

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA



PRUEBA DE POTENCIA A LA TOMA DE FUERZA DE TRACTORES AGRÍCOLAS

Por:

**JESÚS MEDINA CORTES**

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

Prueba de potencia a la toma de fuerza de tractores agrícolas

Por:

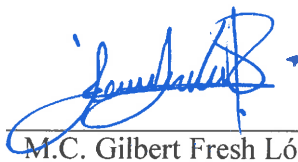
**JESÚS MEDINA CORTES**

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Gilbert Fresh López López

Asesor principal



M.C. Juan Antonio López López



Ing. Héctor Emilio González Ramírez

Coasesor



M.C. Sergio Sánchez Martínez

Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2021

# **AGRADECIMIENTOS**

## **A Dios**

Por darme la vida y sobre todo el derecho de ser llamado su hijo, por haberme escogido aun estando en el vientre de mi madre, amarme y darme libre albedrío. Por permitirme concluir satisfactoriamente esta etapa de mi vida, por gozar de sus bendiciones, y por la vida de todos aquellos que hicieron posible este proceso.

## **A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

Por haberme abierto sus puertas y con ello darme la oportunidad de una formación académica profesional como Ingeniero Mecánico Agrícola, por inculcarme valores, por darme las herramientas necesarias, así como una perspectiva para desempeñarme profesionalmente. Por hacer posible la relación con personas que fueron y aún siguen siendo de gran ayuda en mi formación, que estoy seguro de que, directa o indirectamente, aprendí de ellos.

## **Al Departamento de Maquinaria Agrícola**

Agradezco al personal (doctores, maestros, ingenieros, técnicos, secretarias, intendentes y demás personal que conforman este departamento) por su dedicación y compromiso. Por su ayuda y comprensión a lo largo de toda la carrera.

## **A mis asesores**

M.C. Gilbert Fresh López López, M.C. Juan Antonio López López e Ing. Héctor Emilio González Ramírez

Gracias por su apoyo y conocimiento brindado para la realización de este proyecto.

## **A mis compañeros**

Sin duda existen recuerdos inolvidables, que me atrevería a decir que fue una de las mejores etapas de nuestra vida y al concluirla en donde quiera que estén les deseo mucho éxito en todos sus proyectos y que cada adversidad que se les presente les ayude a emprender cosas aún mayores.

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor, cariño y respeto dedico la presente a todas las personas que hicieron posible que este proyecto concluyera satisfactoriamente.

### **A mis padres**

Sr. Magdaleno Medina Alavés y Sra. Nicolasa Cortes Reyes

Gracias por el apoyo tanto moral como económico en este proceso, gracias por su educación, por inculcarme valores y sobre todo por su paciencia, siempre estaré en deuda con ustedes. Al concluir este proyecto el logro obtenido es suyo.

### **A mis hermanos**

Benedicto Medina Cortes, Bernardo Medina Cortes, Ángel Medina Cortes, Eduwiges Medina Cortes y Rodrigo Medina Cortes

Gracias por su apoyo incondicional, por su ejemplo siendo personas de bien, de metas y arduo trabajo. Comparto con ustedes el logro de este proyecto porque estoy seguro de que de alguna u otra forma contribuyeron en él.

### **A mi esposa**

Catalina Ruiz Cruz

Gracias por el voto de confianza, por su compañía, apoyo y comprensión. Gracias por compartir este y muchos proyectos que hemos tomado, que a pesar de las adversidades e inexperiencia hemos sabido enfrentar nuestros temores.

### **Familiares y amigos**

Gracias por sus consejos, por su ayuda y motivación, ya que todo ello contribuyó a que el tiempo de este proyecto fuese agradable y de provecho.

**Gracias por acompañarme, comparto con todos ustedes el logro obtenido, porque todos aportamos nuestro granito de arena y llegamos a la meta.**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>IV. METODOLOGÍA</b> .....	<b>5</b>
<b>V. DESARROLLO DEL TEMA</b> .....	<b>6</b>
<b>5.1. El tractor agrícola</b> .....	<b>6</b>
5.1.1. Partes de un tractor agrícola .....	6
5.1.2. Puntos de aplicación de fuerza en un tractor agrícola .....	6
<b>5.2. Normas Oficiales Mexicanas (NMX) para la evaluación de equipos agrícolas vigentes</b> .....	<b>7</b>
<b>5.3. Importancia de la realización de pruebas de potencia a la toma de fuerza de tractores agrícolas (NMX-O-169-SCFI-2002)</b> .....	<b>8</b>
5.3.1. Antecedentes de la toma de fuerza del tractor .....	9
5.3.2. Geometría y régimen de giro de la toma de fuerza.....	9
<b>5.4. Dinamómetro para la prueba de potencia a la toma de fuerza</b> .....	<b>10</b>
5.4.1. Tipos de dinamómetro.....	10
5.4.2. Partes del dinamómetro de motor .....	11
<b>5.5. Método de prueba de potencia a la toma de fuerza de tractores agrícolas</b> .....	<b>12</b>
5.5.1. Asentamiento y ajustes preliminares: .....	13
5.5.2. Hoja de especificaciones técnicas.....	14
5.5.3. De la toma de fuerza principal (condiciones de la prueba) .....	16
5.5.4. Presentación gráfica de resultados.....	19
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>21</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>22</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>23</b>

## I. INTRODUCCIÓN

La mecanización del campo se presenta como un proceso complejo que es influenciado por múltiples factores: la adecuada administración y operación eficiente de las máquinas, aunado a una buena elección de cultivos con alta rentabilidad suelen ser los aspectos fundamentales para la adquisición de la maquinaria agrícola (Morales, 1995).

Paneque, Cuevas, Vila y Madero (1994), argumentan que para lograr optimizar la explotación de la maquinaria agrícola y establecer métodos de organización que aseguren el correcto aprovechamiento de los medios de mecanización, es necesario el estudio detallado de las propiedades de explotación de los conjuntos y en especial el relacionado con la fuente energética, ya que de ello depende en gran medida los indicadores técnico-económicos.

En la actualidad el tractor es la máquina básica o fundamental de la agricultura, por ello, es importante que el agricultor conozca sus características técnicas al momento de comprarlo para poder adaptarlo a su explotación (sistema de producción). De esta forma reducirá los costos de producción, contribuirá al ahorro energético y disminuirá la emisión de elementos contaminantes, nocivos hacia el medio ambiente (Larqué, Cortés, Sánchez, Ayala y Sangerman, 2012).

De acuerdo con lo anterior y con el fin de conocer las características básicas de los equipos, se han desarrollado estándares y normas como actividades dirigidas a establecer e implantar reglas con el objetivo de ordenar una actividad determinada para el beneficio de los agricultores y en particular para lograr la optimización de los equipos y cumpliendo las condiciones y los requisitos mínimos funcionales en general (Gaytán, SAGAR, INIFAP, JICA, AMIA y UACH, 2000).

Para impulsar la mecanización agrícola en el país, se requiere que la maquinaria y equipo agrícola que se comercializa en el mercado, estén regulados por normas de calidad que garanticen su adecuado funcionamiento y aseguren a los productores que están adquiriendo los equipos que responden a sus necesidades. Estas normas de regulación contemplan todo un proceso que inicia con la aplicación a los equipos, de las pruebas y evaluaciones

correspondientes y que, para ser completo y exitoso, debe concluir con la certificación de estos (Cortes, Álvarez y Gonzales, 2009).

En la actualidad en México se realizan pruebas al tractor agrícola, dentro de las que se encuentran: Pruebas de levante hidráulico, potencia a la barra de tiro, potencia a la toma de fuerza; dentro de las cuales, ésta última, se tratará el presente trabajo.

La presente investigación documental tiene como propósito exponer las pruebas y evaluaciones que se realiza a la maquinaria agrícola (tractor) en México y abordar la norma: Determinación de potencia a la toma de fuerza-Método de prueba (NMX-O-169-SCFI-2002).

## II. ANTECEDENTES

En la mayoría de los países industrializados se realizan pruebas a tractores agrícolas, a diferentes escalas y diferentes normas, pero las pruebas más conocidas a nivel mundial son las pruebas de Nebraska, las cuales se han venido realizando desde 1919. Que en un principio el objetivo era que los tractores vendidos dentro de los límites de dicho estado fuesen probados por el departamento de agricultura de la universidad de Nebraska, que los concesionarios tuvieran permisos y repuestos de tractores lo cual solo era concedido si pasaban la prueba, que el fabricante mantuviera una red de servicios en el estado, y se consideraba ilegal el uso parcial de los resultados de las pruebas (Castro, 1995).

Años después del inicio de las pruebas de Nebraska, todo el país adoptó las pruebas a tractores agrícolas, para después asociarse a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) asegurando que los tractores estuvieran funcionando según las afirmaciones de los fabricantes. La (OCDE) trazó sus rutas hasta la Organización para la Cooperación Económica Europea (OECE), la cual permitió la unión de 40 países. Los códigos o estándares de rendimiento se desarrollaron a partir de los códigos de Nebraska, por esta misma razón la reciprocidad entre los códigos de prueba de tractores de la (OCDE) Y Nebraska redujeron en gran medida la cantidad de pruebas redundantes que se realizaban ya que los mismos tractores se comercializaban en diferentes países (Ingle, 2011).

La normalización de tractores a nivel internacional se realiza a través de diferentes organismos reconocidos que cuentan con una normativa para la evaluación del desempeño de los equipos, tanto de productos como de servicios, estas normas son: ISO (Organización Internacional de Estandarización), las SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices), los códigos de la OECD (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo). Las normas desarrolladas por ISO es una red de los institutos de normas nacionales de 164 países las cuales son voluntarias, comprendiendo que ISO es un Organismo no gubernamental y no depende de ningún otro organismo internacional, por lo tanto, no tiene autoridad para imponer sus normas a ningún país (Mhurpy, CN y Yates, 2009).

Crossley y Kilgour (1983), mencionan que la principal razón para llevar a cabo pruebas es determinar el funcionamiento de una máquina o implemento.



En México la estandarización de maquinaria agrícola data a finales de la década de los 80's y principios de la década de los 90's, cuando se inició al proceso de desarrollo y establecimiento del sistema de estandarización y certificación de la maquinaria agrícola. Esto como resultado de la iniciativa de fabricantes y comercializadores, asociaciones de productores agrícolas, profesionistas e investigadores; se argumentaba que, dadas las condiciones que prevalecían en el mercado, era necesario establecer normas mexicanas para estimular la mejora de la calidad y desempeño de la maquinaria agrícola en México. Las etapas de desarrollo, para este propósito estaban gestionadas por la SAGARPA. En octubre de 1998 fue formalizado el proyecto de cooperación, para realizarse de marzo de 1999 a febrero del 2004, con el objetivo principal de establecer el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA) en el campo experimental del Valle de México del INIFAP (Jiménez, SAGAR, INIFAP, JICA, AMIA y UACH, 2000).

El uso de tractor agrícola ha sido un factor clave para el desarrollo de competitividad. El uso de los tractores permite trabajar tierras llevándola a producción, disminuyendo costos de producción, posibilitando vencer la escasez estacional de mano de obra y liberar trabajo en periodos críticos para otras tareas productivas (Palacios y Ocampo, 2012).

Ayala, Cervantes, Audelo, Velásquez y Vargas (2013), argumentan que la certificación de productos es una actividad por la cual se asegura por escrito que un producto cumple con los requisitos especificados satisfaciendo todas las partes interesadas con la misma eficacia. La Certificación de Producto es un proceso que comprende la realización de auditorías en las empresas objeto de certificación, mediante la evaluación de los sistemas de calidad y de producción de las empresas, mediante la evaluación de ensayos de muestras tomadas en fábrica y de los productos finales. Llevando a cabo las siguientes funciones:

Funciones:

- i. Comunicar la Calidad de los Productos y Servicios Certificados.
- ii. Aumentar la confianza de los consumidores finales.
- iii. Argumentar la selección de productos.
- iv. Diferenciarse de la competencia.

### **III. OBJETIVOS**

#### **General**

- i. Recopilar información acerca de las normas de pruebas y evaluación de la maquinaria agrícola profundizando en la norma (NMX-O-169-SCFI-2002).

#### **Específicos**

- i. Identificar los métodos de prueba a la (TDF) de un tractor agrícola y comprender la importancia de estos.
- ii. Brindar información de apoyo a estudiantes o personal en general que lo requiera que facilite la comprensión de las normas de pruebas y evaluación de la maquinaria agrícola en México.

### **IV. METODOLOGÍA**

- i. Investigación documental
- ii. Navegación y consultas de fuentes en internet
- iii. Métodos teóricos: inductivo, deductivo y análisis

## V. DESARROLLO DEL TEMA

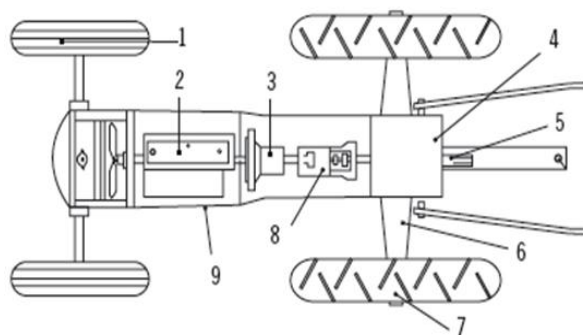
### 5.1. El tractor agrícola

La evolución de los sistemas de producción ha permitido la incorporación de maquinaria para permitir optimizar las actividades en las labores agrícolas, una de las fuentes de potencia es el tractor agrícola que a continuación se describe.

#### 5.1.1. Partes de un tractor agrícola

Yandun (2014), menciona las partes principales que componen un tractor agrícola (Figura 5.1):

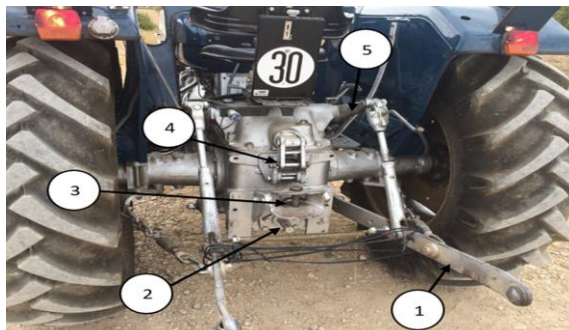
1. Ruedas motrices
2. Motor
3. Embrague
4. Diferencial
5. Toma de fuerza
6. Palier y reproducción final
7. Ruedas motrices
8. Caja de cambios y grupo reductor
9. Bastidor



**Figura 5.1 Partes del tractor agrícola.**  
<http://reader.digitalbooks.pro/book/preview/18881/C1.html>

#### 5.1.2. Puntos de aplicación de fuerza en un tractor agrícola

1. Brazo hidráulico
2. Toma de fuerza (TDF)
3. Barra de tiro
4. Conexión de tercer punto
5. Levante hidráulico



**Figura 5.2 Puntos de aplicación de fuerza en un tractor agrícola.**  
(<https://pt.slideshare.net/luisaguilarr/tractor-agricolas-y-las-partes-internas-del-motor/8>)

## **5.2. Normas Oficiales Mexicanas (NMX) para la evaluación de equipos agrícolas vigentes**

Las normas oficiales son revisadas y actualizadas permanentemente con la información publicada en el diario oficial de la federación, por las dependencias normalizadoras, organismos nacionales de normalización y comités técnicos de normalización nacional (Ayala *et al.*, 2013).

1. **NMX-O-168-SCFI-2009:** Tractores, implementos y maquinaria agrícola. Sembradoras mecánicas y/o fertilizadoras en hileras con dosificador mecánico– Especificaciones y Método de Prueba (cancela a la nmx-o-168-scfi-2002).
2. **NMX-O-169-SCFI-2002:** Tractor agrícola – Determinación de potencia a la Toma de fuerza – Método de prueba.
3. **NMX-O-179-SCFI-2009:** Tractores, implementos y maquinaria agrícola - Aspersoras tipo aguilón - Especificaciones de calidad y Método de prueba (cancela a la nmx-o-179scfi-2002).
4. **NMX-O-181-SCFI-2003:** Tractor agrícola – Cabinas y Marcos de protección de tractores agrícolas y forestales –Especificaciones y Método de prueba (Prueba Estática).
5. **NMX-O-182-SCFI-2003:** Tractores implementos y maquinaria agrícola - Arados de discos - Especificaciones y Método de prueba.
6. **NMX-O-183-SCFI-2003:** Tractores implementos y maquinaria agrícola -Rastras de discos de levante - Especificaciones y Método de prueba.
7. **NMX-O-203-SCFI-2004:** Tractor agrícola – Determinación de potencia y fuerza de tracción a la barra de tiro – Método de prueba
8. **NMX-O-226-SCFI-2015:** Maquinaria agrícola y forestal- Ensayos para desbrozadoras y cortadoras de césped portátiles, manuales y motorizadas-Máquinas equipadas con un motor de combustión interna.
9. **NMX-O-227-SCFI-2015:** Maquinaria forestal corta setos manuales motorizadas – Especificaciones y Métodos de prueba.
10. **NMX-O-228-SCFI-2015:** Maquinaria forestal- Motosierras de cadena portátiles- Motosierras para servicio forestal.

11. *NMX-O-229-SCFI-2015*: Maquinaria agrícola y forestal - Pulverizadoras por flujo de aire de mochila con motor de combustión interna.
12. *NMX-O-222-SCFI-2004*: Tractores implementos y maquinaria agrícola - Sembradoras neumáticas de precisión - especificaciones y Método de prueba.
13. *NMX-O-221-SCFI-2004*: Tractores e implementos. Trilladoras de frijol estacionarias Especificaciones y Métodos de prueba.

De estas normas cinco tienen que ver con tractores agrícolas, tres con equipo forestal, cuatro con implementos y una con equipo pos-cosecha.

### **5.3. Importancia de la realización de pruebas de potencia a la toma de fuerza de tractores agrícolas (*NMX-O-169-SCFI-2002*)**

Hay que tener en cuenta que el tractor es la máquina básica en la agricultura actual. Por ello, es importante que el agricultor conozca bien sus características a la hora de comprarlo. En un tractor se pueden medir muchas potencias, específicamente la potencia de motor la cual se puede separar en tres grupos, según el tipo de potencia que miden: potencia bruta, potencia neta y potencia útil. En esta última la potencia se mide en el eje de la toma de fuerza del tractor. Por este motivo este es el dato de potencia más interesante para los agricultores (Arnal, 2001).

A fin de verificar que las especificaciones técnicas de un tractor o equipo agrícola que se comercializa respeten lo establecido en su ficha técnica, es decir que realmente cumpla con lo que dice el fabricante, se hace presente esta necesidad de validar dichos datos, por medios de pruebas reales y concisas, conforme a disposiciones oficiales. El Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA) se encarga de realizar dichas pruebas al margen de las normas oficiales mexicanas ya establecidas. En el caso específico de la prueba de potencia a la toma de fuerza se basa en la norma oficial mexicana *NMX-O-169-SCFI-2002*.

Ayala, Audelo, Cervantes, Sangerman, Sánchez y Garay (2012), argumentan que la importancia de dicha prueba es para acertar que el equipo está garantizando la potencia especificada por el fabricante, de esta manera se puede tomar como algo rentable incrementando su productividad. También hace mención que en base a estas pruebas las

instituciones de financiamiento y gubernamentales cuentan con información técnica sobre el comportamiento evaluando la conveniencia de su uso para que posteriormente sean certificados y circulen en el mercado como productos de calidad que apoyan el trabajo de los productores agropecuarios. Como tal, el certificado supone una ventaja durante la toma de decisiones del productor, es decir, el usuario no depende sólo de la información suministrada por el fabricante al elegir su equipo, sino que se puede apoyar del dictamen emitido por el Organismo.

### 5.3.1. Antecedentes de la toma de fuerza del tractor

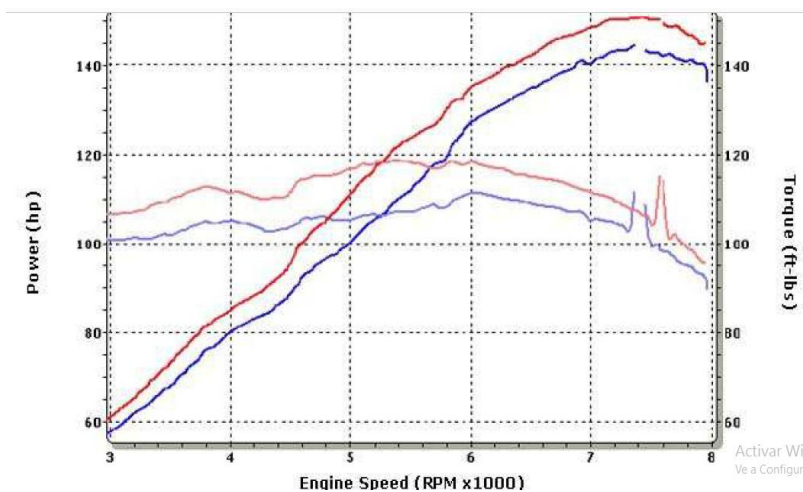
Las primeras tomas de fuerzas se desarrollaron a principios del siglo XX para el accionamiento de máquinas de recolección. La evolución de la TDF se puede agrupar en dos aspectos, el primero relacionado con el modo de accionamiento y el segundo con la geometría. En su primera concepción esta recibía el movimiento directamente del motor, por esta razón esta se accionaba cuando el tractor estaba en marcha embragado. Posteriormente en este mismo siglo se desarrolla la TDF semi-dependiente este sistema se basaba en un embrague doble; esto permitía tener la TDF accionada y el tractor parado. Para independizar totalmente la TDF se usa el sistema anterior con la diferencia que existen dos palancas diferentes para el accionamiento del embrague. Hoy en día los tractores incorporan TDF con embrague propio, en línea con los sistemas de transmisión independiente. Estos embragues suelen ser multidisco en baño de aceite con accionamiento electrohidráulico (Delgado, 2003).

### 5.3.2. Geometría y régimen de giro de la toma de fuerza

La toma de fuerza la podemos definir como un eje de rotación que transmite energía para el accionamiento de las máquinas acopladas al tractor. Existen tres tipos de ejes los cuales son universales: estándar (de seis estrías y 3.5 centímetros de diámetro) el cual gira a 500 revoluciones por minuto, de trabajo pesado (de 21 estrías y 3.5 centímetros de diámetro) gira a 1000 revoluciones por minuto y especial (de 20 estrías y 4.5 cm de diámetro) gira a 1000 revoluciones por minuto. Cabe mencionar que las tomas de fuerza pueden ser hidráulicas o mecánicas, aunque la mayoría de los tractores modernos vienen equipados con la primera (Martínez, 2017).

## 5.4. Dinamómetro para la prueba de potencia a la toma de fuerza

Chávez (2007), describe que un dinamómetro es un dispositivo mecánico el cual permite aplicar carga sobre un motor proporcionándole un torque opuesto a su giro, simulando su trabajo en la vida real en la que el motor debe entregar la potencia para impulsar un vehículo o entregar el torque máximo. Expone el siguiente diagnóstico (Figura 5.3) arrojado por el escáner de un dinamómetro. Explica que las líneas rojas, es la evaluación del motor después de una modificación. Y las líneas azules es el comportamiento de un motor sin modificación.



**Figura 5.3 comportamiento de motor en dinamómetro.**

*(Fuente: Chavez 2007 diseño y automatización de un dinamómetro hidráulico para motores de combustión interna con potencia menor de 50 hp.)*

### 5.4.1. Tipos de dinamómetro

#### Dinamómetro de motor

Barona y Rosas (2012), justifican que el dinamómetro de motor permite obtener el comportamiento de curvas de características de motores de combustión interna, como son: par motor, potencia, consumo de combustible y ver la distribución de energía entregada (Figura 5.4).



**Figura 5.4 Dinamómetro de motor.**

*(Fuente: (Barona.,Et al 2012 Elaboracion de un manual de mantenimiento para dinamómetro de chasis lps 3000, instalado en el centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación de control de emisiones vehiculares (ccicev))*

Dinamómetros de chasis

Cerecero (2013) describe que es un tipo de herramienta de rodillos en las cuales las ruedas motrices del vehículo impulsan los rodillos que se encuentran acoplados a la unidad de absorción de potencia. permitiendo medir la potencia y el par motor en las ruedas motrices del vehículo en base a las gráficas de comportamientos (Figura 5.5)



**Figura 5.5 Dinamómetro de chasis.**

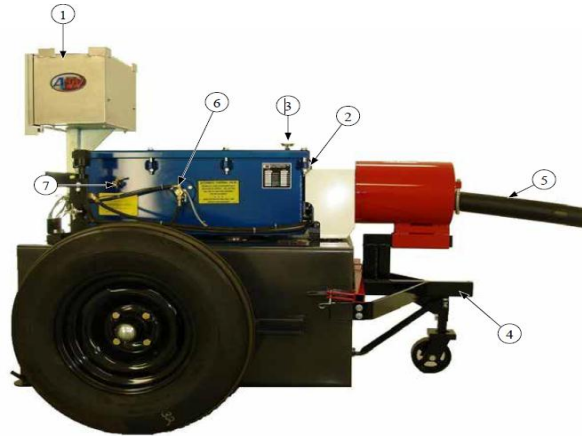
*(Fuente: (Barona.,Et al 2011 Elaboración de un manual de mantenimiento para dinamómetro de chasis lps 3000, instalado en el centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación de control de emisiones vehiculares (CCICEV))*

5.4.2. Partes del dinamómetro de motor



Existen diferentes tipos de dinamómetros de motor, aquí se hace mención de un dinamómetro de motor para la prueba de potencia a la toma de fuerza de tractores agrícolas (figura 5.6).

1. Computadora de potencia
2. Válvula de control de carga
3. Termómetro
4. Barra de prueba peso muerto
5. Eje de la TDP
6. Fusible térmico
7. Visor de nivel del agua



**Figura 5.6 Partes del dinamómetro.**  
(AW Dynamometer, Inc manual del operador)

### **5.5. Método de prueba de potencia a la toma de fuerza de tractores agrícolas**

Para medir la potencia a la toma de fuerza, la metodología utilizada para su determinación se define en la **NMX-O-169-SCFI-2002**. Esta norma mexicana establece el método de prueba para determinar la potencia a la toma de fuerza desarrollada por los tractores agrícolas que se comercialicen en la República Mexicana. Tractor agrícola – determinación de potencia a la toma de fuerza (NMX-O-169-SCFI-2002, 2002).

La aplicación de este método permite medir variables de desempeño como el consumo de combustible, frecuencia de rotación, torque en la toma de fuerza, energía específica, torque al cigüeñal.

Requerimientos para realizar la prueba de toma de fuerza (TDF) del tractor agrícola en base a la norma NMX-O-169-SCFI-2002.

- i. Dinamómetro con una capacidad de absorción de 300 kW y 1400 Nm.
- ii. Tractor de prueba.
- iii. Medidor volumétrico de combustible de precisión.

- iv. Equipo de laboratorio para la medición de la densidad y viscosidad de combustible.
- v. Extractor de gases.
- vi. Sistema de adquisición para la visualización y almacenamiento de datos.
- vii. Plataforma de levante para ajuste de altura del dinamómetro.
- viii. Medidor de la densidad del humo de escape del tractor.
- ix. Estación meteorológica para la visualización y almacenamiento de las condiciones atmosféricas.

#### 5.5.1. Asentamiento y ajustes preliminares:

- i. El tractor debe ser nuevo y asentado por el fabricante antes de la prueba, en colaboración con la Estación de pruebas, bajo la responsabilidad del fabricante y de acuerdo con sus instrucciones usuales. Sí este procedimiento no es práctico debido a que el tractor es un modelo importado, la estación de pruebas puede realizar el asentamiento del tractor al tener la autorización del fabricante o su representante, quien se mantendrá como responsable del asentamiento. El asentamiento de un tractor consiste en someter al motor bajo carga desde el principio, es decir deberá trabajar con una herramienta pesada que le exija la fuerza conforme a la potencia relacionada con el mismo. El tiempo de asentamiento puede variar dependiendo el tamaño del motor, puede ir de 200 a 400 horas, en ese lapso podremos observar que el comportamiento del tractor va variando gradualmente. El asentamiento o ablande es uno de los factores que más contribuye para el buen desempeño del motor y asegurar su vida útil, sin dificultades prematuras.

Albarracin (2007), asegura que el asentamiento o despegue de dos superficies que van a trabajar moviéndose la una con respecto a la otra en el mecanismo de un equipo, es la etapa más importante en la vida del mecanismo y de ella dependerá que alcance su vida a la fatiga o que ésta se vea reducida considerablemente (conocida como mortalidad infantil).

- ii. El ajuste del carburador o la bomba de inyección y el ajuste del gobernador deberá estar de acuerdo con las especificaciones dadas por el fabricante.

- iii. El fabricante puede hacer ajustes en conformidad con las especificaciones durante el período previo a la prueba. Estos ajustes no podrán ser cambiados durante la prueba.
- iv. El reporte de pruebas debe indicar el lugar y duración del asentamiento.

### 5.5.2. Hoja de especificaciones técnicas

Ejemplo de ficha técnica de un tractor internacional TL95E (Figura 5.7).

TL95E - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
<b>Motor</b>		<b>Sistema de dirección</b>	
Marca	MWM-Internacional	Tipo	Hidrostática
Potencia a 2.400 rpm (ISO TR14396)	103 cv (76 kW)	Bomba independiente	Engranajes
Torque máximo (1.400 rpm)	372 Nm	Caudal	32,7 /min
Número de cilindros/aspiración	4/Turbo		
Cilindrada	3.922 cm <sup>3</sup>	<b>Tracción delantera</b>	
Bomba de inyección	Rotativa Delphi	Accionamiento	Electrohidráulico
Filtro de aire	Doble seco		
Refrigeración	Por agua	<b>Frenos</b>	
Filtro sedimentador de combustible	Estándar	Tipo	Disco en baño de aceite
		Accionamiento del freno	Hidráulico
<b>Embrague</b>		Pedales dobles interacoplables tipo	Suspendidos
Material de disco	Cerámético	Actuación (4x4)	En las 4 ruedas
Accionamiento	Mecánico	Freno de estacionamiento	Manual
<b>Transmisión</b>		<b>Panel de instrumentos</b>	
Tipo	Sincronizada	Horímetro, indicador de combustible, indicador de temperatura, tacómetro, luces de	
Velocidad adelante y atrás	12x12	advertencia, presión de aceite, alternador, restricción del filtro de aire,	
Velocidad adelante y atrás con ultra lenta (opcional)	20x12	Bloqueo del diferencial, accionamiento de la TDF y luces direccionales.	
Posición de palancas	Lateral		
<b>Bloqueo del diferencial</b>		<b>Capacidades</b>	
Accionamiento	Mecánico	Tanque de combustible	110
Actuación	Eje trasero	Tanque auxiliar*	55
		*opcional dependiendo del mercado	
<b>Toma de fuerza</b>		Peso (4x2 / 4x4)	3.870 / 4.150 Kg
Tipo	Independiente		
Rotación	540 rpm	<b>Lastre</b>	
Rotación sistema sincronizado con la rueda proporcional al desplazamiento		Soporte con 4 pesas frontales	
Accionamiento	Mecánico	6 pesas en las ruedas trasera	
Diámetro del eje/nº de estrías	35 mm/6	Neumáticos estándar	
		Neumático delantero (4x2 / 4x4)	9,0 x 16 / 14,9 x 24
<b>Sistema hidráulico</b>		Neumático trasero (4x2 /4x4)	18,4 34 / 18,4 x 34
Bomba	Independiente a engranajes		
Caudal/presión	44,5 L/min - 194 Kgf/cm <sup>2</sup>		
Portaimplementos	Categoría II		
Lift-O-Matic	Memoria mecánica de posición		
Capacidad de levante hidráulico a 610 mm del ojal	3.340Kjf		
Válvula de control remoto	2		

**Figura 5.7 Ficha técnica de tractor internacional tl95e.**  
(Fuente: <https://studylib.es/doc/7396383/descargar-ficha-t%C3%A9cnica>)

- i. El fabricante del tractor debe entregar una especificación del tractor que consista en los parámetros enlistados en el formato del reporte de pruebas, así como de

cualquier otro dato necesario para conducir las pruebas. Estas especificaciones técnicas deben ser revisadas tanto como sea posible por la estación de pruebas.

- ii. Mientras se revisan las dimensiones: El tractor deberá estar parado sobre una superficie horizontal indeformable. Las dimensiones de la longitud y anchura son medidas entonces sobre líneas horizontales y aquellos de alturas en líneas verticales.
- iii. El vehículo deberá estar estacionario con sus ruedas u orugas, y componentes en la posición que deberían si fueran avanzando en línea recta, a menos que se especifique de otra manera.
- iv. Las definiciones de las dimensiones aplican para vehículos nuevos normalmente equipados, la presión en las llantas neumáticas es ajustada para dar el índice de radio dinámico apropiado al tamaño de la llanta (Figura 5.8).



**Figura 5.8 Presión de llantas.**

(fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=41BP-KFpafQ>)

- v. Combustibles y lubricantes: deberán ser seleccionados de los disponibles comercialmente en el país donde el equipo es probado, pero deberán cumplir las normas mínimas aprobados por el fabricante del tractor.

#### Equipo auxiliar

- i. Para todas las pruebas, los accesorios tales como la bomba de levante hidráulico o el compresor de aire pueden ser desconectados solamente si es práctico para el operador hacerlo como una práctica normal del trabajo, de acuerdo con el manual y sin utilizar herramientas, a menos que se estipule de otra manera para una prueba

particular. Sí no, los accesorios deberán permanecer conectados y operados a una carga mínima.

- ii. Condiciones de operación: La presión atmosférica no deberá ser menor a 96,6 kPa. Si esto no es posible debido a las condiciones de altitud, se aplicarán los factores de corrección de potencia y las fórmulas de corrección de potencia especificadas en la norma SAE J1349. La presión debe ser anotada en el reporte. Condiciones estables de operación deben ser logradas en cada ajuste de carga antes de empezar las medidas de la prueba.
- iii. Consumo de combustible: Cuando el consumo se mide por la masa, para obtener el consumo por hora por volumen y el trabajo desempeñado por unidad de volumen de combustible, una conversión de unidades de masa a unidades de volumen debe hacerse usando el valor de la densidad del combustible a 15 °C.
- iv. Cuando el consumo es medido por volumen, la masa del combustible por unidad de trabajo debe ser calculada usando la densidad correspondiente a la temperatura del combustible a la cual la lectura o medida fue tomada. Esta cantidad debe luego ser usada para obtener el consumo en volumen por hora y el trabajo desempeñado por unidad de volumen de combustible, usando el valor de la densidad a 15 °C.

### 5.5.3. De la toma de fuerza principal (condiciones de la prueba)

Los valores del torque y potencia en el reporte de prueba deberán ser obtenidos del dinamómetro sin correcciones por pérdidas en la transmisión de potencia entre la toma de fuerza y el dinamómetro. En todas las pruebas, la flecha que conecta la toma de fuerza al dinamómetro no deberá tener ningún ángulo apreciable (horizontal o vertical).

- i. La temperatura ambiente deberá ser de 23°C. Si, en la prueba de banco se usa un aparato (extractor) para la descarga del gas del escape, éste no debe cambiar el funcionamiento del motor.
- ii. Las pruebas deberán ser conducidas de manera continua.

Potencia máxima

Sugiere que el control del gobernador debe estar ajustado para su potencia máxima (Figura 5.9), el tractor operara dentro de un período de dos horas después de un tiempo suficientemente largo de calentamiento para que la potencia se estabilice.



**Figura 5.9 Gobernador de un tractor.**

*(Fuente: <https://www.ebay.com/itm/FORD-9N-TRACTOR-ENGINE-GOVERNOR-ASSY-/124360919609? ul=DO>)*

La potencia máxima referida en el reporte de prueba debe ser el promedio de las lecturas realizadas durante el período de dos horas. Si las variaciones de potencia se desvían por más del 2% del promedio, la prueba debe ser repetida. Si la variación continúa, la desviación debe ser señalada en el reporte.

No menos de seis lecturas deben ser realizadas durante el período de prueba de dos horas, espaciadas uniformemente durante el período.

Pruebas con carga completa y velocidad variable:

Se toma como testigos o función de velocidad el consumo de combustible por hora, torque y potencia. La velocidad del motor tiene que ser mínimo del 15% debajo de la velocidad a la cual ocurre el máximo torque o a una velocidad del motor al menos 50 % de la velocidad nominal del motor, cualquiera que sea la más baja, esto para tener el dibujo de las curvas de comportamiento.

Con cargas variables:

El control del gobernador debe ser ajustado para potencia máxima: velocidad estándar de la toma de fuerza (540 rpm a 1 000 rpm).

El torque que corresponde a la máxima potencia disponible a la velocidad nominal del motor y a la velocidad estándar de la toma de fuerza. Torque, velocidad del motor y consumo de combustible por hora deberá ser registrado a las siguientes cargas:

- i. 85 % del torque obtenido.
- ii. 75 % del torque definido.
- iii. 50 % del torque definido.
- iv. 25 % del torque definido.
- v. Descargado.

Ayala *et al.*, (2013), señala que el combustible (diésel) de la máquina (tractor) tiene relación directa con la potencia, ya que entre mayor sea la carga de potencia, mayor será el consumo de combustible (Figura 5.10). Esto según las pruebas realizadas por el CENEMA a tractores agrícolas en 2013.

Rango de potencia (hp)	Consumo promedio de combustible (litros/hora)
18,1-20	5,41
20,1-30	6,55
30,1-40	8,63
40,1-50	10,72
50,1-60	13,71
60,1-70	16,14
70,1-80	18,18
80,1-90	18,88
90,1-100	22,02
100,1-110	23,51
110,1-120	24,82
120,1-130	29,31
130,1-140	30,65

**Figura 5.10 Consumo de combustible en tractores certificados.**

(fuente: *Impacto de las pruebas de tractores agrícolas en México: determinación de potencia a la toma de fuerza, levante hidráulico, cabinas y marcos de seguridad*)

En adición a las medidas del funcionamiento requeridas arriba, las siguientes deberán ser anotadas:

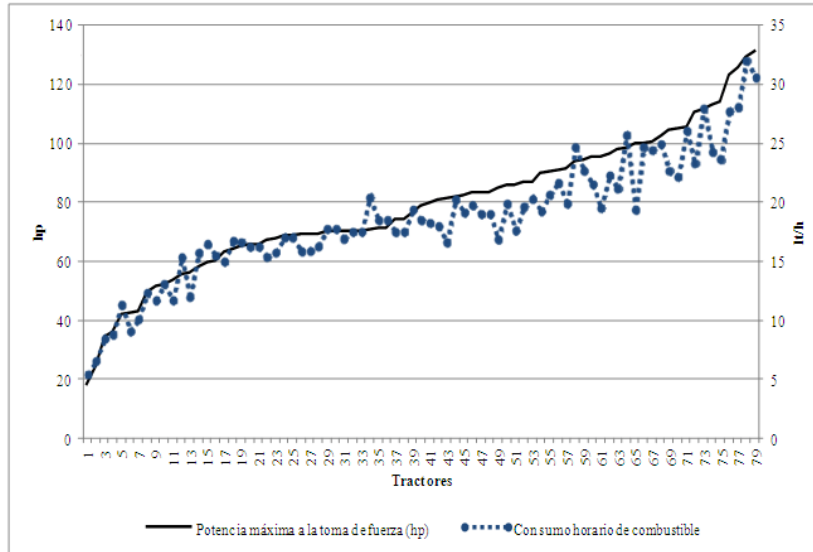
1. Temperatura del combustible en un punto adecuado entre el tanque y el motor.
2. Temperatura del aceite en un punto adecuado en el flujo de aceite.
3. La temperatura del refrigerante afuera del block de cilindros o cabeza de cilindros antes del termostato o, en el caso de motores enfriados por aire, la temperatura del motor en un punto especificado por el fabricante.
4. La temperatura del aire medida en dos puntos: uno aproximadamente 2 m en frente del tractor y aproximadamente 1,5 m sobre el suelo, la otra en la entrada de aire del motor.
5. La presión atmosférica.
6. La humedad relativa del aire.

#### 5.5.4. Presentación gráfica de resultados

El reporte de prueba debe incluir las curvas de comportamiento realizadas en todos los números de velocidades del motor.

1. Potencia como función de la velocidad (indicando la velocidad estándar de la toma de fuerza);
2. Torque equivalente del cigüeñal como función de la velocidad (excepto para la transmisión de fluidos)
3. Consumo específico y por hora de combustible como función de la velocidad
4. Consumo específico de combustible como función de la potencia (Figura 5.11)





**Figura 5.11 Consumo de combustible en tractores certificados.**  
 (fuente: *Impacto de las pruebas de tractores agrícolas en México: determinación de potencia a la toma de fuerza, levante hidráulico, cabinas y marcos de seguridad*)

## **VI. CONCLUSIONES**

La recopilación de la presente información señala la importancia de hacer pruebas y evaluaciones de la maquinaria agrícola que se comercializa en el país, porque esto permite que se tenga un amplio conocimiento de las características reales de los equipos que han sido probados.

Con esta información podemos concluir que la realización de la prueba de potencia a la toma de fuerza es la más importante de las pruebas aquí mencionadas, ya que esta nos permite conocer a ciencia cierta la potencia útil del motor, es decir la potencia que realmente llega a la toma de fuerza y acciona los implementos aquí conectados, lo cual se reduce a un ahorro de costos y con ello un sinnúmero de beneficios. Uno de estos beneficios es que con los resultados obtenidos de la prueba el equipo será certificado como un equipo de calidad (si éste cumplió sus especificaciones), con ello el mercado es mejor controlado y las partes involucradas, vendedor, instituciones financieras, instituciones gubernamentales y consumidor tienen un mejor control del equipo comercializado (especificaciones técnicas comprobables).

## **VII. RECOMENDACIONES**

- i. Para la realización de pruebas tomando como referencia esta información se recomienda consultar la norma NMX-O-169-2016 la cual sustituye a la norma NMX-O-169-2002 aquí utilizada. Cabe mencionar que en esta investigación no se hizo énfasis en esta norma actualizada porque no estaba disponible al público.
- ii. Se recomienda que para la realización de pruebas a la (TDF) el personal esté capacitado, para evitar daños a la maquinaria y al mismo personal.
- iii. Revisar manual de operación del dinamómetro, así como del tractor a realizar dicha prueba.
- iv. Revisar que el dinamómetro este en buenas condiciones.
- v. Realizar en tiempo y forma el mantenimiento del dinamómetro.
- vi. Invertir tiempo en la inspección del equipo antes y después de cada operación.
- vii. Revisar que el abastecimiento de agua para el enfriamiento del dinamómetro sea el adecuado (revisar conexiones y válvulas).
- viii. Revisar que la salida de los gases del escape esté en condiciones adecuadas para dicha prueba.
- ix. El tractor y dinamómetro deben estar fijos y bien anclados para la realización de la prueba.
- x. Para la realización de la prueba a la (TDF) se debe utilizar ropa adecuada y sobre todo equipo de protección auditiva.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Albarracin, A. P. R. (2007). Tribología y Lubricacion. Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA. Universidad de Antioquia Medellin, Colombia. 180p.
- Arnal, A. P. (2001). Potencia de los tractores agrícolas. *Resumen de los datos de los ensayos*.
- Ayala Garay, A. V., Audelo Benítez, M. A., Cervantes Osornio, R., Sangerman-Jarquín, D. M., Sánchez Hernández, M., & Garay Hernández, M. (2012). Organismo de Certificación de Implementos y Maquinaria Agrícola (OCIMA). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(SPE4), 847-850.
- Ayala Garay, A. V., Audelo Benítez, M. A., Sánchez Hernández, M. Á., Cervantes Osornio, R., Velázquez López, N., Vargas Sállago, J. M., & Mijangos Santos, M. (2013). Impacto de las pruebas de tractores agrícolas en México: determinación de potencia a la toma de fuerza, levante hidráulico, cabinas y marcos de seguridad. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22, 6-14.
- Ayala Garay, A. V., Cervantes Osornio, R., Audelo Benítez, M. A., Velázquez López, N., & Vargas Sállago, J. M. (2013). La normalización y certificación de tractores agrícolas en México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22, 86-93.
- Barona López, G. A., & Rosas Huera, Á. J. (2012). *Elaboración de un manual de mantenimiento para el dinamómetro de chasis LPS 3000, instalado en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV)* (Bachelor's thesis, QUITO, 2012.).
- Castro, J. M. C. (1995). Potencia en máquinas agrícolas. *Ingeniería e Investigación*, (32), 4-19.
- Cerecero. 2013. TESI, S. *Diseño de un Dinamómetro de Chasis Para Vehículos de hasta 3500 kg de Peso Bruto Vehicular* (Doctoral Dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO).

- Chávez Cedeño, N. (2007). *Diseño y automatización de un dinamómetro hidráulico para motores de combustión interna con una potencia menor a 50 HP* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2007).
- Cortés, E., Álvarez, F., & González, H. (2009). La mecanización agrícola: gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones de campo. *CES medicina veterinaria y zootecnia*, 4(2), 151-160.
- Crossley, P., & Kilgour, J. (1983). *Small farm mechanization for developing countries*. John Wiley and Sons.
- Delgado, L. M. (2003). Las tomas de fuerza y su evolución. *Agrotécnica*, (10), 45-54.
- García, H. M. D., Rivera, J. R. A., & Salazar, H. C. (2002). Tendencias de la mecanización agrícola en el estado de San Luis Potosí, México. *Interciencia*, 27(6), 307-311.
- GAYTÁN, R., SAGAR, INIFAP, JICA, AMIA, & UACH. (2000). Importancia de las actividades de prueba y evaluación de maquinaria agrícola. *SAGAR, INIFAP, JICA, AMIA, UACH, Primer Foro de Vinculación Normalización y Certificación de Maquinaria Agrícola, Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola, Memoria Técnica*, (2), 8-10.
- Ingle, C. (2011). Agricultural tractor test standards in America. CMGT 564 Strategic Standards The Catholic University of America.
- Jiménez, R. R., SAGAR, INIFAP, JICA, AMIA, & UACH. (2000). El Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola y su papel en el proceso de normalización de maquinaria y equipo agrícola. *SAGAR, INIFAP, JICA, AMIA, UACH, Primer Foro de Vinculación Normalización y Certificación de Maquinaria Agrícola. Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola, Memoria Técnica*, (2), 46-50.
- Larqué Saavedra, B. S., Cortés Espinoza, L., Sánchez Hernández, M. Á., Ayala Garay, A. V., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2012). Análisis de la mecanización agrícola de la

- región Atlacomulco, Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(SPE4), 825-837.
- Martínez Tirado, M. (2017). Accidentabilidad del tractor agrícola en fincas de frutales de la Región de Murcia.
- Morales, C. N. (1995). Situación actual y perspectivas de los grupos de maquinaria en Zacatecas, 15pp. *Universidad Autónoma Chapingo, Dirección de Centros Regionales, Chapingo, Texcoco, México.*
- Murphy, CN y Yates, J. (2009). *La Organización Internacional de Normalización (ISO): gobernanza global a través del consenso voluntario*. Routledge.
- NMX-O-169-SCFI-2002. (2002). Determinación de potencia a la toma de fuerza –método de prueba. Diario Oficial de la federación.
- Palacios Rangel, M. I., & Ocampo Ledesma, J. (2012). Los tractores agrícolas de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(SPE4), 812-824.
- Paneque, P., De las Cuevas, H., Vila, M., & Medero, R. (1994). Parámetros de explotación de los tractores para la mecanización de los cítricos en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 4(1), 18-25.
- Yandun Bolaños, B. A. (2014). *Reparación y restauración de un tractor agrícola modelo Hebei 150* (Bachelor's thesis, QUITO/UIDE/2014).