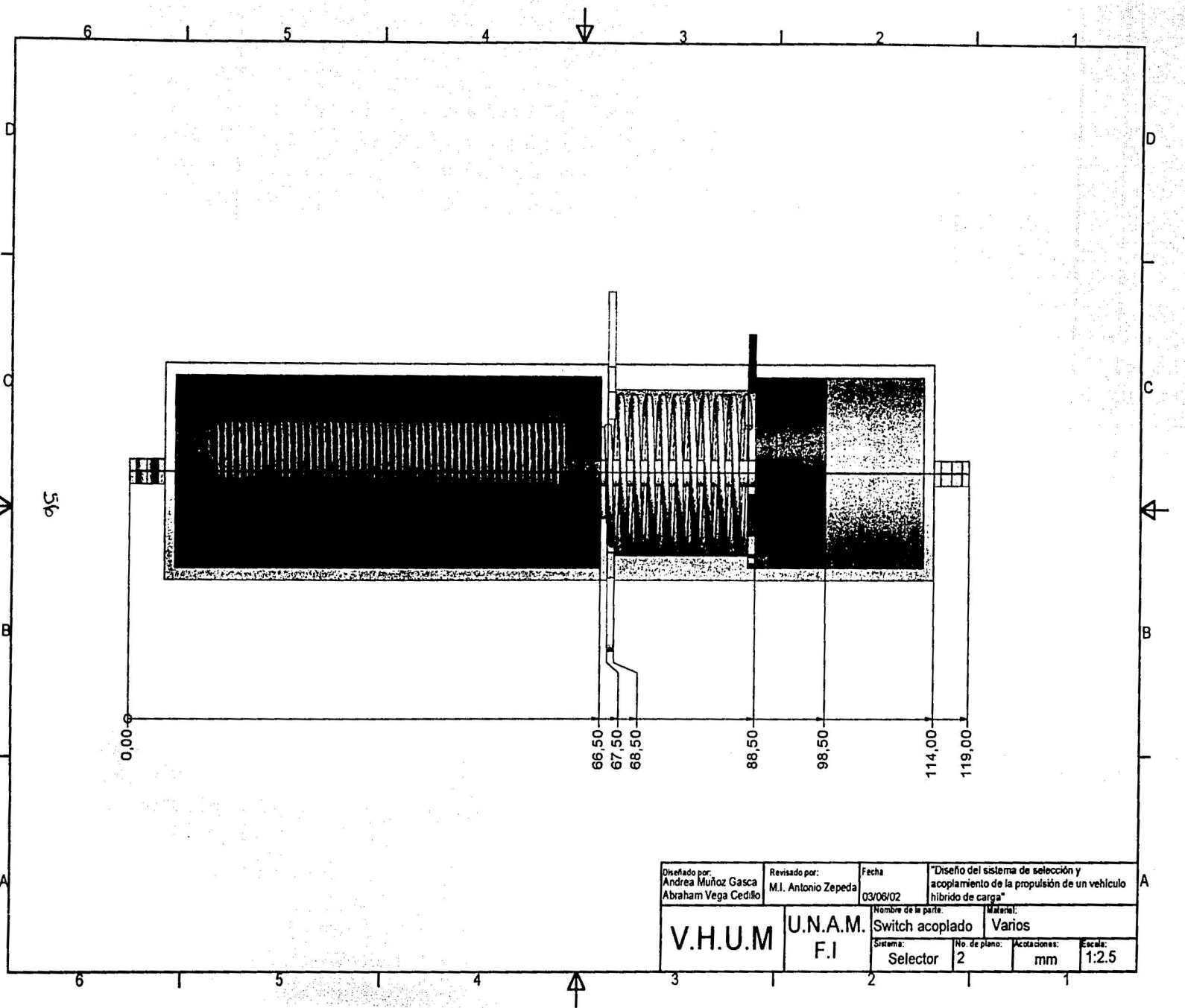
Con estas relaciones y tomado valores estándar para las dimensiones del pedal, palanca del clutch y espacios disponibles, se modelaron ambos acopladores. Debido a que el diseño se encuentra vinculado con una hoja de cálculo, se puede cambiar cualquier valor para modificar el diseño de acuerdo a los elementos disponibles.

El acoplador del MCI se encuentra detallado en los planos del 12 al 23. El acoplador del ME se encuentran detallados en los planos del 24 al 34.

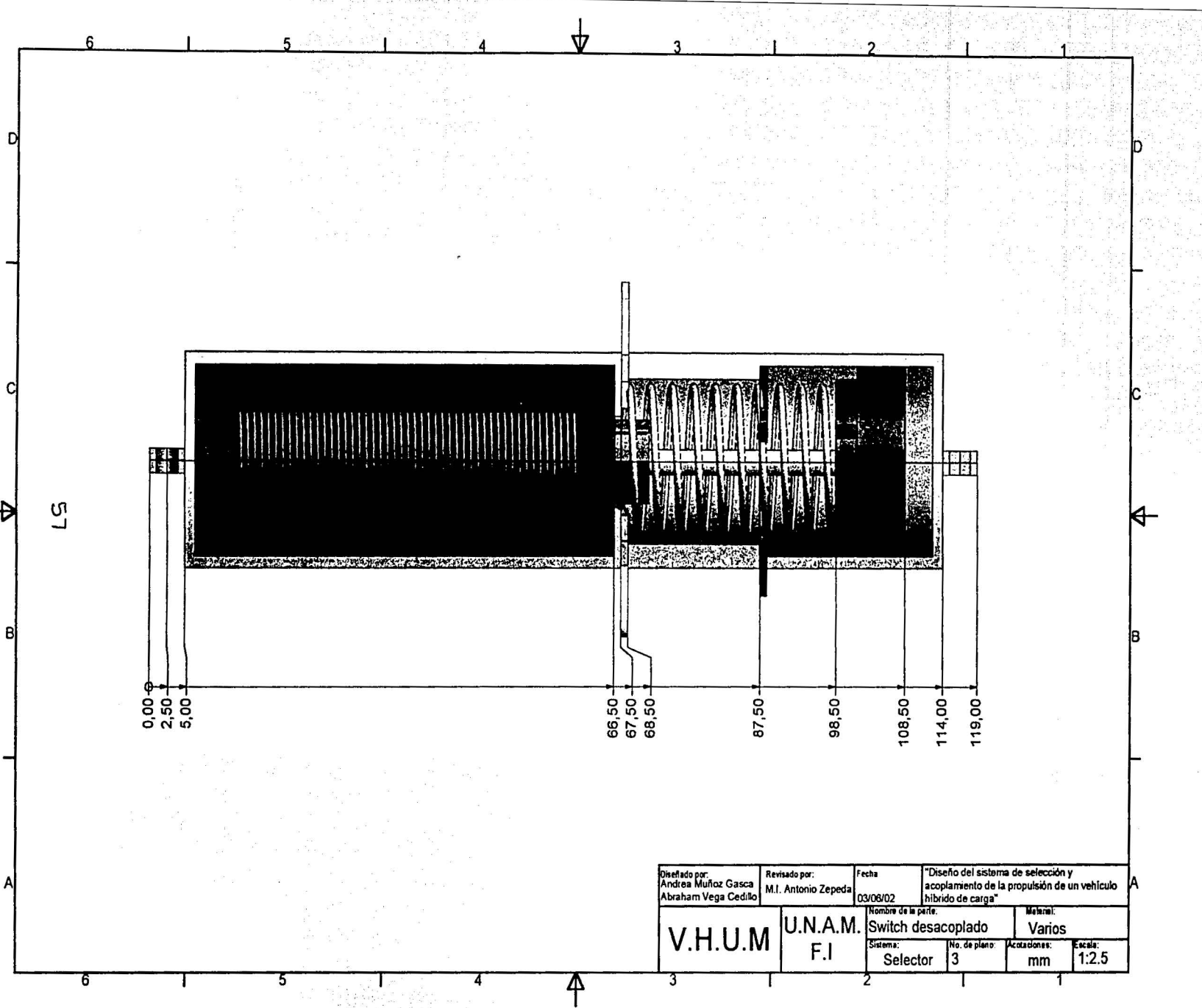


Lista de partes		
ITEM	QTY	Nombre
1	1	Núcleo
2	1	Carrete
3	1	Armadura externa
4	1	Carcaza inferior
5	1	Carcaza superior
6	1	Portaconectores
7	1	Resorte switch
8	1	Brazo
9	6	Laminas de cobre
10	2	Conector de bobina

Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 03/08/02	*Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga*	
V.H.U.M		U.N.A.M.		Nombre de la parte: Lista de Partes
F.I		Material: Varios		Sistema: Selector
		No. de plano: 1	Anotaciones: mm	Escala:

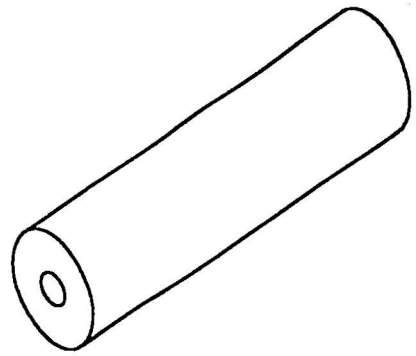
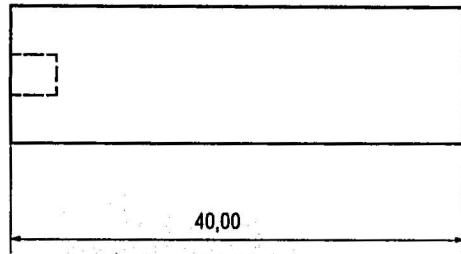
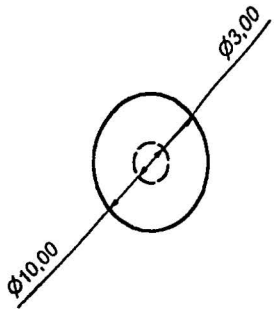


Diseñado por: Andrés Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/08/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
Nombre de la parte: <b>V.H.U.M</b>		U.N.A.M.	Materiales: Varios
Sistema: Selector		No. de plano: 2	Acotaciones: mm
Escala: 1:2.5			

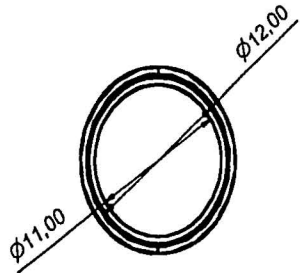


Diseñado por: Andrés Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/08/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M	U.N.A.M. F.I	Nombre de la parte: Switch desacoplado	Materia: Varios
		Sistema: Selector	No. de plano: 3 Anotaciones: mm Escala: 1:2.5

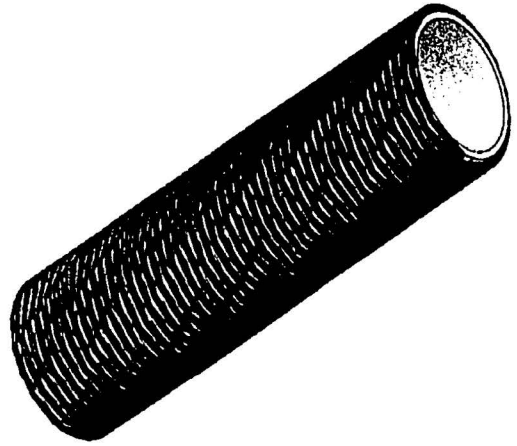
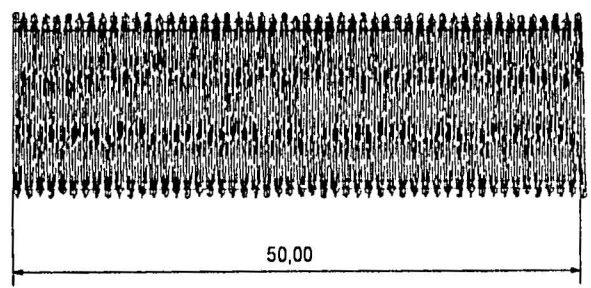
58



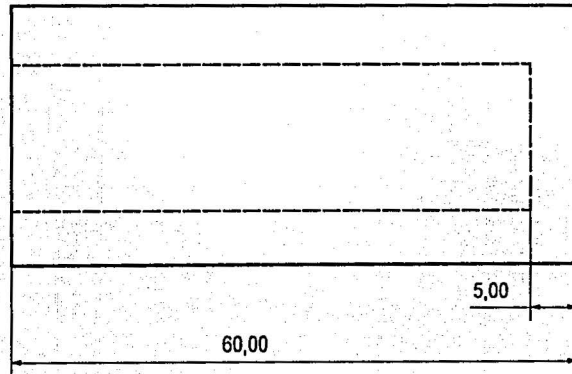
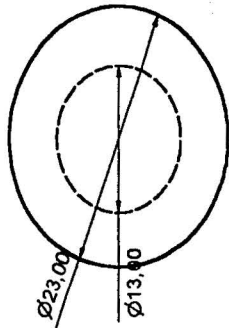
Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 03/08/02	Nombre de la parte: Núcleo		Material: Acero 1020		
V.H.U.M.		U.N.A.M. F.I		Sistema: Selector	No. de plano: 4	Acotaciones: mm	Escala: 1:3



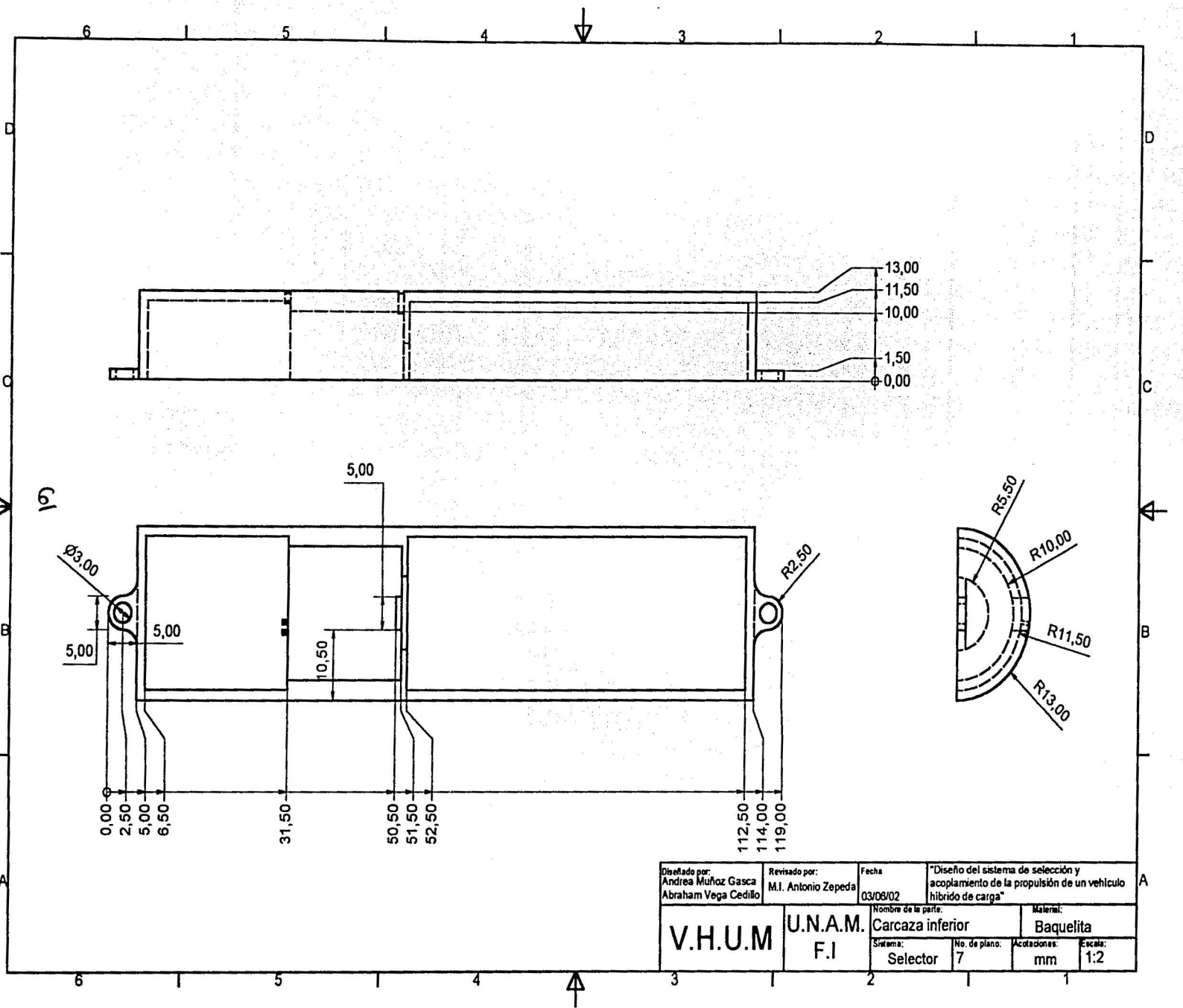
69



Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M	U.N.A.M. F.I	Nombre de la parte: Embobinado	
		Material: Cobre y Nylon66	
Sistema: Selector	No. de plano: 5	Acotaciones: mm	Escala: 1:3

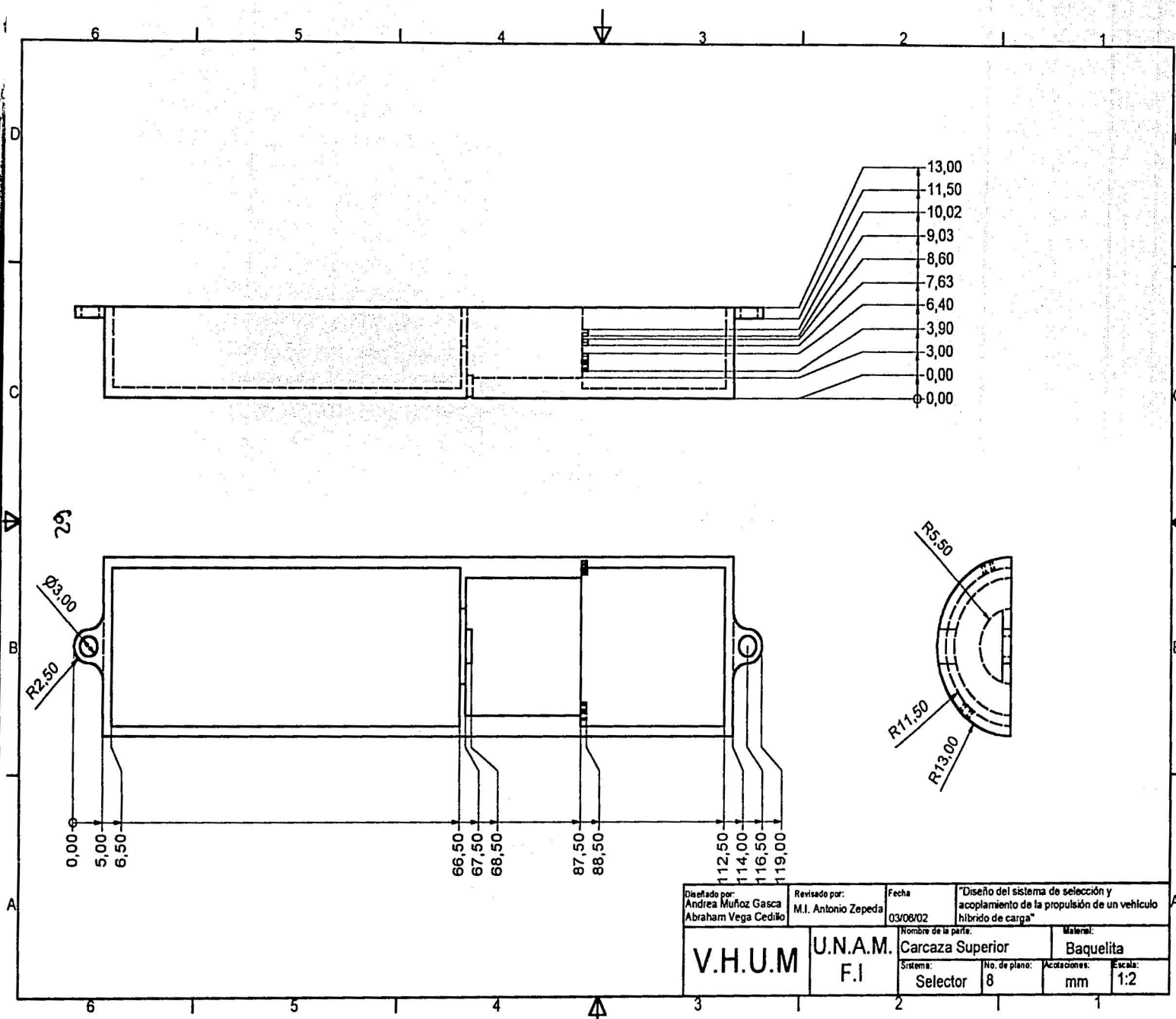


Diseñado por: Ándrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo		Revisado por: M.I. Antonio Zepeda		Fecha 03/09/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"	
Nombre de la parte: <b>V.H.U.M</b>		U.N.A.M. F.I		Nombre de la parte: Armadura externa		Material: Acero 1020
Sistema: Selector		No. de plano: 6		Acotaciones: mm		Escala: 1:2.5

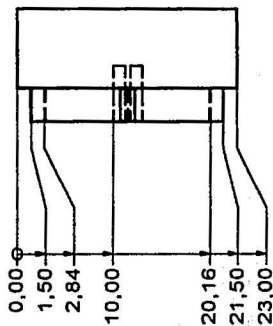
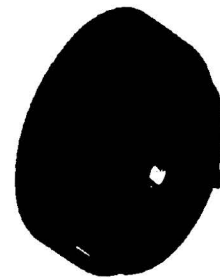
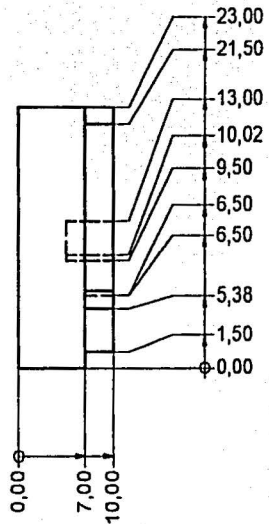
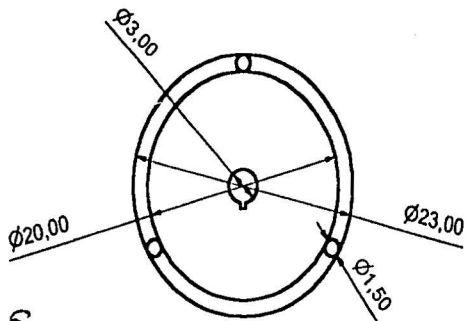


Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 03/08/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
<b>V.H.U.M</b>		<b>U.N.A.M.</b>	
<b>F.I</b>		Nombre de la parte: <b>Carcaza inferior</b>	Material: <b>Baquelita</b>
Sistema: <b>Selector</b>	No. de plano: <b>7</b>	Acotaciones: <b>mm</b>	Escala: <b>1:2</b>



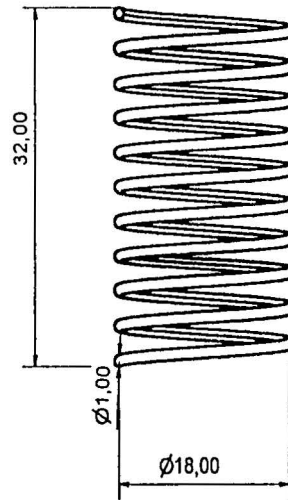
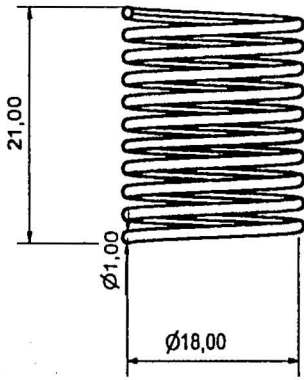


Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo		Revisado por: M.I. Antonio Zepeda		Fecha 03/08/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M		U.N.A.M. F.I		Nombre de la parte: Carcaza Superior	
				Material: Baquelita	
Sistema: Selector		No. de plano: 8		Acotaciones: mm	
				Escala: 1:2	

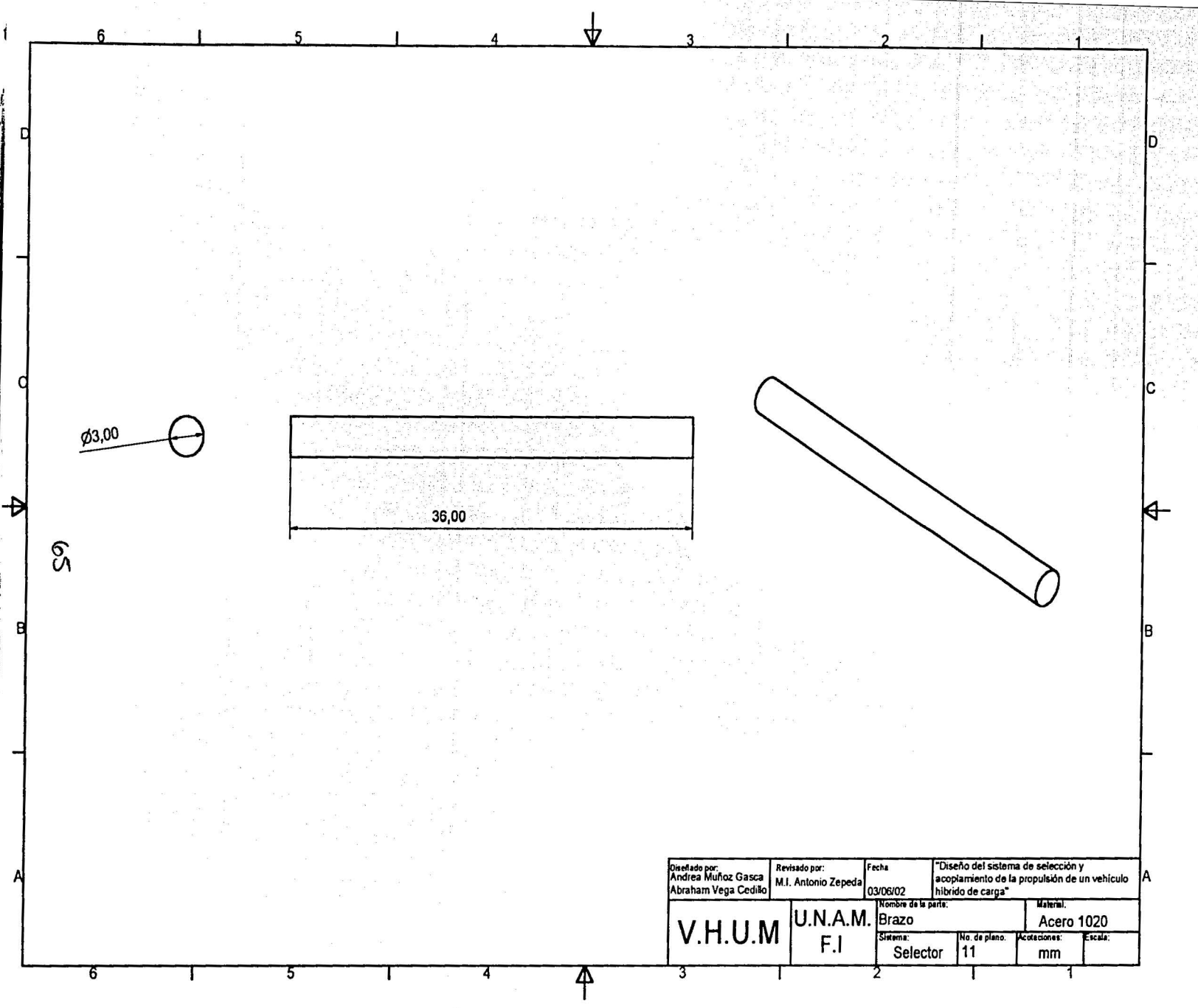


Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 03/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
Nombre de la parte: <b>V.H.U.M</b>		Material: Baquelita e insertos de cobre	
U.N.A.M. F.I		Portaconectores	
Sistema: Selector	No. de plano: 9	Acotaciones: mm	Escala: 1:2.5

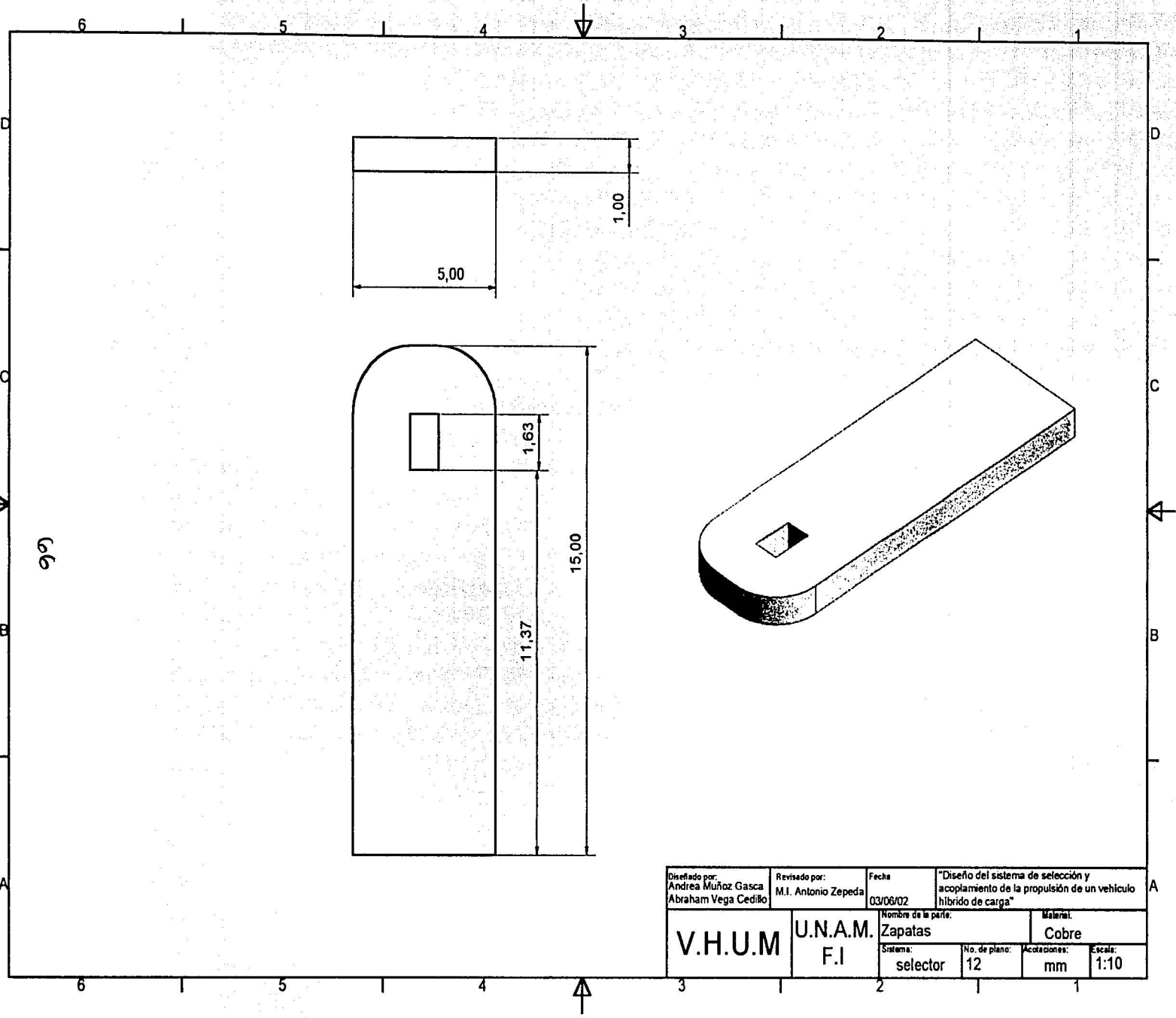
64



Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"						
V.H.U.M		U.N.A.M.		Nombre de la parte: Resorte		Material: Acero			
F.I		Selector		No. de plano: 10		Anotaciones: mm		Escala: 1:2.5	

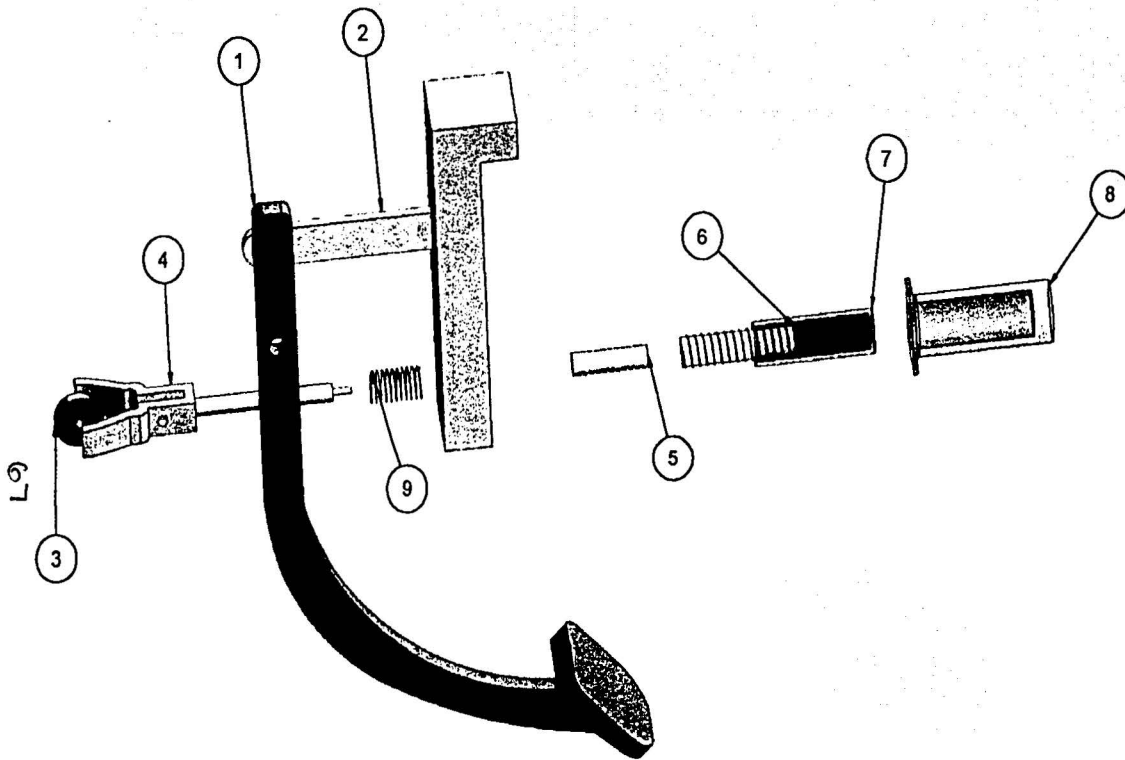


Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cediño	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 03/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"	
V.H.U.M		Nombre de la parte: Brazo		Material: Acero 1020
		U.N.A.M. F.I		Sistema: Selector
		No. de plano: 11	Acotaciones: mm	Escala:



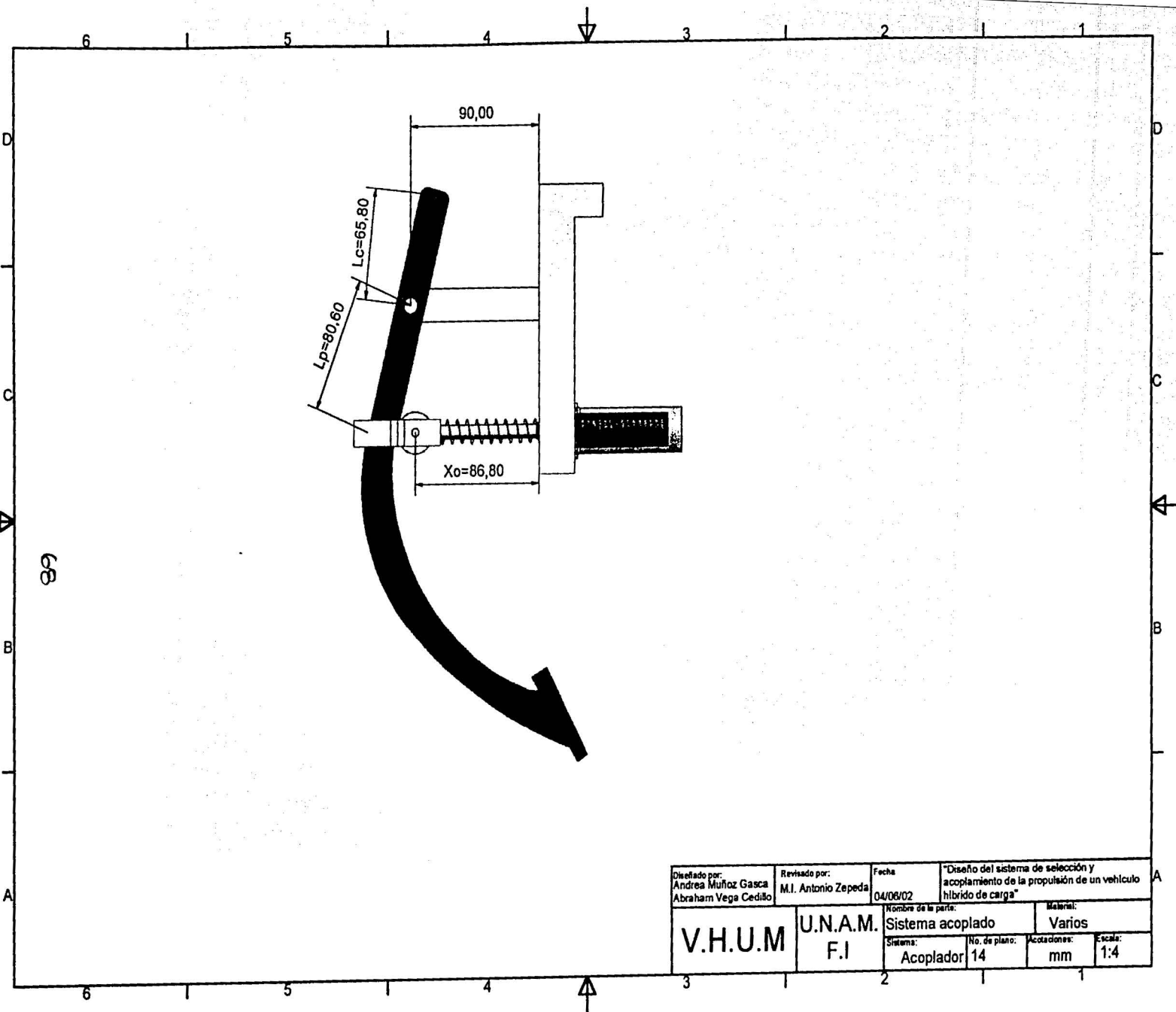
92

Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cediño	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"	
V.H.U.M		U.N.A.M. F.I	Nombre de la parte: Zapatas	Materia: Cobre
		Sistema: selector	No. de plano: 12	Escala: mm 1:10



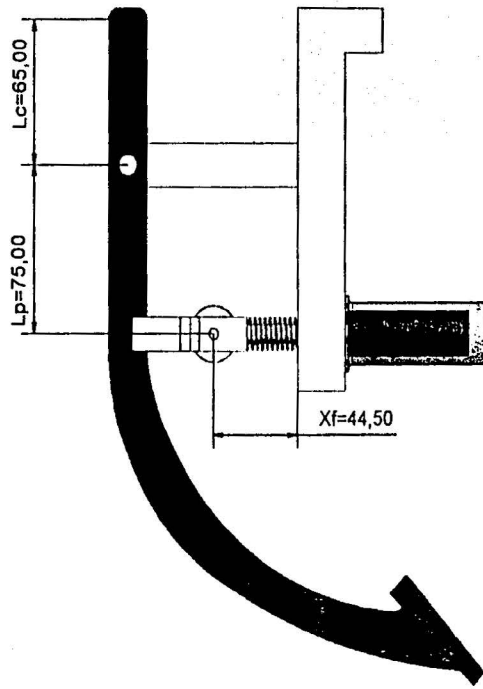
Lista de Partes		
No. Part	Cantida	Nombre de parte
1	1	Pedal
2	1	Soporte
3	1	Rueda
4	1	Brazo
5	1	Núcleo MCI
6	1	Carrete de MCI
7	1	Armadura del MCI
8	1	Caracaza solenoide MCI
9	1	Resorte

Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 17/04/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"	
V.H.U.M		U.N.A.M.		Nombre de la parte: <b>Lista de partes</b>
F.I		Sistema: Acoplador	No. de plano: 13	Acotaciones: mm
				Escala: 1:1



89

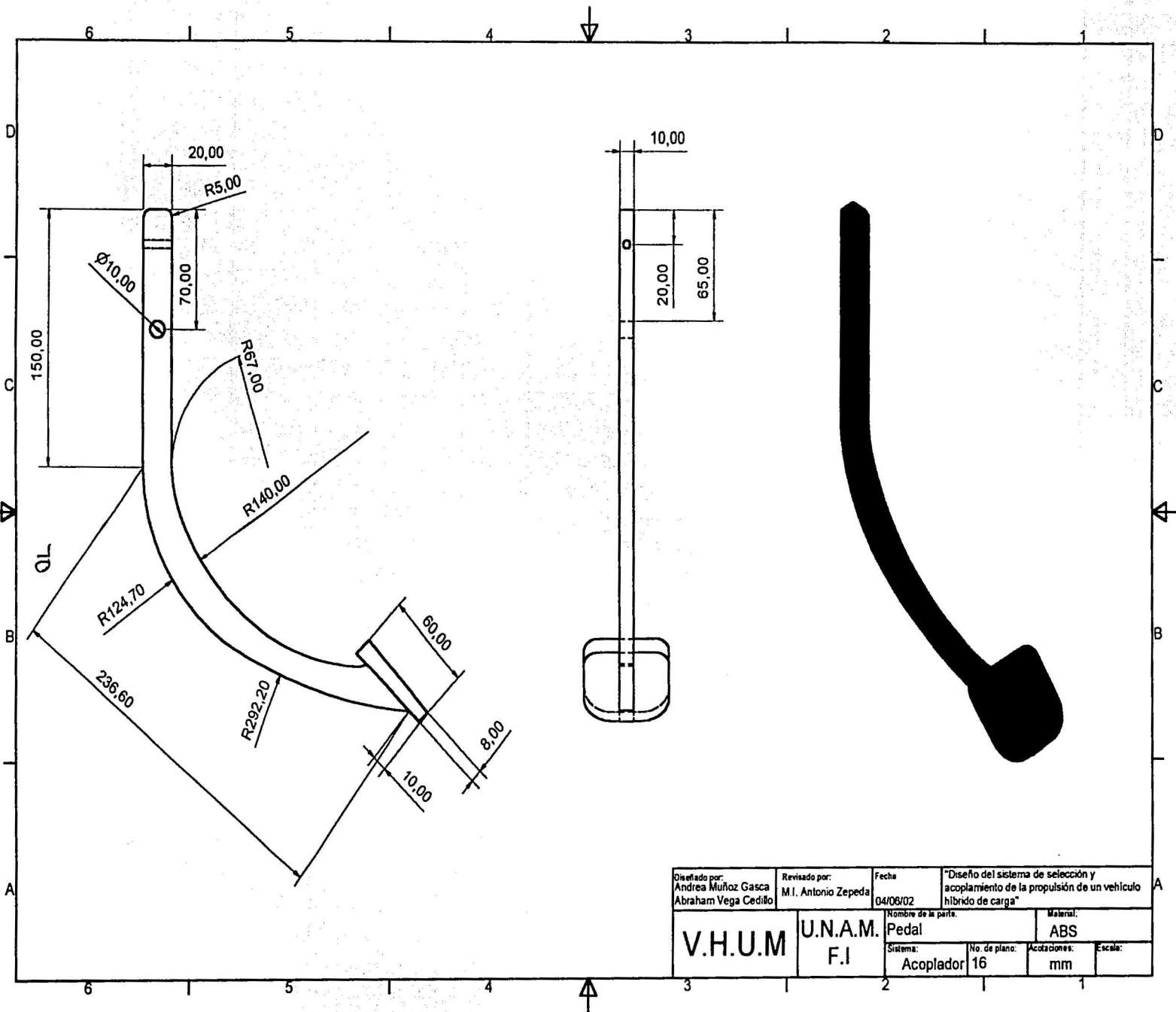
Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 04/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
Nombre de la parte: <b>V.H.U.M</b>		Material: Varios	
U.N.A.M. F.I		Sistema: Acoplador	No. de plano: 14
		Acciones: mm	Escala: 1:4



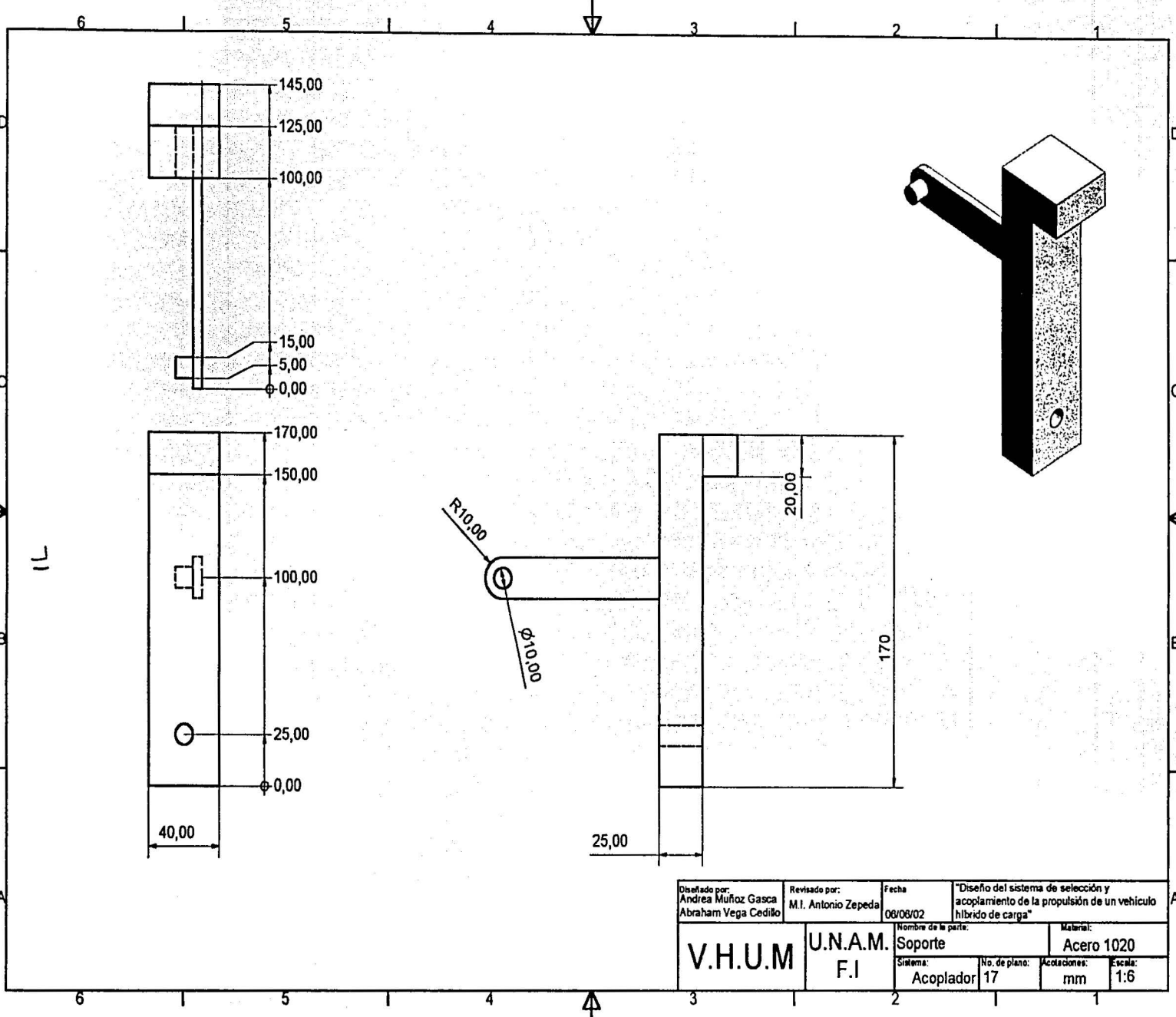
b9

Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 04/08/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
<b>V.H.U.M</b>		<b>U.N.A.M.</b>	
<b>F.I</b>		Nombre de la parte: <b>Sistema desacoplado</b>	Material: <b>Varios</b>
Sistema: <b>Acoplador</b>	No. de plano: <b>15</b>	Acotaciones: <b>mm</b>	Escala: <b>1:5</b>





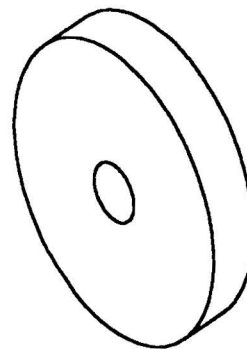
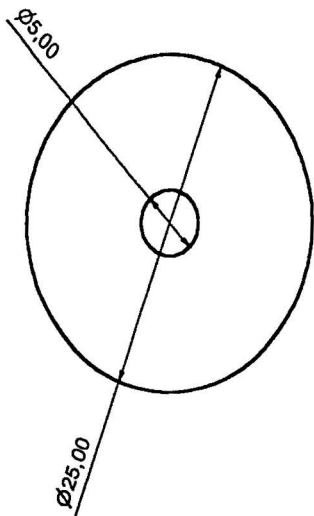
Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 04/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"	
V.H.U.M		Nombre de la parte: Pedal		Material: ABS
		Sistema: Acoplador		No. de plano: 16
U.N.A.M. F.I		Escala: mm		



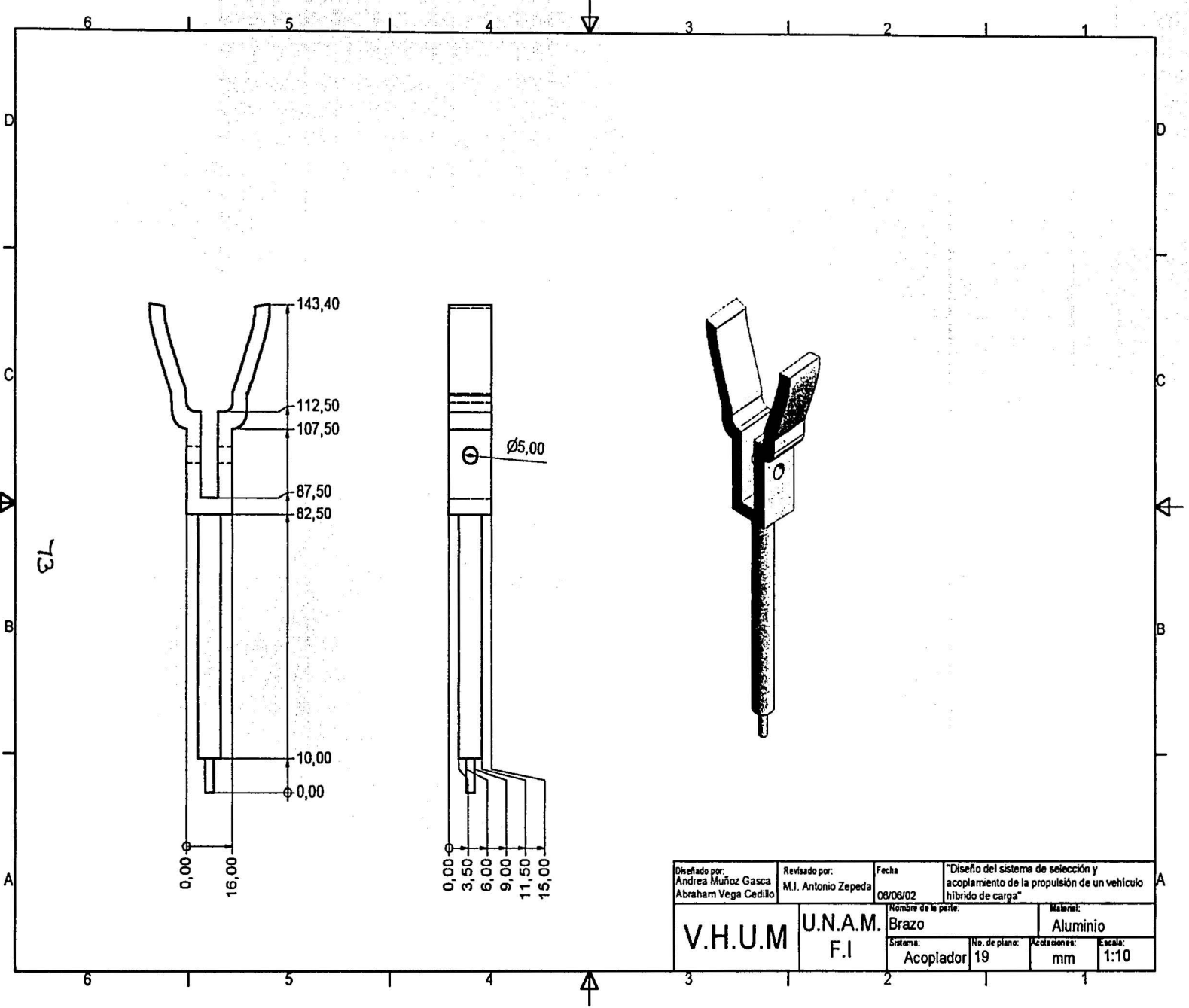
IL

Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 08/08/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"	
<b>V.H.U.M</b>	<b>U.N.A.M.</b> F.I	Nombre de la parte: <b>Soporte</b>		Materia: <b>Acero 1020</b>
		Sistema: <b>Acoplador</b>	No. de plano: <b>17</b>	Acotaciones: <b>mm</b>
		Escala: <b>1:6</b>		

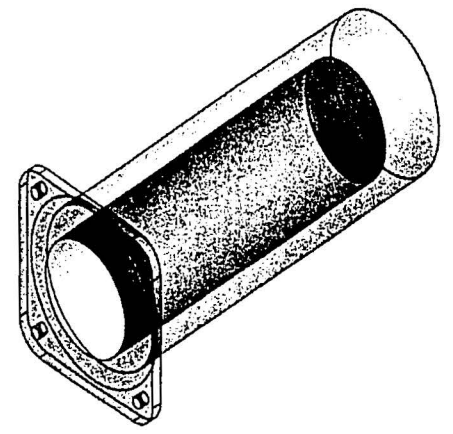
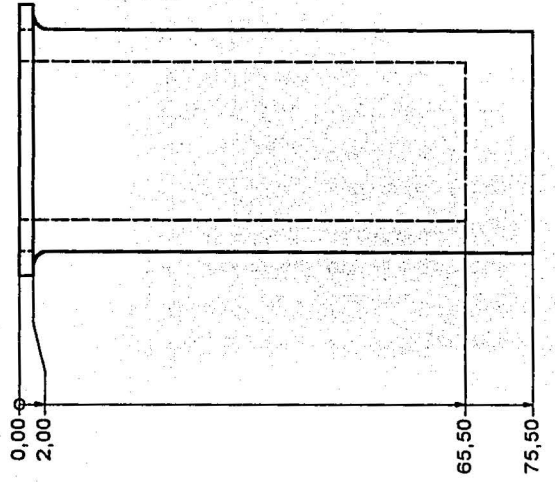
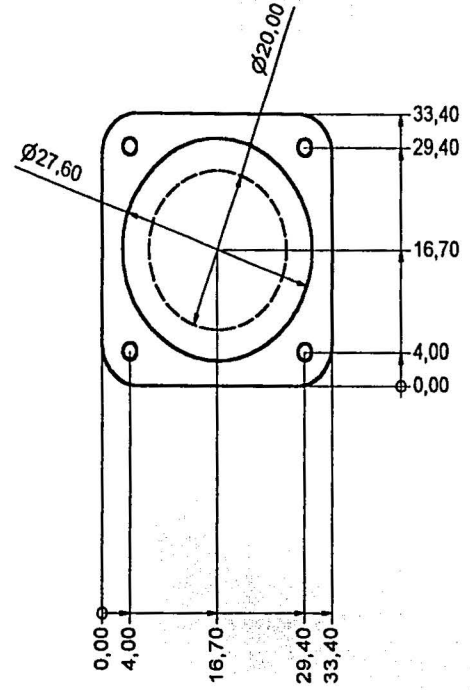
72



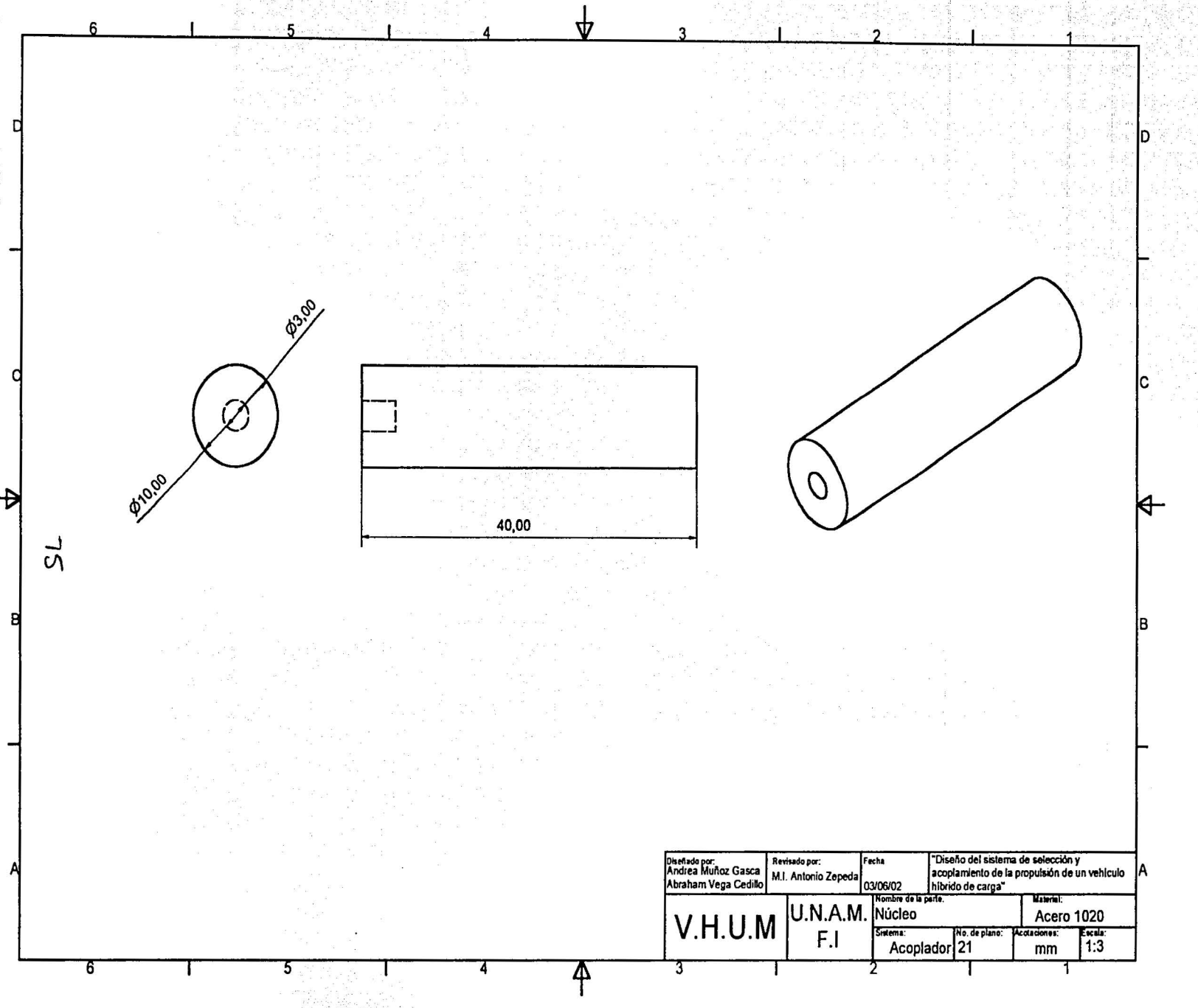
Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 06/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"		
V.H.U.M		U.N.A.M.		Nombre de la parte: Rueda del seguidor	Material: Nylon 66
F.I		Sistema: Acoplador	No. de plano: 18	Acotaciones: mm	Escala: 1:30



Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 08/08/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"	
V.H.U.M		Nombre de la parte: Brazo		Materia: Aluminio
		U.N.A.M. F.I	Sistema: Acoplador	No. de plano: 19
				Escala: 1:10



Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 06/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M	U.N.A.M. F.I	Nombre de la parte: Carcaza	Materia: Baquelita
		Sistema: Acoplador	No. de plano: 20
		Acotaciones: mm	Escala: 1:18

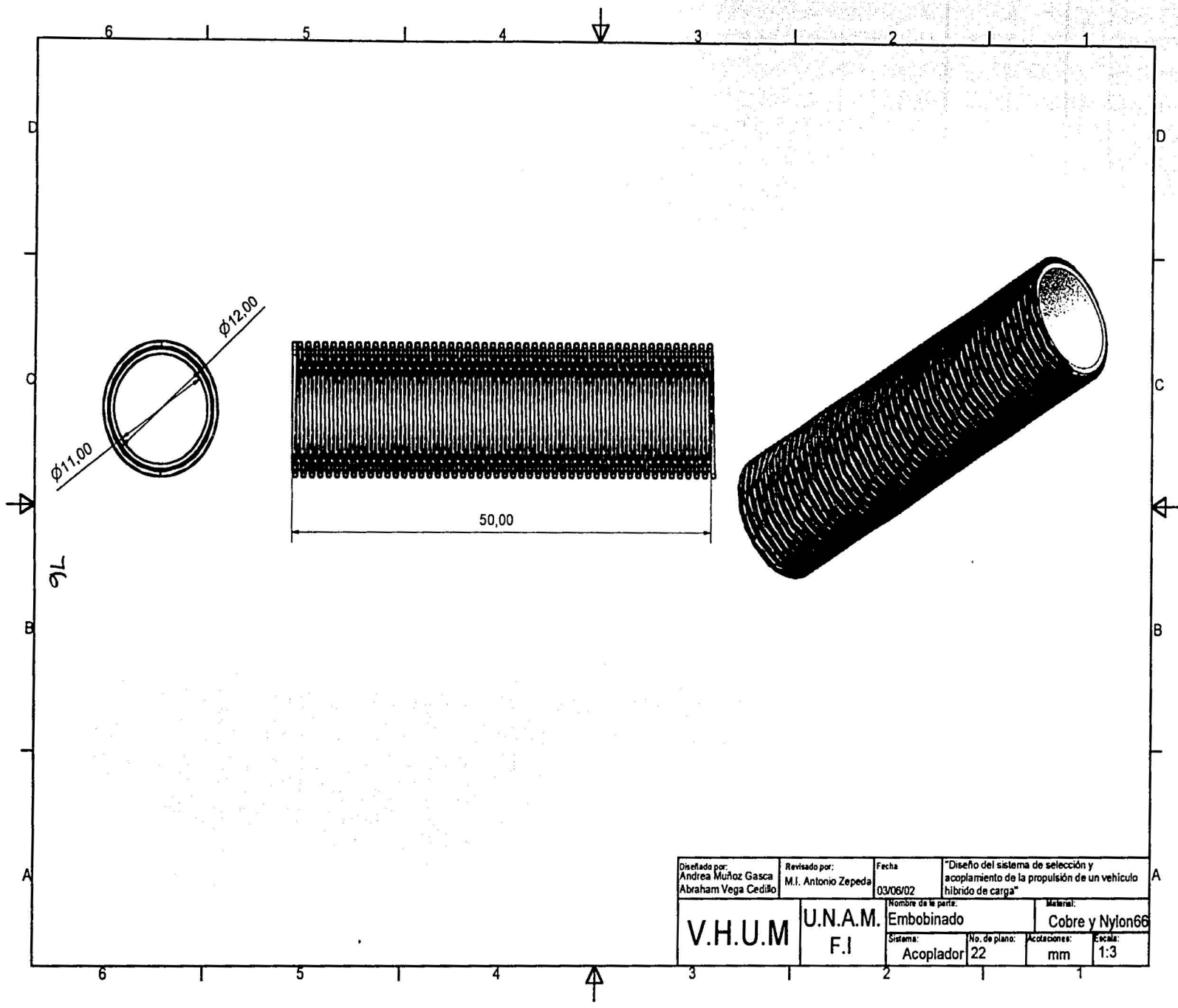


SL

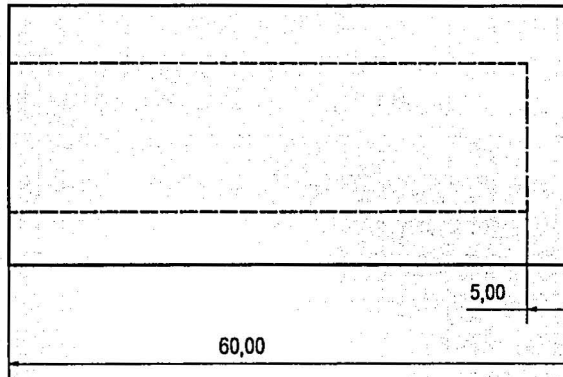
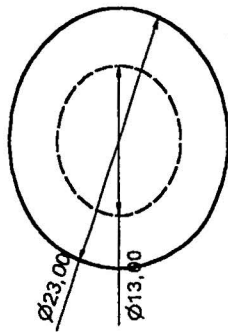
$\varnothing 10,00$   
 $\varnothing 3,00$

40,00

Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M	U.N.A.M. F.I	Nombre de la parte: Núcleo	Materia: Acero 1020
		Sistema: Acoplador	No. de plano: 21
		Acotaciones: mm	Escala: 1:3



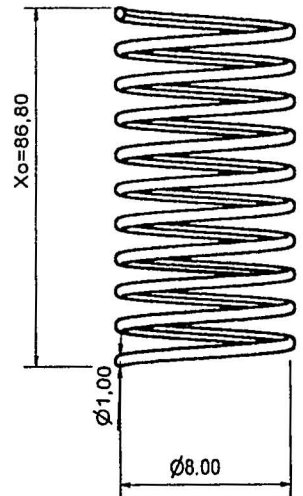
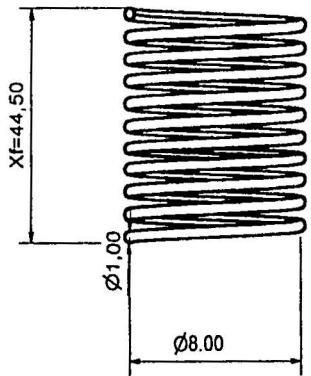
Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M	U.N.A.M. F.I	Nombre de la parte: Embobinado	
		Material: Cobre y Nylon66	
Sistema: Acoplador		No. de plano: 22	Acotaciones: mm
		Escala: 1:3	



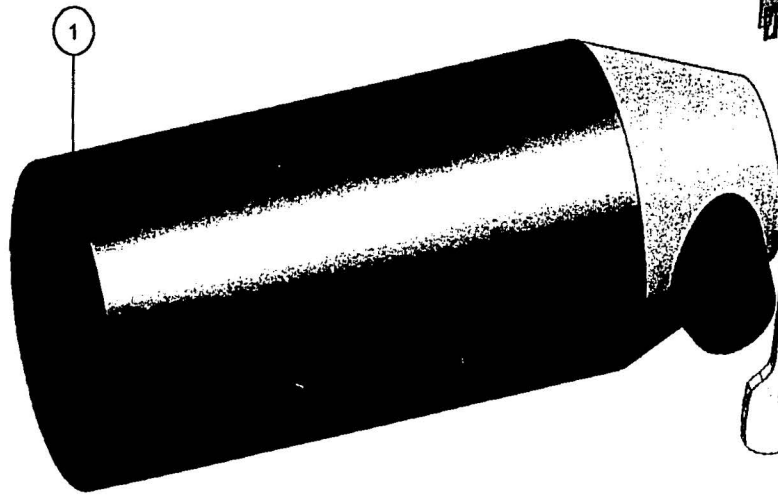
Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/08/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
<b>V.H.U.M</b>	<b>U.N.A.M.</b> F.I	Nombre de la parte: <b>Armadura externa</b>	Materia: <b>Acero 1020</b>
		Sistema: <b>Acoplador</b>	No. de plano: <b>23</b>
		Acotaciones: <b>mm</b>	Escala: <b>1:2.5</b>



8L

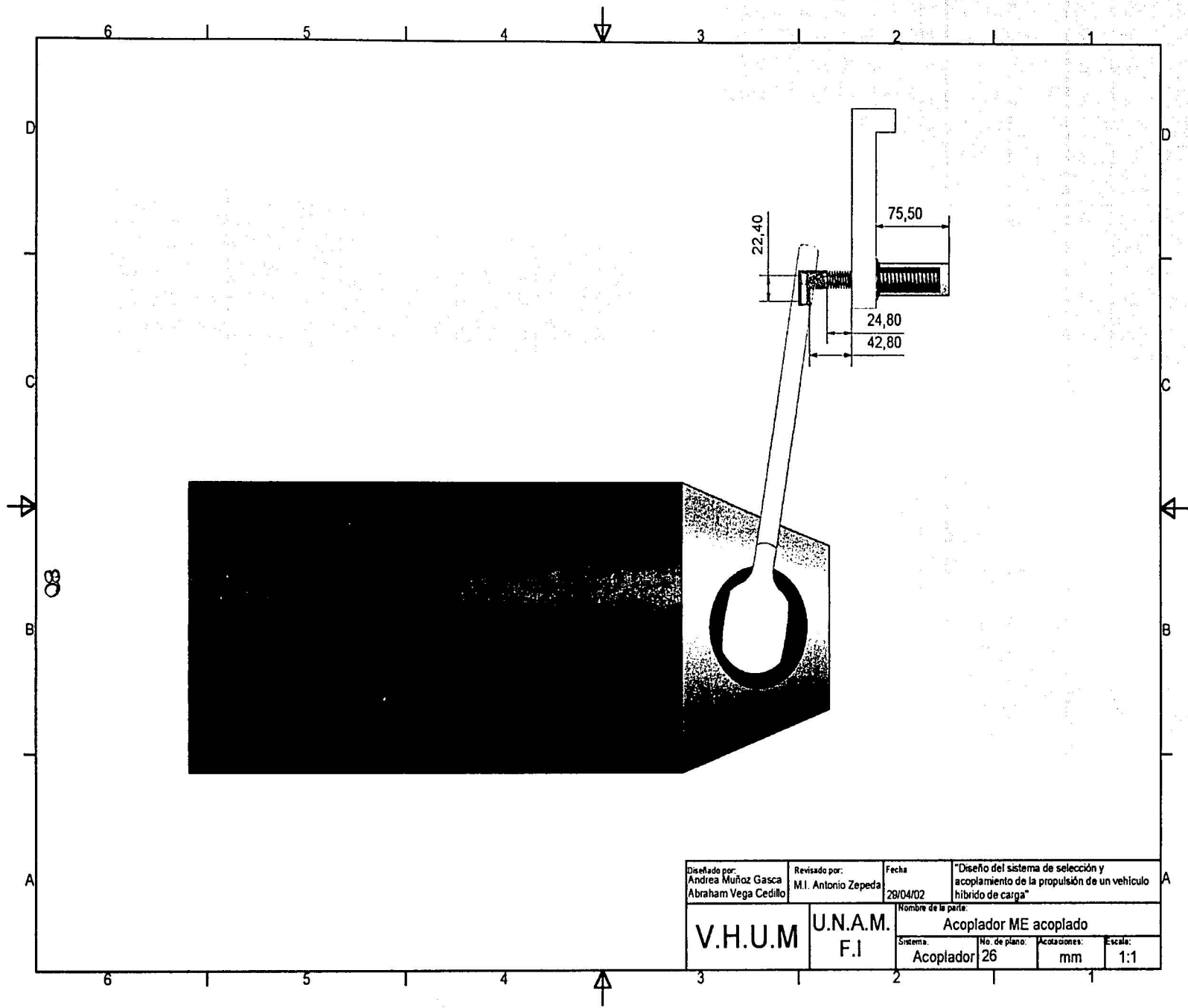


Diseñado por: Ándrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/08/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"				
V.H.U.M		U.N.A.M.		Nombre de la parte: Resorte		Material: Acero	
F.I		Sistema: Acoplador		No. de plano: 24		Escala: 1:2.5	

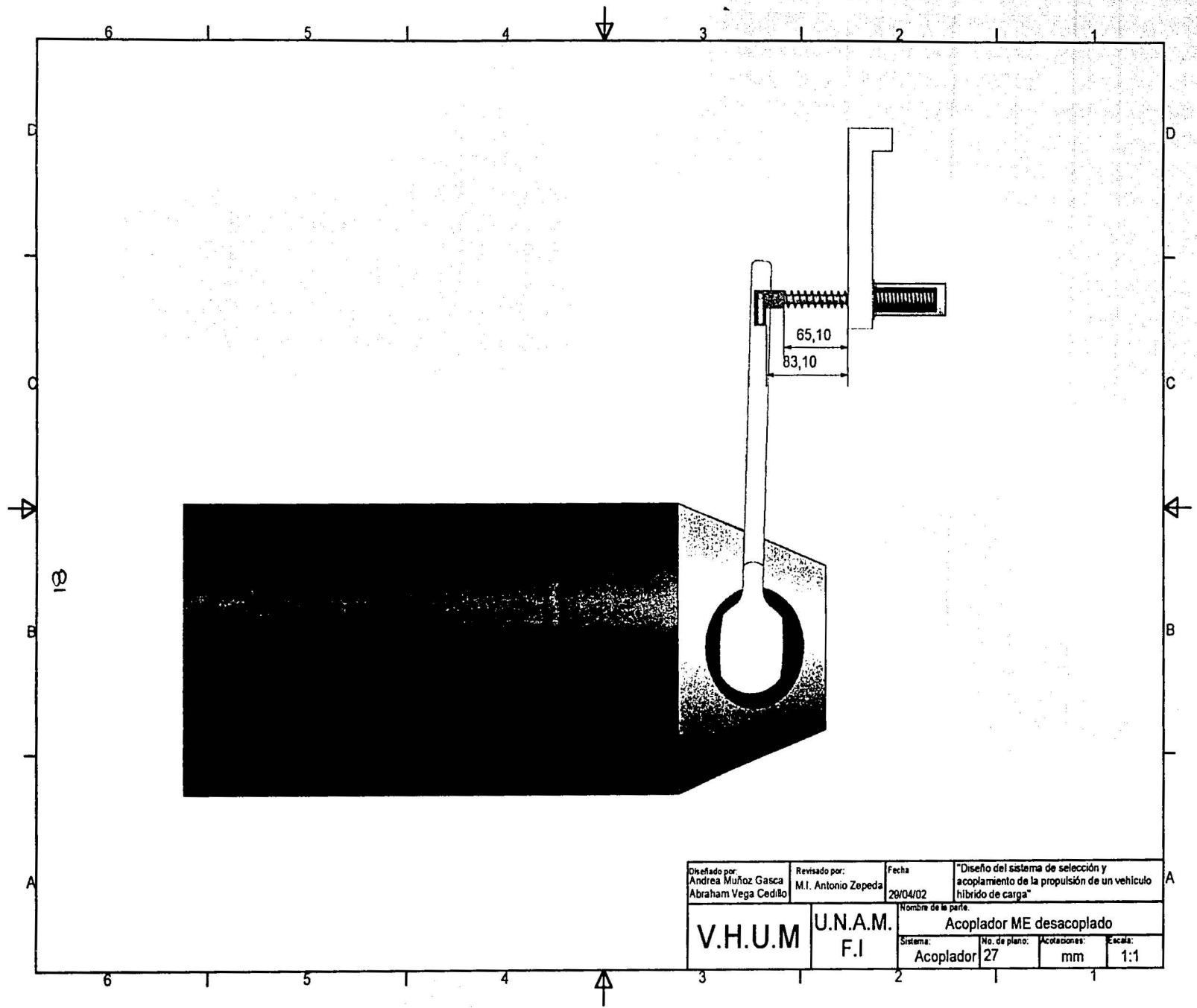


Lista de Partes		
No. Part	Canti	Nombre de la parte
1	1	ME y clutch
2	1	Palanca de clutch
3	1	Brazo
4	1	Soporte
5	1	Nucleo
6	1	Carrete
7	1	Armadura
8	1	Caracaza solenoide
9	1	Resorte

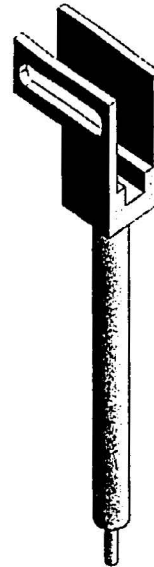
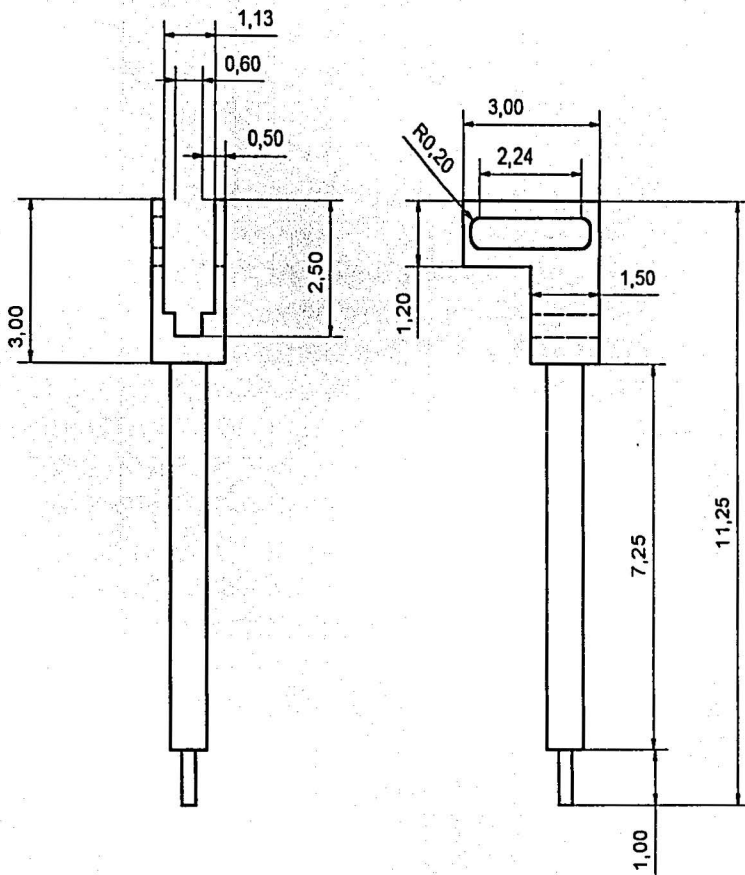
Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 29/04/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M		U.N.A.M.	
F.I		Nombre de la parte: Lista de partes Acoplador ME	
Sistema: Acoplador	No. de plano: 25	Acotaciones: mm	Escala: 1:1



Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 29/04/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M		U.N.A.M.	
F.I		Acoplador ME acoplado	
Sistema: Acoplador	No. de plano: 26	Acotaciones: mm	Escala: 1:1

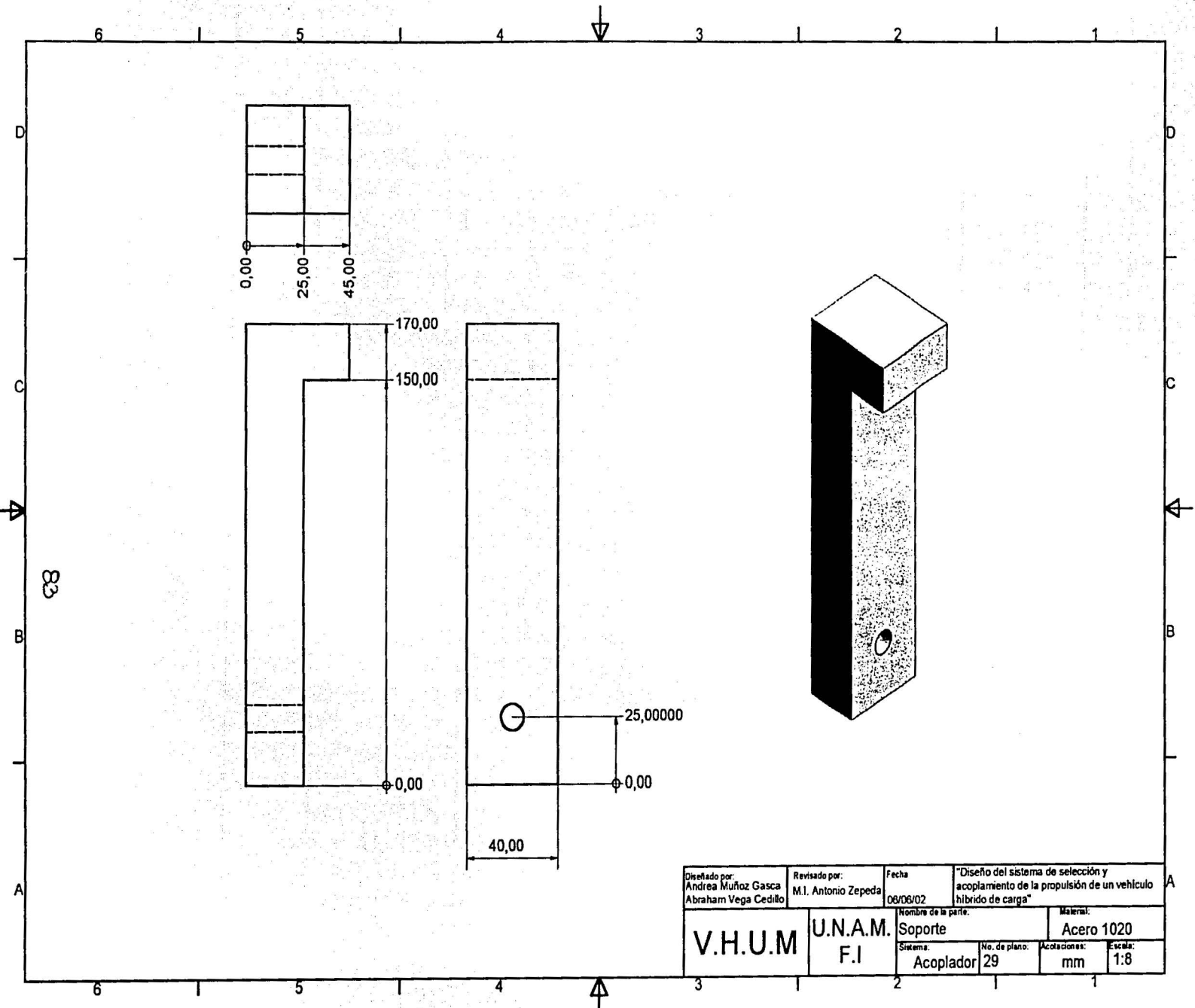


Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 29/04/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
Nombre de la parte.			
V.H.U.M			U.N.A.M. F.I
Sistema: Acoplador		No. de plano: 27	Acotaciones: mm
		Escala: 1:1	

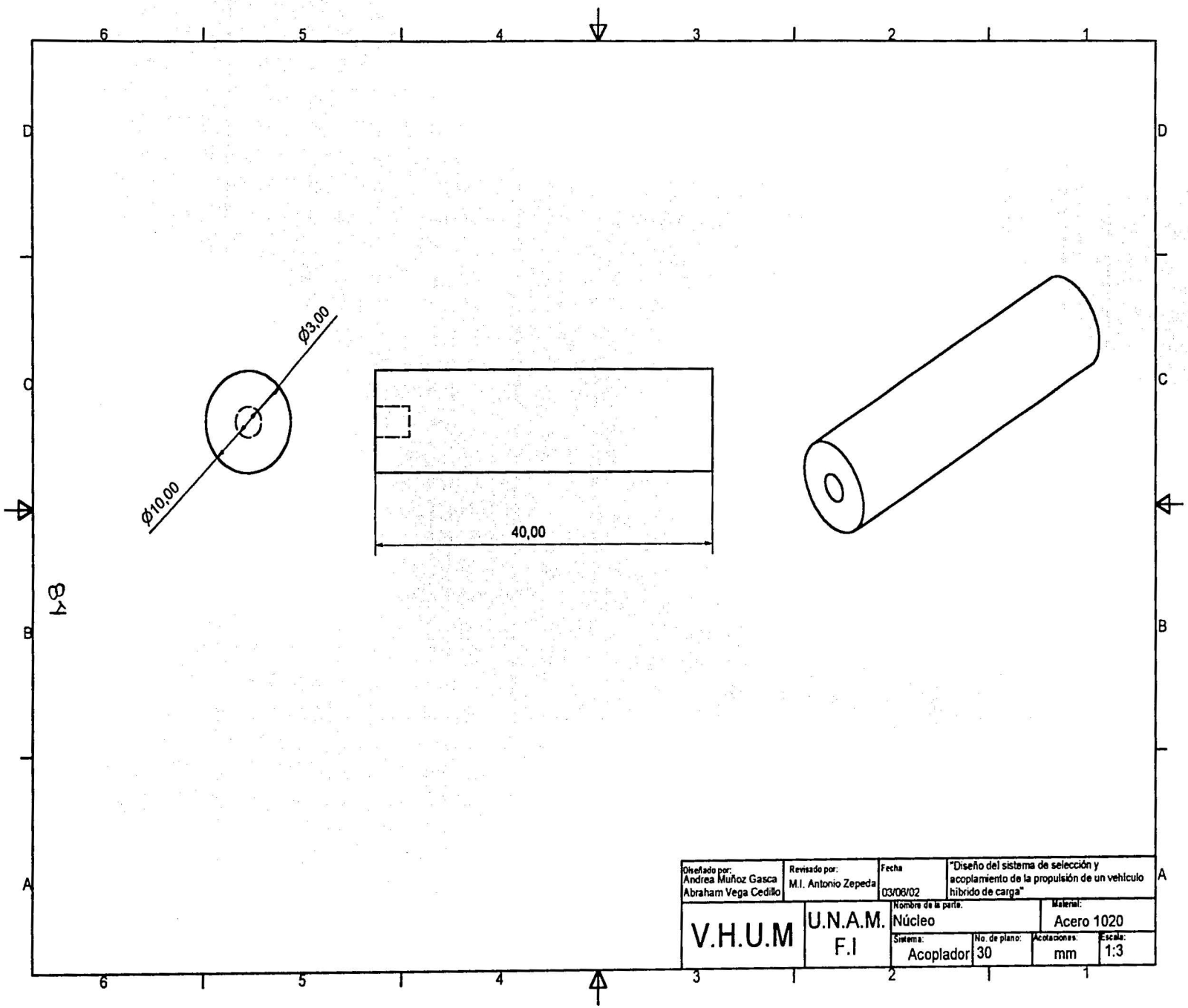


28

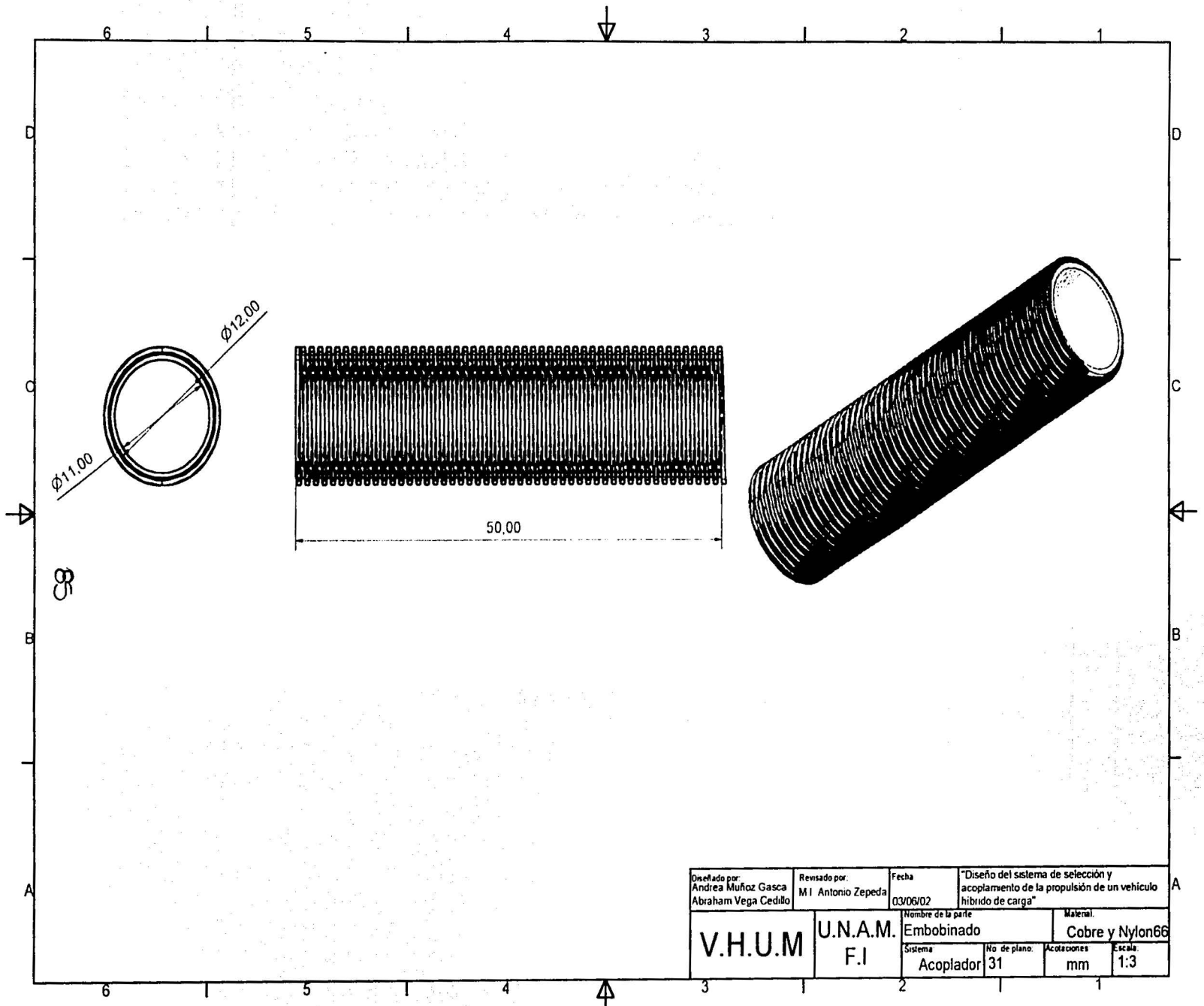
Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedeño	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 30/04/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M		U.N.A.M. F.I	
Nombre de la parte: Brazo			
Sistema: Acoplador	No. de plano: 28	Acotaciones: mm	Escala: 1:1



Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedito	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 08/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"	
<b>V.H.U.M</b>		Nombre de la parte: <b>Soporte</b>		Materia: <b>Acero 1020</b>
U.N.A.M. F.I		Sistema: Acoplador	No. de plano: 29	Escala: 1:8

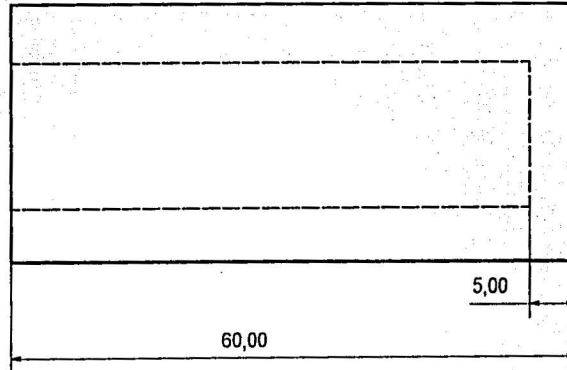
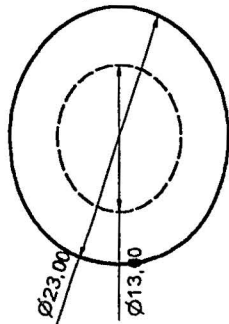


Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/08/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M		U.N.A.M.	
F.I		F.I	
Nombre de la parte: Núcleo		Material: Acero 1020	
Sistema: Acoplador	No. de plano: 30	Anotaciones: mm	Escala: 1:3

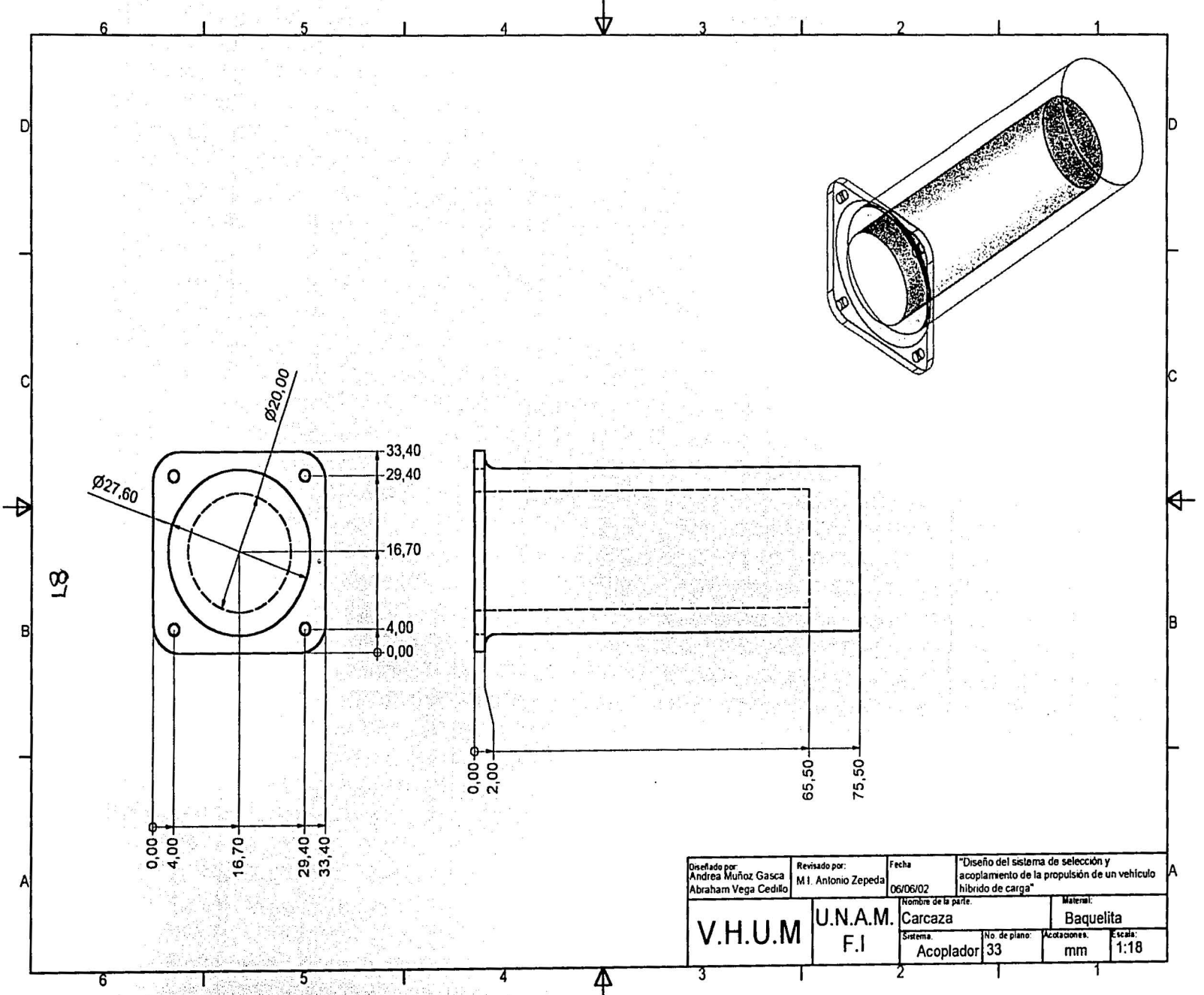


Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 03/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
<b>V.H.U.M</b>		<b>U.N.A.M.</b>	
<b>F.I</b>		Nombre de la parte: Embobinado	Material: Cobre y Nylon66
Sistema: Acoplador	No de plano: 31	Acotaciones: mm	Escala: 1:3



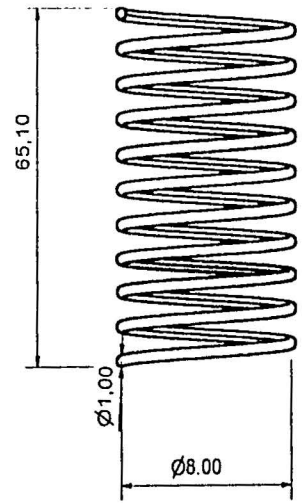
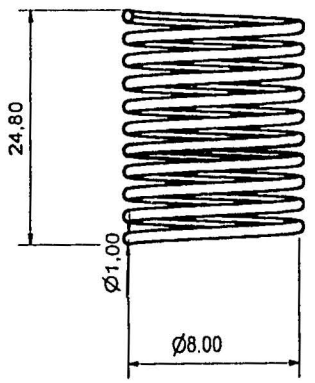


Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"	
V.H.U.M		Nombre de la parte: Armadura externa		Material: Acero 1020
		Sistema: Acoplador	No. de plano: 32	Acotaciones: mm
U.N.A.M. F.I		Escala: 1:2.5		



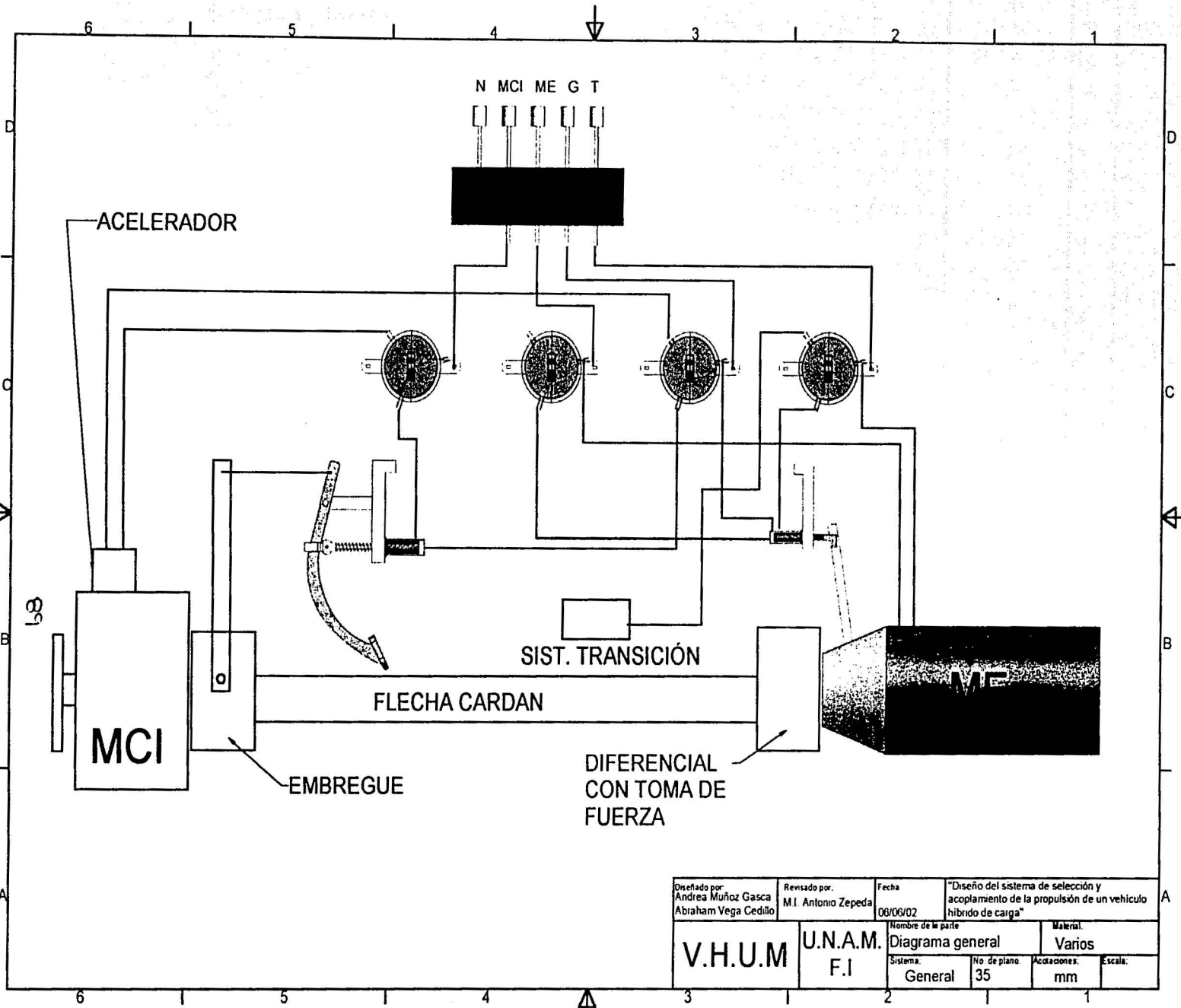
L8

Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 06/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"	
V.H.U.M		U.N.A.M.		Material: Baquelita
		F.I		Nombre de la parte: Carcaza
Sistema: Acoplador		No. de plano: 33	Acotaciones: mm	Escala: 1:18



Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha 03/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"		
V.H.U.M	U.N.A.M. F.I	Nombre de la parte Resorte		Material: Acero	
		Sistema: Acoplador	No. de plano: 34	Acotaciones: mm	Escala: 1:2.5

98



Diseñado por: Andrea Muñoz Gasca Abraham Vega Cedillo	Revisado por: M.I. Antonio Zepeda	Fecha: 08/06/02	"Diseño del sistema de selección y acoplamiento de la propulsión de un vehículo híbrido de carga"
V.H.U.M		U.N.A.M. F.I	Nombre de la parte: Diagrama general
		Sistema: General	Material: Varios
		No de plano: 35	Acotaciones: mm
			Escala:

F a l t a

P á g i n a

90|

## Conclusiones

Durante el desarrollo de este trabajo se diseñó el sistema de Selección y Acoplamiento, el cual permite seleccionar el motor que se utilizará para dar propulsión a un vehículo híbrido. Para aumentar la autonomía del Vehículo, se diseñó el sistema de manera que permitiera recargar el banco de baterías por medio del motor eléctrico, haciéndolo funcionar como generador, debido a que dicho motor se encuentra acoplado a un eje móvil.

Debido a que el proyecto se encuentra en la etapa inicial, hace falta mucha información para definir totalmente los sistemas que integran al Vehículo, por lo que el sistema de Selección y Acoplamiento se realizó de manera paramétrica con la finalidad de permitirle adaptarse una vez que se definan las características finales del Vehículo.

Para permitir la adaptabilidad del diseño, fue necesario utilizar herramientas de Diseño Asistido por Computadora (CAD), con lo que se definieron variables de diseño, que al asignarles los valores finales, adaptarán el diseño. En el Apéndice C se encuentran los pasos básicos para hacer un modelado paramétrico en Inventor R5.3 que, en términos generales, son los pasos que se deben seguir en cualquier modelador de sólidos similar.

La configuración general del Vehículo, así como su análisis estático y dinámico, que determinan la potencia requerida para lograr el funcionamiento deseado fueron generados, por lo que este trabajo presenta un punto de partida para el desarrollo del proyecto VHUM. Este trabajo propone algunos sistemas del mismo, los cuales involucran diferentes áreas de la Ingeniería. El sistema genera salidas que podrán utilizarse como base para el diseño de los sistemas complementarios al sistema de Selección y Acoplamiento. De esta tesis se desprenden temas como el sistema de cambio de conexiones del motor eléctrico, para hacer que éste funcione como generador, el sistema ecualizador que, en el modo de transición, iguale las velocidades de ambos motores para realizar el acoplamiento de manera suave, así como la selección y el diseño de detalle de la adaptación del acelerador para que la señal del pedal controle ambos motores.

El diseño del sistema de Selección y Acoplamiento es sencillo y funcional debido a que es el resultado de la generación de diferentes soluciones, las cuales se fueron simplificando a medida que se comprendió la función de cada uno de los elementos.

## Apéndice A

### Análisis Estático del Vehículo. (18)

En el primer capítulo fue necesario determinar las reacciones en los ejes del vehículo, para poder evaluar la distribución de las cargas en las distintas configuraciones; a demás es necesario saber las cargas que soporta cada eje, ya que son datos importantes para la obtención de la potencia, el par, y el diseño en general del vehículo.

Para obtener dichas cargas es necesario realizar un análisis estático del vehículo.

Para este análisis se consideran las cargas más representativas que actúan sobre el vehículo, las cuales son:

- ✓ Peso de la carga a transportar
- ✓ Peso de los pasajeros
- ✓ Peso del tanque de gasolina
- ✓ Peso de las baterías
- ✓ Peso del bastidor
- ✓ Peso del motor eléctrico
- ✓ Peso de la caja de velocidades
- ✓ Peso del motor de combustión interna

Para este análisis, se consideró al vehículo como una barra soportada en dos puntos (los ejes de las ruedas). Las fuerzas que interesa determinar, son precisamente las reacciones que experimenta cada eje.

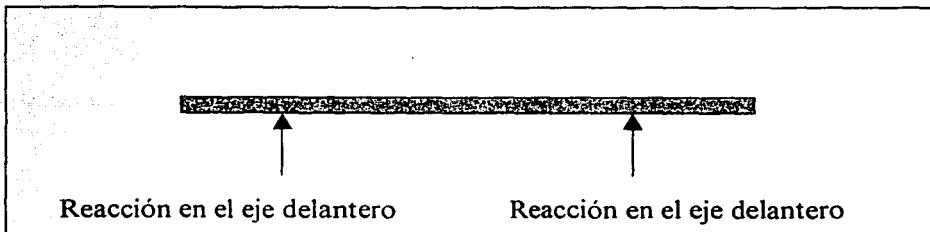


Figura .A.1 Viga simplemente apoyada

Para obtener las reacciones en los ejes, se realizaron las sumas de fuerzas en x, igualándolas a cero (ya que es un análisis estático), después se hace una suma de momentos (considerando la parte frontal del vehículo como punto de referencia) y se sustituye en la ecuación anterior para determinar las reacciones.

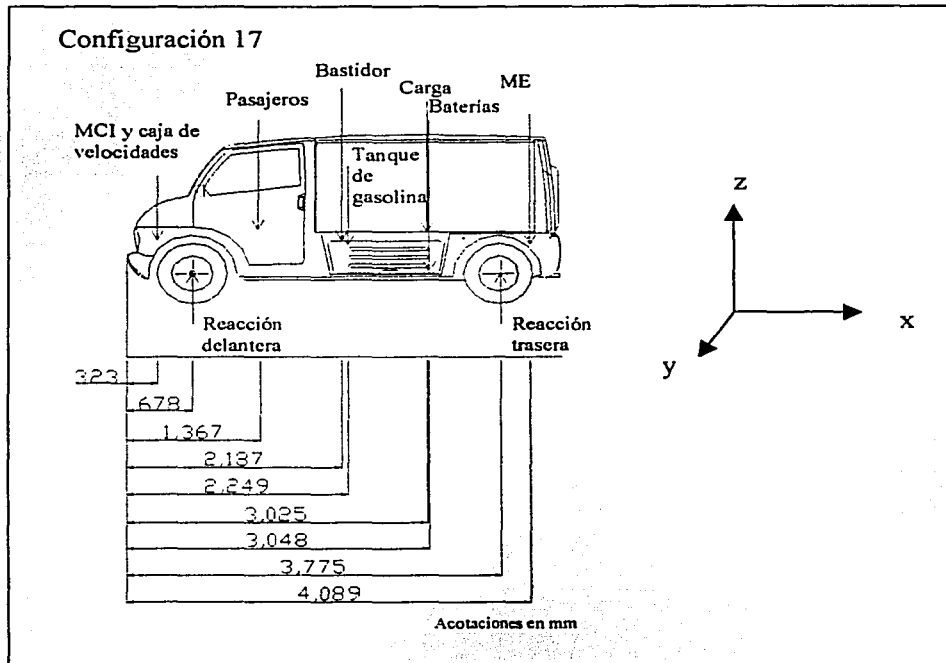


Figura A.2 Distribución de cargas de la configuración 17

Esto se realizó para las configuraciones que incluyen la ubicación de las baterías y el tanque de gasolina, ya que la distribución de cargas es un parámetro de decisión para elegir la configuración final.

Durante la generación de las configuraciones se buscó mantener una distribución de cargas uniforme en el eje y, lo que mantendrá repartida en ambas ruedas la carga en los ejes.

Los cálculos de la distribución de cargas se realizaron en una hoja de cálculo en Excel. Para esto se hizo una tabla para cada configuración.

Como ejemplo, en la tabla A.1 se muestran los cálculos para la configuración 17.



CARACTERISTICAS DE LA CARGA	CARGAS kg	BRAZO DE PALANCA m	MOMENTOS kg · m
Peso de la carga a transportar	1500	3.025	-4537.5
Peso de dos pasajeros	200	1.367	-273.4
Peso de tanque de gasolina	50	2.249	-112.45
Peso baterías	360	3.048	-1097.28
Peso del bastidor	100	2.187	-218.70
Peso del motor eléctrico	70	4.089	-286.23
Peso de la caja de 4 velocidades	25	0.323	-8.075
Peso del motor de combustión interna	100	0.323	-32.3
Reacción de suspensión delantera	r1	0.678	
Reacción de suspensión trasera	r2	3.775	
Distancia entre ejes.		3.097	
SUM DE FUERZAS	2280		-6565.935
REACCIÓN EN LA SUSPENSIÓN TRASERA		1621.0	kg
REACCIÓN EN LA SUSPENSIÓN DELANTERA		659.0	kg
PORCENTAJE DE PESO S. TRASERA		71	%
PORCENTAJE DE PESO S. DELANTERA		29	%

Tabla A.1 Cálculo de reacciones para la configuración 17

### Análisis Dinámico del Vehículo.

El análisis dinámico se llevó a cabo, únicamente para la configuración seleccionada (configuración 17), ya que dicho análisis servirá para calcular la potencia y par requerido para mover al vehículo.

Para realizar el análisis se consideró una rueda libre, elástica que rueda sobre una superficie rígida, y se despreció la influencia del par de fricción de los cojinetes.

Las fuerzas y pares que actúan sobre esta son:

- ♣ Reacción sobre el eje respectivo de la rueda motriz, la cual considera las distintas resistencias que vence el automóvil durante su movimiento. ( $P_t$  y  $P_d$ )
- ♣ Carga vertical sobre la rueda libre ( $W_L$ )
- ♣ Par motor de la rueda ( $P_r$ )
- ♣ Fuerza horizontal que provoca el movimiento de la rueda ( $F_h$ )
- ♣ Fuerza de inercia de la rueda debida al movimiento no uniforme de la misma ( $F_{ir}$ )

- ♣ Par debido a la inercia de la rueda, en el caso del movimiento no uniforme de la misma ( $P_{ir}$ )
- ♣ Componente horizontal de la reacción del camino ( $R_x$ )
- ♣ Componente vertical de la reacción del camino ( $R_y$ )
- ♣ Velocidad angular en las ruedas ( $\omega_r$ )
- ♣ Radio de la rueda ( $R$ )
- ♣ Radio dinámico de la rueda ( $r_d$ )
- ♣ Deformación de la llanta a partir del eje de simetría de la misma, debido a la carga vertical y la rueda elástica. ( $e_m$ )

La fuerza  $F_{ir}$  se determina de la siguiente manera:  $F_{ir} = m_r \cdot a$  (Kg); donde  $m_r$  es masa de la rueda y  $a$  es la aceleración lineal de la rueda.

El par  $P_{ir} = I_r \cdot \alpha$ , donde  $I_r$  es el momento de inercia de la rueda y  $\alpha$  es la aceleración angular de la rueda.

Cuando la rueda se encuentra en movimiento, la distribución de esfuerzos con relación al eje transversal resulta ser asimétrica. La reacción resultante se puede descomponer en dos componentes, una paralela al camino  $R_x$  (resistencia al rodamiento,  $F_r$ ) y una perpendicular  $R_y$ .

Sumando todas las fuerzas en los ejes horizontal y vertical para el punto A se obtiene:

$$F_h - F_{ird} - R_x - W_{md} \operatorname{sen} \theta = 0 \quad (1)$$

$$-W_{md} \cos \theta - R_{yd} = 0 \quad (2)$$

La ecuación de los momentos que actúan con respecto al punto A de la rueda es:

$$-P_{ird} + R_x \cdot r_d - R_y \cdot e_m = 0 \quad (3)$$

$R_y \cdot e = P_{Ff}$  - momento de resistencia al rodamiento.

En el caso de rueda libre con velocidad constante, la fuerza  $F_{ir}$  y el par  $P_{ir}$  son iguales a cero.

Por lo tanto:  $R_{yd} = W_{md} \cos \theta$ ;  $R_{xd} = R_{yd} (e_m/r_d)$

Donde  $(e_m/r_d) = \mu$ ;  $\mu$  = coeficiente de fricción.

Despejando de (1)  $F_h$  y sustituyendo términos

$$F_h = W_{md} \operatorname{sen} \theta + \mu (W_{md} \cos \theta)$$

De la misma manera se hace el análisis para el punto B.

Sumando todas las fuerzas en los ejes horizontal y vertical :

$$-P - F_{in} - R_{x't} - W_{mt} \text{ sen} \theta + R_{x't}(r_d) = 0 \quad (4)$$

$$-W_{mt} \text{ cos } \theta - R_{y't} = 0 \quad (5)$$

La ecuación de los momentos que actúan con respecto al punto B de la rueda es:

$$P_{in} - P_r + R_{x't} * r_d = 0 \quad (6)$$

Debido a que la componente radial  $R'$  no produce momentos con respecto al punto B, sus componentes vectoriales son igual a cero, teniendo

$$R_{x't} * r_d + R_{y't} e_m = 0 \rightarrow R_{x't} = (e_m / r_d) R_{y't} = \mu R_{y't}$$

$$R_{y't} = W_{mt} \text{ cos } \theta$$

Por lo tanto:  $R_{x't} = P_r / (r_d)$  (7)

Sustituyendo 7 en 4 y despejando  $P_r$

$$P_r = (P + W_{mt} \text{ sen} \theta + R_{x't}) r_d$$

$$P_r = [(W_{md} \text{ sen} \theta + \mu (W_{md} \text{ cos } \theta) + (W_{mt} \text{ sen} \theta) + (\mu W_{mt} \text{ cos } \theta))] r_d \quad (8)$$

Por lo tanto la potencia debida a la pendiente , a la fricción y para el movimiento de la carga a dicha velocidad es:  $Pot1 = P_r * \omega_r$

Siendo  $\omega_r = V/r$

Por otro lado también se debe de considerar la fuerza de arrastre , calculándose ésta de la siguiente manera:

$$F_a = (\rho / 2) C_D A_f V^2$$

Y como consecuencia la potencia consumida por este término:

$$Pot2 = F_a * V$$

La potencia máxima requerida será:

$$Pot_{max} = Pot1 + Pot2$$

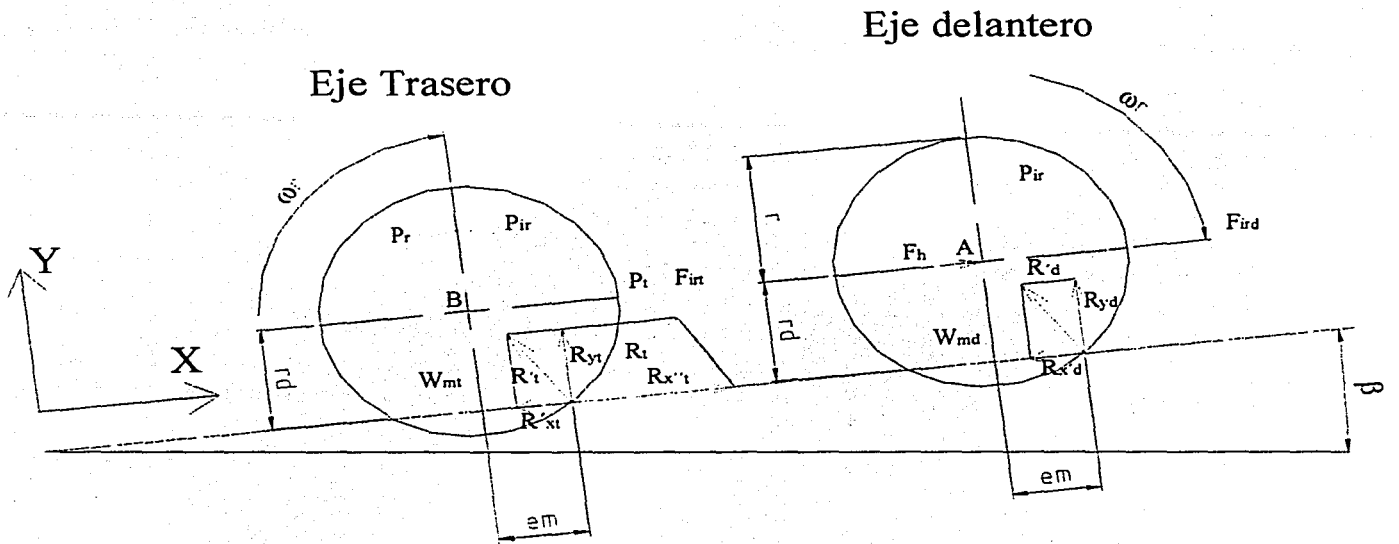


Figura A.1 Diagrama de cuerpo libre de las ruedas

## Apéndice B

### Matrices de decisión del primer capítulo.

En este apéndice se encuentran las siguientes matrices, así como los puntajes utilizados para la evaluación de las mismas.

- ✓ Matriz para determinar el factor de peso de los parámetros que se emplearon para evaluar las veintisiete configuraciones en donde se juega con la posición de los motores y el tipo de transmisión.(B1)
- ✓ Matriz para seleccionar las cinco mejores configuraciones de las veintisiete, en donde se juega con la posición de los motores y el tipo de transmisión. (B2)
- ✓ Matriz para determinar el factor de peso de los parámetros que se emplearon para evaluar las veinte configuraciones generadas a partir de las cinco obtenidas de la matriz anterior.(B3)
- ✓ Matriz para seleccionar la mejor configuración de las veinte, en donde se juega con la posición del banco de baterías y el tanque de combustible. (B4)

### **Definición de los parámetros de decisión para la configuración de la transmisión y los motores en el VHUM**

Costo:

El costo se evaluará dependiendo del número y complejidad de los elementos necesarios para cada configuración.

Se considerarán principalmente:

1. Los elementos de la transmisión

Se debe de tomar en cuenta que los elementos principales de cada transmisión son:

Transmisión delantera (FWD): Diferencial delantero, flecha delantera.

Transmisión trasera (RWD): Diferencial trasero, flecha trasera, flecha cardan.

Transmisión en todas las ruedas (4WD): Diferencial delantero, Flecha delantera, Flecha cardan delantera, diferencial central, flecha cardan trasera, diferencial trasero, flecha trasera.

2. Los del sistema de acoplamiento y selección de los motores

El número de elementos de este sistema varía dependiendo de la posición de los motores; estableciendo que mientras más separados se encuentran los motores, se eleva el número de partes, debido a que se necesitará mayor cantidad de material para acoplarlos y realizar la selección.

3. Si se puede anticipar cuantitativamente la dificultad de las opciones en cuanto al bastidor.

En este punto será primordial la experiencia, para determinar si una cierta configuración requiere de un bastidor más robusto que otro.

4. Costo del sistema de enfriamiento de cada opción.

La posición del motor de combustión interna, determinará la posición del sistema de enfriamiento, y se evaluará el costo, partiendo del concepto de que es más barato enfriar con un sistema convencional de enfriamiento con agua en la parte frontal del vehículo, por que localizarlo en otra parte, implica agregar más elementos al sistema y eso incrementa el costo.

Dificultad de ensamble:

Se podría evaluar el ensamble, en base a la dificultad que representaría(según la experiencia de cada participante) el ensamble de los diferentes sistemas, dispuestos según la configuración a evaluar.

Considerando que entre más elementos de la transmisión, menos espacio queda para poder ensamblar los demás sistemas.

Número de piezas:

Se debe de considerar el número de piezas, por tres razones:

- Por el peso
- Por el costo
- Por el espacio

Por lo tanto la configuración con menor número de piezas es mejor.

#### Accesibilidad, para mantenimiento:

En este punto, principalmente importa, el acceso a los motores, a las baterías, al tanque de gasolina, al sistema de enfriamiento, sistema de selección y acoplamiento, controlador.

Gráficamente se realizará la comparación entre las configuraciones, considerando que es muy importante que el servicio sea realizado con la mayor comodidad posible y fácil de desmontar para su reemplazo.

#### Seguridad:

Para este parámetro se considerará la seguridad de los siguientes sistemas:

##### 1. Motores

- Posición del motor de combustión interna en caso de una colisión
- Posición del motor eléctrico en una colisión.

##### 2. Transmisión

- En caso de una colisión, la mejor transmisión es delantera, por que con RWD o 4WD las flechas cardan se dañan y es más costosa la reparación.
- En caso de que el vehículo se atasque, la mejor opción es el de 4WD, pero el vehículo esta proyectado para trabajar en caminos con pavimento.

#### Sistema de enfriamiento:

El sistema de enfriamiento se evaluará, tomando en cuenta el número de elementos que se requieren dependiendo de su posición, y facilidad de conducir el fluido de enfriamiento al sistema.

#### Espacio para los sistemas:

Se deberá considerar, la disponibilidad de espacio que permite cada configuración, considerando como mejor opción, la que ocupa menor espacio o lo ocupa de manera más eficiente.

#### Funcionalidad de la transmisión:

Se considerará para evaluar este punto, la funcionalidad de la transmisión.

- La forma de transmisión más sencilla es la FWD, la más complicada es
- La más complicada es la de 4WD.

Facilidad de generación de energía:

Este parámetro es evaluado, considerando la dificultad que exista de cada configuración, en conectar al eje del motor eléctrico, con algún eje móvil del vehículo (eje delantero, eje trasero, eje del motor de combustión interna, la flecha cardan, etc...)

### **Puntajes utilizados para la matriz de decisión B2**

Las veintisiete configuraciones se evaluarán en base a los nueve parámetros anteriormente explicados y clasificados.

Para poder dar una calificación a cada una se establecieron los siguientes criterios.

- **Costo**

Para calificar el costo de cada configuración, se darán las siguientes calificaciones a sumar de cada punto:

- I. Transmisión delantera...3 puntos.
- II. Transmisión trasera...2 puntos.
- III. Transmisión en todas las ruedas...1 punto.
- IV. Motores juntos...2 puntos.
- V. Motores separados...1 punto.
- VI. Motor de combustión interna adelante...3 puntos.
- VII. Motor de combustión interna atrás...2 puntos.
- VIII. Motor de combustión interna en medio...1 punto.

- **Ensamble**

Para calificar la dificultad de ensamble de cada configuración, se darán las siguientes calificaciones a sumar de cada punto:



- I. Motores juntos...3 puntos
- II. Motores separados media distancia...2 puntos.
- III. Motores totalmente separados...1 punto.
- IV. Transmisión en el eje del motor de combustión interna...4 puntos.
- V. Transmisión en el eje del motor eléctrico...3 puntos.
- VI. Transmisión en las cuatro ruedas...1 punto.
- VII. Los dos motores en el eje de transmisión...5 puntos.
- VIII. Los dos motores en el eje que no tiene la tracción...2 puntos.

- Número de piezas

Para calificar la cantidad de piezas de cada configuración, se darán las siguientes calificaciones a sumar de cada punto:

- I. Motores juntos...3 puntos
- II. Motores separados media distancia...2 puntos.
- III. Motores totalmente separados...1 punto.
- IV. Transmisión en el eje del motor de combustión interna...4 puntos.
- V. Transmisión en el eje del motor eléctrico...3 puntos.
- VI. Transmisión en las cuatro ruedas...1 punto.
- VII. Los dos motores en el eje de transmisión...5 puntos.
- VIII. Los dos motores en el eje que no tiene la tracción...2 puntos.

- Accesibilidad para mantenimiento

Para calificar la accesibilidad para mantenimiento de cada configuración, se darán las siguientes calificaciones a sumar de cada punto:

- I. Motores juntos adelante o atrás...8 puntos.
- II. Motores separados totalmente...6 puntos.
- III. Motores separados media distancia con el motor de combustión interna en un extremo...4 puntos.
- IV. Motores separados media distancia con el motor eléctrico en un extremo...2 puntos.
- V. Motores juntos a la mitad del vehículo...1 punto.

- Sistema de enfriamiento

Para calificar cada configuración en base a la conveniencia de la posición del sistema de enfriamiento, se darán las siguientes calificaciones a sumar de cada punto:

- I. Motor de combustión interna adelante...8 puntos.
- II. Motor de combustión interna atrás...4 puntos.
- III. Motor de combustión interna en medio...1 puntos.

- Espacio para el resto de los sistemas

Para calificar el espacio para el resto de los sistemas de cada configuración, se darán las siguientes calificaciones a sumar de cada punto:

- I. Motores juntos adelante...4 puntos
- II. Motores separados media distancia, uno adelante...3 puntos
- III. Motores separados totalmente...2 puntos
- IV. Motores juntos en medio...2 puntos
- V. Motores separados media distancia, uno atrás...1 punto
- VI. Motores juntos atrás...1 punto
- VII. Los dos motores en el eje de transmisión...4 puntos
- VIII. Transmisión en el eje del motor de combustión interna...3 puntos.
- IX. Transmisión en el eje del motor eléctrico...2 puntos.
- X. Transmisión sin motores...1 punto
- XI. Transmisión en las cuatro ruedas...1 punto

- Funcionalidad de la transmisión

Para calificar la funcionalidad de la transmisión de cada configuración, se darán las siguientes calificaciones a sumar de cada punto:

- I. Transmisión trasera...8 puntos
- II. Transmisión delantera...4 puntos
- III. Transmisión en todas las ruedas...1 punto

- **Generación en el frenado**

Para calificar la facilidad de generación de energía de cada configuración, se darán las siguientes calificaciones a sumar de cada punto:

I. Motor eléctrico adelante o atrás...8 puntos

II. Motor eléctrico en medio...1 punto

### **Definición de los parámetros de decisión para la configuración del tanque de gasolina y de las baterías en el VHUM**

#### **Seguridad del tanque de gasolina:**

La seguridad del tanque de gasolina depende de la posición que ocupe éste dentro del vehículo y de su separación del banco de baterías.

#### **Seguridad de baterías:**

Para la seguridad de las baterías se considerará su posición relativa respecto al tanque y la posición que estas ocupen dentro del vehículo.

#### **Inercia de las baterías:**

Este parámetro debe considerarse para evitar, dentro de lo posible, un golpe de ariete excesivo en el banco de baterías y depende, básicamente de la cantidad de baterías que se encuentran dentro de un mismo bloque.

#### **Inercia del tanque de gasolina:**

Dependiendo de la forma en que se encuentre el tanque, ya sea longitudinal o transversal, su inercia en ciertas direcciones será distinta. Lo que se intenta lograr es que el tanque tenga la menor inercia posible.

#### **Accesibilidad del tanque:**

La accesibilidad del tanque se refiere a la facilidad que existirá para colocar un conducto hacia el exterior que permita el llenado del mismo.

#### Accesibilidad de baterías:

Debido a que en el vehículo se podrán recargar las baterías cuando el motor de combustión se encuentre funcionando, no es necesario sacar el banco para recargarlo. Aún así se necesita poder acceder fácilmente a él para darle mantenimiento.

#### Ventilación de baterías:

Durante su funcionamiento, las baterías producen ciertos gases. Por esto se debe tener la posibilidad de ventilarlas, para evitar la acumulación.

#### Distribución de cargas:

La distribución de cargas es un parámetro importante ya que si el peso en el eje delantero es excesivo la dirección se vuelve muy dura y disminuye el agarre de las ruedas motrices con el suelo (para el caso de tracción trasera), en cambio si el peso se concentra en el eje trasero, la dirección pierde efectividad.

Para vehículos de carga se recomienda (¿Quién?) que la carga sobre el eje delantero esté dentro del 35 y 25%, dejando la carga sobre el eje trasero entre 65 y 72%

#### **Puntajes utilizados para la matriz de decisión B4**

Las veinte configuraciones se evaluarán basándose en los nueve parámetros anteriormente explicados.

Para poder dar una calificación a cada una se establecieron los siguientes criterios.

NOTA: Se eliminó la accesibilidad al tanque como parámetro de decisión debido a que su factor de peso es cero.

- Seguridad del tanque de gasolina

Para calificar la seguridad del tanque de cada configuración, se darán las siguientes calificaciones a sumar de cada punto:

- I. Tanque en la parte media del vehículo...2 puntos.
- II. Tanque en la parte trasera del vehículo...1 punto.
- III. Tanque totalmente separado de las baterías...3 puntos.

IV. Tanque separado de las baterías media distancia...2 puntos.

V. Tanque junto a las baterías...1 punto.

- Seguridad de las baterías

Para calificar la seguridad de las baterías de cada configuración, se darán las siguientes calificaciones a sumar de cada punto:

I. Baterías longitudinalmente en el vehículo...3 puntos

II. Baterías en la parte central del vehículo...2 puntos.

III. Baterías en las orillas del vehículo...1 punto.

IV. Baterías separadas del tanque...3 puntos.

V. Baterías a media distancia del tanque...2 puntos.

VI. Baterías junto al tanque...1 punto.

- Inercia de baterías

Para calificar la inercia de las baterías en cada configuración, se darán las siguientes calificaciones:

I. Baterías en cuatro bloques...5 puntos

II. Baterías en tres bloques...4 puntos.

III. Baterías en dos bloques...3 puntos.

IV. Baterías en un bloque...2 puntos.

V. Baterías en línea...1 punto.

- Inercia de tanque de gasolina

Para calificar la inercia del tanque de gasolina en cada configuración, se darán las siguientes calificaciones:

I. Tanque transversal...5 puntos.

II. Tanque longitudinal...3 puntos.

- Acceso a baterías

Para calificar cada configuración basándose en el acceso a las baterías, se darán las siguientes calificaciones:

IV. Baterías en las orillas del vehículo...5 puntos.

V. Baterías en la parte central del vehículo...4 puntos.

VI. Baterías en dos líneas longitudinales en la parte media del vehículo...3 puntos.

VII. Baterías en línea central del vehículo...2 puntos.

- Ventilación de baterías

Para calificar la ventilación de las baterías de cada configuración, se darán las siguientes calificaciones:

I. Baterías en extremos laterales...5 puntos.

II. Baterías en la parte trasera...2 puntos.

III. Baterías en la parte central...1 punto.

- Distribución de carga

Para calificar la distribución de carga se tomó la siguiente escala considerando el porcentaje de carga en el eje delantero:

IV.  $30 \pm 1\%$ ...5 puntos.

V.  $30 \pm 2\%$ ...4 puntos.

VI.  $30 \pm 3\%$ ...3 puntos.

VII.  $30 \pm 4\%$ ...2 puntos.

VIII.  $>35\%$  y  $<25\%$ ...1 punto.

Matriz para la determinación del índice de desempeño.

Parametros	Número de posibles soluciones																												Dec Pos	P. de peso
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
Costo	0	1	0	1	0	0	0																						2	0.0714
Ensamble	1							1	1	1	0	0	0																4	0.1429
No. de piezas		0						0						0	0	1	0	0											1	0.0357
Accesibilidad para mantenimiento			1						0					1					1	1	0	0							4	0.1429
Sistema de enfriamiento				0						0					1				0				0	0	0				1	0.0357
Espacio para los sistemas					1						1					0				0			1			0	0		3	0.1071
Funcionalidad de la transmisión						1						1					1				1			1		1		1	7	0.2500
Generación en el frenado.							1						1					1				1			1		1	0	6	0.2143
																													28	100%

Tabla B1. Factor de peso de posición de los motores y tipo de transmisión

Matriz de decisión para la configuración del VIIUM

	Propiedades								Total	Índice de desempeño	Posición
	Costo	Ensamble	No. de Pzas.	Accesabilidad	Sist. Enfriamiento	Espacio Sist.	Func. Trans.	Generación			
Factor de peso	0.0714	0.1428	0.0357	0.1428	0.0357	0.1071	0.25	0.2143	1.00		
Configuraciones											
1	8	8	8	8	8	8	4	8	60.00	6.9984	3
2	7	5	5	8	8	6	8	8	55.00	7.1773	2
3	6	4	4	8	8	5	1	8	44.00	5.0703	
4	7	5	5	8	4	1	4	8	42.00	5.499	
5	6	8	8	8	4	4	8	8	54.00	7.2844	1
6	5	4	4	8	4	1	1	8	35.00	4.4277	
7	7	6	6	4	8	7	4	1	43.00	4.3916	
8	6	4	4	4	8	5	8	1	40.00	4.749	
9	5	3	3	4	8	4	1	1	29.00	2.642	
10	5	5	5	2	1	6	4	8	36.00	4.9278	
11	4	4	4	2	1	5	8	8	36.00	5.5708	
12	3	3	3	2	1	4	1	8	25.00	3.4638	
13	7	5	5	6	8	6	4	8	49.00	5.8917	6
14	6	4	4	6	8	5	8	8	49.00	6.5347	5
15	5	2	2	6	8	3	1	8	35.00	4.1421	
16	6	4	4	6	4	5	4	8	41.00	5.3919	
17	5	5	5	6	4	6	8	8	47.00	6.6061	4
18	4	2	2	6	4	3	1	8	30.00	3.9279	
19	5	4	4	2	1	2	4	8	30.00	4.3209	
20	4	5	5	2	1	3	8	8	36.00	5.5351	
21	3	3	3	2	1	1	1	8	22.00	3.1425	
22	6	4	4	4	4	2	4	1	29.00	3.2849	
23	5	6	6	4	4	4	8	1	38.00	4.7847	
24	4	3	3	4	4	1	1	1	21.00	2.1065	
25	6	5	5	1	1	3	4	1	26.00	3.035	
26	5	5	5	1	1	3	8	1	29.00	3.9636	
27	4	4	4	1	1	2	1	1	18.00	1.8566	

Tabla B2. Matriz de selección de la configuración de los motores y la transmisión



Matriz para la determinación del índice de desempeño.

Parámetros	Número de posibles soluciones																												Dec Pos	Factor de peso	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
Seguridad del tanque de gasolina	0	0	1	1	1	1	0																						4	0.1429	
Seguridad de baterías	1							1	1	1	1	1	0																6	0.2143	
Inercia de baterías		1						0						1	1	1	1	0											5	0.1786	
Inercia del tanque			0					0					0					1	0	1	0								2	0.0714	
Accesibilidad de tanque				0					0					0				0			0	0	0						0	0.0000	
Accesibilidad de baterías					0					0					0				1			1			1	0			3	0.1071	
Ventilación de baterías						0					0					0				0		1		1	0	0			1	0.0357	
Distribución de cargas							1						1				1					1		1		1	1		7	0.2500	
																													TOTAL	28	100%

Tabla B3. Factor de peso de posición del tanque y las baterías

Matriz de decisión para la configuración del VIIUM

	Propiedades							Total	Índice de desempeño	Posición
	Seg. tanq.	Seg. Bat.	Incr. Bat.	Incr. Tanq.	Acces. Bat.	Vent. Bat.	Dist. Cargas			
Factor de peso	0.14286	0.21428	0.17857	0.071428	0.1071428	0.035714	0.25	1.00		
Configuraciones										
1	2	4	1	5	2	1	1	16	18.1784664	
2	3	4	1	3	2	1	1	15	17.1784756	
3	5	4	2	5	5	2	5	28	32.1426964	1
4	4	3	2	5	4	1	2	21	23.892736	
5	3	3	3	5	4	5	1	24	26.8212864	
6	4	4	3	5	4	5	3	28	31.6784056	
7	4	5	3	5	4	5	1	27	30.3926908	
8	4	5	2	5	4	1	1	22	25.0712908	
9	4	5	2	5	4	1	1	22	25.0712908	
10	4	5	3	5	4	5	1	27	30.3926908	
11	3	3	3	5	4	5	1	24	26.8212864	
12	4	3	4	5	5	1	4	26	29.8569928	5
13	3	5	3	5	3	1	4	24	27.7498476	
14	5	4	4	5	5	2	1	26	29.4998468	
15	3	2	3	3	5	5	3	24	27.0712932	
16	3	3	3	3	5	5	5	27	30.7855576	
17	4	2	5	3	5	2	5	26	29.9641408	3
18	3	5	3	3	3	2	3	22	25.392716	
19	3	4	3	3	5	5	5	28	31.9998324	2
20	4	4	3	3	5	5	4	28.00	31.8926924	4

Tabla B4. Matriz de selección de la configuración del tanque y las baterías

## Apéndice C

### Pasos básicos para el modelado de sólidos paramétrico.

Los modeladores de sólidos paramétricos, como Pro-Engineer, CATIA, SolidEdge, SolidWorks, Unigraphics, Ideas, MechanicalDesktop, Inventor, entre otros, son las herramientas más avanzadas del diseño asistido por computadora (CAD).

Desde hace cinco años aproximadamente la industria ha empezado a integrar estos sistemas a su proceso de diseño, con el fin de automatizar el proceso de plasmar las ideas en métodos gráficos, que permitan realizar los procesos de manufactura.

Los modeladores de sólidos tienen la finalidad principal de realizar prototipos virtuales, permitiendo realizar cambios a un costo muy bajo.

Otra gran ventaja es la capacidad de realizar ensambles y verificar interferencias entre piezas.

Inventor R5.3 es un modelador de sólidos paramétricos, de la firma Autodesk. Para modelar parametricamente con este software existe el siguiente método:

1. Realizar un bosquejo que contenga en su construcción el intento de diseño, esto significa que esta figura bidimensional debe contener la mayor cantidad de información posible que permita desarrollar la construcción de manera inteligente.
2. Una vez realizado el bosquejo, este debe ser restringido geoméricamente, para asegurar que la edición sea predecible.
3. Para completar el bosquejo este debe ser dimensionado con el fin de definir su tamaño. El dimensionamiento se puede realizar en base a parametros establecidos previamente, los cuales pueden ser variables de diseño\*, estos parametros se pueden manejar de manera interna o externa, empleando una tabla de excel\*\*. También se pueden establecer relaciones aritméticas, algebraicas y trigonométricas entre las dimensiones, para poder editar el modelo de manera inteligente.
4. Realizar construcciones con las herramientas básicas, extrusiones y revoluciones, cuyos valores pueden establecerse de forma paramétrica.

5. Una vez realizadas las construcciones básicas, empleando planos auxiliares y construcciones alternativas como barridos (sweep) y transformaciones geométricas (loft), se agregan acabados y detalles con herramientas de posición, tales como, filetes, chaflanes, costillas, cajas, etc.
6. Siguiendo estos pasos se obtendrá un modelo sólido el cual está basado en parámetros.
7. Para realizar un ensamble se relacionan varios modelos, por medio de restricciones geométricas entre planos, ejes y puntos.

\* Las variables de diseño representan, en términos geométricos, propiedades físicas que establecen el funcionamiento del modelo.

\*\* Para realizar el vínculo con una tabla de excel, es necesario crearla previamente, posteriormente dentro del modelo, se vincula dicha tabla desde la lista de parámetros, mediante una función.

## Referencias

1. Fuente: Automotive Engineering international (Febrero 2000). Pg. 39.  
Nombre del artículo: Through- the-Road (TTR) hybrid.
2. Fuente: <http://www.hybridcars.com/>
3. Fuente: Automotive Engineering international (Febrero 2000). Pg. 203.  
Nombre del artículo: Tokyo Motor Show.(Nissan)
4. Fuente: Automotive Engineering international (Febrero 2000). Pg. 208.  
Nombre del artículo: Tokyo Motor Show.(Mitsubishi)
5. Fuente: Automotive Engineering international (Febrero 2000). Pg. 214.  
Nombre del artículo: Tokyo Motor Show.(Subaru)
6. Fuente: Automotive Engineering international (Octubre 1999). Pg. 55.  
Nombre del artículo: Insight by Honda.
7. Fuente: <http://www.hondacars.com/news/press.html?y=2000&r=443>
8. Fuente: <http://www.ott.doe.gov/hev/gmnews.html>
9. Fuente: [http://toyota.com/html/about/environment/news\\_awards/priussales.html](http://toyota.com/html/about/environment/news_awards/priussales.html)
10. Fuente: <http://www.hybridcars.com/>
11. Dijo Thomas Gross que es Diputado asistente en la Secretaría en el Departamento de Energía de la Oficina de Tecnología de Transporte, Eficiencia de Energía y Energía Renovable en Estados Unidos.  
Fuente: Automotive Engineering international (Febrero 2000).
12. Fundamentos de Diseño del Automóvil, DR. Cezary Szczepaniak, Compañía Editorial Continental S.A D.E C.V, México
13. CAD/CAM Perspective, Cranfield Computer Center, Cranfield University, Octubre 1994, pg.2.
14. Techniques for the mechanical design process. Pg 94
15. CAD/CAM Perspective, Cranfield Computer Center, Cranfield University, Octubre 1994, pg.10
16. Manual del Ingeniero Mecánico, Marks, Mc Graw Hill, pg. 15 – 83 a 15 – 85
17. Fundamentos de Física, D. Halliday, R. Resnick, CECSA, 1993, pg. 596-598
18. Fundamentos de Diseño del Automóvil, DR. Cezary Szczepaniak, Compañía Editorial Continental S.A D.E C.V, México