



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL  
BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSMISIONES OLEOHIDRÁULICAS**

**Manuel Alberto Zarco Landoni**

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, junio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL  
BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSMISIONES OLEOHIDRÁULICAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MANUEL ALBERTO ZARCO LANDONI**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Campos Paiz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSMISIONES OLEOHIDRÁULICAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 1 de marzo de 2007.



**Manuel Alberto Zarco Landoni**

Guatemala, 6 de febrero de 2014

Ingeniero  
Julio Cesar Campos Paiz  
Director Escuela Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
USAC

Ingeniero Campos.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación " **INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSMISIONES OLEOHIDRÁULICAS**" desarrollado por el estudiante de Ingeniería Mecánica Manuel Alberto Zarco Landoni, quien contó con la asesoría del suscrito.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para el desarrollo y aplicación de conocimientos y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente



*Carlos Humberto Pérez Rodríguez*  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**  
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Colegiado No. 3071  
Asesor



Guatemala, 21 de febrero de 2014  
REF.EPS.DOC.271.02.14.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Manuel Alberto Zarco Landoni** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200010105, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSMISIONES OLEOHIDRÁULICAS.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda  
Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
EESZ/ra





Guatemala, 21 de febrero de 2014  
REF.EPS.D.84.02.14

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSMISIONES OLEOHIDRÁULICAS**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Manuel Alberto Zarco Landoni** quien fue debidamente asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.El.Mecánica 114.2014  
Guatemala 2 de junio de 2014

Ingeniero  
Silvio José Rodríguez Serrano  
Director  
Unidad de EPS  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Rodríguez:

Por este medio le informo que el tema del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) **INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSMISIONES OLEOHIDRÁULICAS**, presentado por el estudiante **Manuel Alberto Zarco Landoni**, previo a optar al título de ingeniero Mecánico, ha sido autorizado por esta Dirección

Sin otro particular.

***"Id y Enseñad a Todos"***

Ing. Julio César Campos Paiz  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica

MA Ing. Julio César Campos Paiz  
DIRECTOR  
Esc. Ingeniería Mecánica

c.c: Archivo

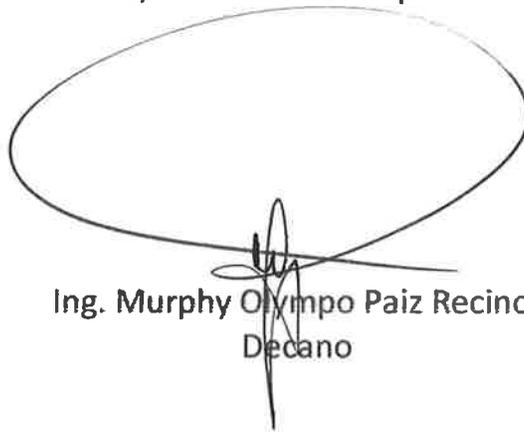
JC/mjm



DTG. 258.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSMISIONES OLEOHIDRÁULICAS**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Alberto Zarco Landoni**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 2 de junio de 2014

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios y la Virgen María</b>	Por ser la esencia de mi vida y mostrarme el camino del bien.
<b>Mis padres</b>	Arturo Zarco y Ana Maria Landoni de Zarco. Su amor será siempre mi inspiración, en especial a mi padre por su guía y sus ideales.
<b>Mis hermanos</b>	Pedro Arturo y Ana Silvia Zarco Landoni, gracias por su amor y apoyo incondicional.
<b>Mis sobrinas</b>	Sofía Zarco y Andrea Zarco, con mucho cariño.
<b>Mi familia</b>	A mi familia, mis primos que han sido fuente de motivación, con mucho cariño.
<b>Mis amigos</b>	Que en su oportunidad y sin dudarlos, me han brindado su ayuda.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por proporcionarme las herramientas para emprender un camino lleno de desafíos y éxitos.
<b>Gentrac Caterpillar</b>	Por permitirme realizar mi trabajo de graduación, en especial al Ing. Javier Peña.
<b>Mi supervisor</b>	En especial al Ing. Edwin Sarceño, por haberme guiado a lo largo de este trabajo de graduación.
<b>Cada una de las personas que hicieron posible este trabajo de graduación.</b>	A la distinguida Inga. Alba Guerrero y demás personas por sus aportes y conocimientos, por todos los consejos, ayuda y comprensión. Muchas Gracias.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Generalidades y antecedentes específicos de la empresa.....	1
1.1.1. Reseña histórica.....	1
1.1.2. Actividad.....	2
1.1.3. Misión.....	3
1.1.4. Visión.....	3
1.1.5. Estructura organizacional.....	3
1.1.6. Ubicación.....	4
1.1.7. Planta de servicio.....	5
1.2. Conceptos generales.....	6
1.2.1. Principios básicos.....	7
1.3. Tren de potencia.....	11
1.4. Aceite para transmisión.....	16
1.5. Transmisión.....	17
2. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	21
2.1. Situación actual del Departamento de Servicios.....	21
2.1.1. Organigrama del Departamento de Servicios.....	21

2.2.	Transmisión reparada sin probarla antes de montarla.....	22
2.2.1.	Proceso de reparación de transmisión actual.....	22
2.2.2.	Proceso de reparación de transmisión realizando la prueba.....	24
2.2.3.	Definición de tiempo muerto o de paro.....	24
2.3.	Tiempo actual de reparación de la transmisión del camión 769D.....	25
2.3.1.	Tiempo para desmontar y montar.....	25
2.3.2.	Tiempo para diagnosticar y reparar.....	25
2.3.3.	Tiempo muerto o de paro.....	26
2.4.	Análisis económico.....	26
2.4.1.	Tipo de servicio.....	26
2.4.2.	Parámetros análisis económico.....	26
2.4.3.	Inversión.....	28
2.4.4.	Ingresos.....	29
2.4.5.	Costos fijos.....	30
2.4.6.	Costos variables.....	31
2.4.7.	Costos de depreciación.....	32
2.4.8.	Beneficios.....	33
2.4.9.	Viabilidad del proyecto.....	34
3.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL.....	35
3.1.	Banco de pruebas para transmisiones.....	35
3.1.1.	Ubicación y dimensiones.....	35
3.1.2.	Conexiones principales.....	36
3.1.2.1.	Conexión hidráulica.....	36
3.1.2.2.	Conexión eléctrica.....	37
3.2.	Capacidades básicas.....	37
3.3.	Sistemas principales.....	38

3.4.	Características y especificaciones.....	39
3.5.	Especificaciones del aceite.....	41
3.6.	Encendido inicial.....	41
3.7.	Operación diaria.....	44
3.8.	Prueba de transmisión.....	45
3.8.1.	Montando la transmisión al banco de prueba.....	46
3.8.2.	Conexiones hidráulicas.....	48
3.8.3.	Impulsando la transmisión.....	49
3.9.	Prueba de la transmisión del camión 769D.....	49
3.9.1.	Datos.....	49
3.9.2.	Procedimiento de prueba.....	52
3.9.2.1.	Determinación de la prueba.....	52
3.9.2.2.	Procedimiento de prueba.....	53
3.10.	Guía de mantenimiento del banco de pruebas.....	57
CONCLUSIONES.....		63
RECOMENDACIONES.....		65
BIBLIOGRAFÍA.....		67
APÉNDICE.....		69
ANEXO.....		71



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	4
2.	Líquido.....	7
3.	Ley de Pascal.....	9
4.	Ventaja mecánica.....	10
5.	Fuerza mecánica.....	11
6.	Torque.....	14
7.	Tren de potencia.....	15
8.	Tren de conducción.....	15
9.	Transmisión planetaria.....	19
10.	Departamento de Servicios.....	21
11.	Deposito hidrostático.....	42
12.	Bomba de engrane.....	42
13.	Motor hidrostático.....	43
14.	Montaje.....	47
15.	Calentador.....	58
16.	Filtros.....	59
17.	Intercambiador de calor.....	61

## TABLAS

I.	Inversión.....	28
II.	Ingresos.....	29
III.	Costos fijos.....	30

IV.	Costos variables.....	31
V.	Costos de depreciación.....	32
VI.	Beneficios.....	33
VII.	Control de presión.....	51
VIII.	Selector de velocidad.....	51

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Amperio
<b>hp</b>	Caballos de fuerza
<b>gpm</b>	Galones por minuto
<b>°F</b>	Grados fahrenheit
<b>hz</b>	Herz
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kPa</b>	Kilopascal
<b>kva</b>	Kilovoltamperio
<b>lb</b>	Libras
<b>lb/in</b>	Libras por pulgada
<b>lb/pulg<sup>2</sup></b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>lpm</b>	Litros por minuto
<b>mt</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>Nm</b>	Newton por metro
<b>in</b>	Pulgada
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno
<b>VAN</b>	Valor Actual Neto
<b>V</b>	Volt



## GLOSARIO

<b>Bomba hidráulica</b>	Es un componente que convierte la energía mecánica en energía hidráulica.
<b>Embrague</b>	Es un acoplamiento temporal utilizado para solidarizar dos piezas que se encuentran en un mismo eje. Se utilizan para transmitir a una de ellas el movimiento de rotación de la otra y desacoplarlas a voluntad de un operario externo cuando se desea modificar el movimiento de una sin necesidad de parar la otra.
<b>Motor hidráulico</b>	Componente que convierte la energía hidráulica en energía mecánica.
<b>Transmisión</b>	Es un conjunto de componentes que toma las salida de energía del motor y la convierte en velocidad, dirección y par. La potencia del motor debe convertirse en potencia útil, la transmisión realiza esto por medio de energía hidráulica.
<b>Válvula</b>	Es un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más conductos.



## RESUMEN

El banco de pruebas de transmisiones opera con los principios básicos de hidráulica, que son los que originaron el funcionamiento de máquinas y componentes hidráulicos. Se tomó como referencia el camión de volteo rígido 769D Caterpillar para identificar el tren de potencia y el componente de transmisión. El propósito de un tren de potencia es conectar, desconectar, modificar velocidad y torque para proveer de poder a las ruedas de una máquina. Se compone del motor y el tren de conducción. Asimismo, el tren de conducción lo integra la transmisión, el convertidor de par, eje de conducción, diferencial, mandos finales y frenos.

El tipo de transmisión que utiliza el camión 769D es de tipo planetaria, de esta forma existen varias combinaciones de velocidad, torque y dirección. El aceite que usa la transmisión es el TDTO de Caterpillar para que el funcionamiento sea efectivo.

La estructura actual de reparación no incluye el proceso de realizar una prueba a la transmisión reparada. El componente debe ser probado para determinar y garantizar el funcionamiento y que el rendimiento sea óptimo para que no provoque problemas posteriores. En el análisis de la reparación actual de la transmisión se identifican los tiempos para reparar y se obtiene el tiempo muerto aproximado.

El banco de pruebas de transmisiones es para probar componentes hidráulicos y tiene como propósito garantizar que la transmisión reparada funcionará de forma eficiente cuando este montada en el camión 769D.

El análisis económico de la adquisición del banco de pruebas para transmisiones, determina el tiempo de recuperación de la inversión, los beneficios y si el proyecto es viable. Al final del análisis se determinó que el proyecto es viable y que la inversión se recuperará en menos de 10 años.

# OBJETIVOS

## General

Instalar un banco de prueba para verificar el funcionamiento de las transmisiones oleohidráulicas reparadas definiendo el modo de operación y el fluido a usar.

## Específicos

1. Identificar los tiempos muertos por reinstalación y desmontaje de equipo reparado sin probar antes de montar a la máquina.
2. Determinar los costos incurridos por reinstalación y desmontaje de equipo reparado sin probar antes de montar a la máquina.
3. Evaluar si el proyecto del banco de pruebas para transmisiones es viable y rentable.
4. Definir cómo funciona el banco de pruebas y el modo de operación.
5. Determinar el procedimiento para realizar las pruebas en el banco así como los propósitos.
6. Elaborar una guía de mantenimiento con características de los fluidos a usar y con mención de las actividades a realizar para la buena conservación del equipo.
7. Determinar el tipo de fluido a usar en el banco de prueba.



## INTRODUCCIÓN

La importancia de implementar un banco de pruebas de transmisiones en el proceso de reparación significa que habrá un beneficio tangible e intangible en muchos aspectos. Es conveniente implementar pruebas a los componentes reparados en la estructura actual de reparación para que sea eficiente y no existan paros no programados.

Las anomalías que surgen de no probar el componente crea un tiempo muerto no productivo que se traduce en costo adicional por corregir un componente ya reparado. Han existido problemas de esta índole en toda la maquinaria y en especial en los camiones de volteo rígido fuera de carretera 769D Caterpillar. Se realizó un análisis para determinar cuántas horas aproximadas es el tiempo muerto por corrección de anomalías en las transmisiones reparadas del camión en mención.

El propósito del análisis es determinar el tiempo muerto y los costos adicionales por la corrección de anomalías, la viabilidad y rentabilidad de implementar un banco de pruebas de transmisiones conociendo el funcionamiento de la transmisión. Además de conocer los principios hidráulicos por la cual funciona el banco de pruebas de transmisiones.

Se describe el funcionamiento tanto de una transmisión como el banco de pruebas, además se incluye la operación del banco. Se realizó un análisis económico para determinar la viabilidad del proyecto. Y se describió el proceso de prueba de la transmisión de camión 769D Caterpillar.



# **1. MARCO TEÓRICO**

## **1.1. Generalidades y antecedentes específicos de la empresa**

La información de la empresa tanto en las generalidades y antecedentes específicos es importante para identificar el trabajo realizado.

### **1.1.1. Reseña histórica**

La Corporación General de Tractores, S. A. con nombre comercial Gentrac es el distribuidor exclusivo para Guatemala de la marca Caterpillar, dedicada a la venta y arrendamiento de maquinaria pesada y liviana para el movimiento de tierra y construcción en general, venta de plantas eléctricas, motores vehiculares, marinos e industriales y toda la gama de productos que maneja Caterpillar.

El 15 de agosto de 1964 (Mayatrac) toma la representación de la marca Caterpillar. Convirtiéndose en el principal distribuidor de maquinaria de movimiento de tierra en Guatemala. El 28 de febrero de 1998 la Compañía General de Equipos, S. A. de C. V. (Cogesa) representante de la marca Caterpillar de El Salvador, con 70 años de ser distribuidor exclusivo de los productos Caterpillar compra toda la corporación a Mayatrac y así se constituye Gentrac en Guatemala. El 1 de marzo de 1998 Gentrac inicia operaciones en la ciudad de Guatemala, dirigida por un grupo dinámico de hombres de negocios, con el objetivo principal de contribuir con el desarrollo de Guatemala.

El 1 de enero de 2010, Gentrac Guatemala y Cogesa se convierten en subsidiarias de Ferreyros, Corporación líder en el Perú en importaciones de bienes de capital, con 87 años de reputación de alta calidad, integridad y compromiso con los clientes.

Gentrac, empresa dedicada al desarrollo de la nación porque ha proporcionado la herramienta necesaria para el movimiento de tierra brindando asesoría, servicio técnico, repuestos de calidad y valores morales por la cual permite mejorar el desempeño y la productividad del cliente en el desarrollo de las actividades.

### **1.1.2. Actividad**

Gentrac realiza una serie de actividades que hacen funcionar a la empresa y la guía para establecer un desarrollo eficiente. La venta de maquinaria es una de las actividades tales que desempeña, paralelo a esta actividad Gentrac se hace cargo del mantenimiento y reparación de la maquinaria para que la productividad y eficiencia de la empresa que se le brinda el servicio siempre este al máximo y no se vea amenazada por problemas funcionales de la misma.

La actividad de reparación y mantenimiento se realiza en el taller de la empresa, el cual está formado por diferentes talleres que se especializan en diversa reparaciones tales como diagnósticos electrónicos de maquinaria pesada, soldadura, reparación de componentes, bancos de prueba, entre otras.

Está formado por diferentes talleres los cuales son los siguientes:

- Taller Central

- Taller de Especialidades
- Taller de Soldadura y Torno
- Taller de Rodaje
- Taller de Electricidad
- Taller de Motores Vehiculares

### **1.1.3. Misión**

“Ser la mejor solución en equipos, respaldo al producto y opciones financieras, trabajando en conjunto con nuestros clientes”<sup>1</sup>.

### **1.1.4. Visión**

“Ser los mejores en proporcionar soluciones a nuestros clientes y satisfacción a nuestros empleados, con solidez financiera”<sup>2</sup>.

### **1.1.5. Estructura organizacional**

La estructura organizacional es el establecimiento de una estructura intencionada de los papeles que los individuos deberán desempeñar en una empresa, contribuye a la creación de un entorno favorable para el desempeño humano, define las tareas por realizar y los papeles establecidos. La organización promueve la colaboración y negociación de un grupo así la efectividad y la eficiencia de las comunicaciones en la organización.

El organigrama se define como la representación gráfica de la estructura orgánica de una institución o de una de las áreas y debe reflejar en forma

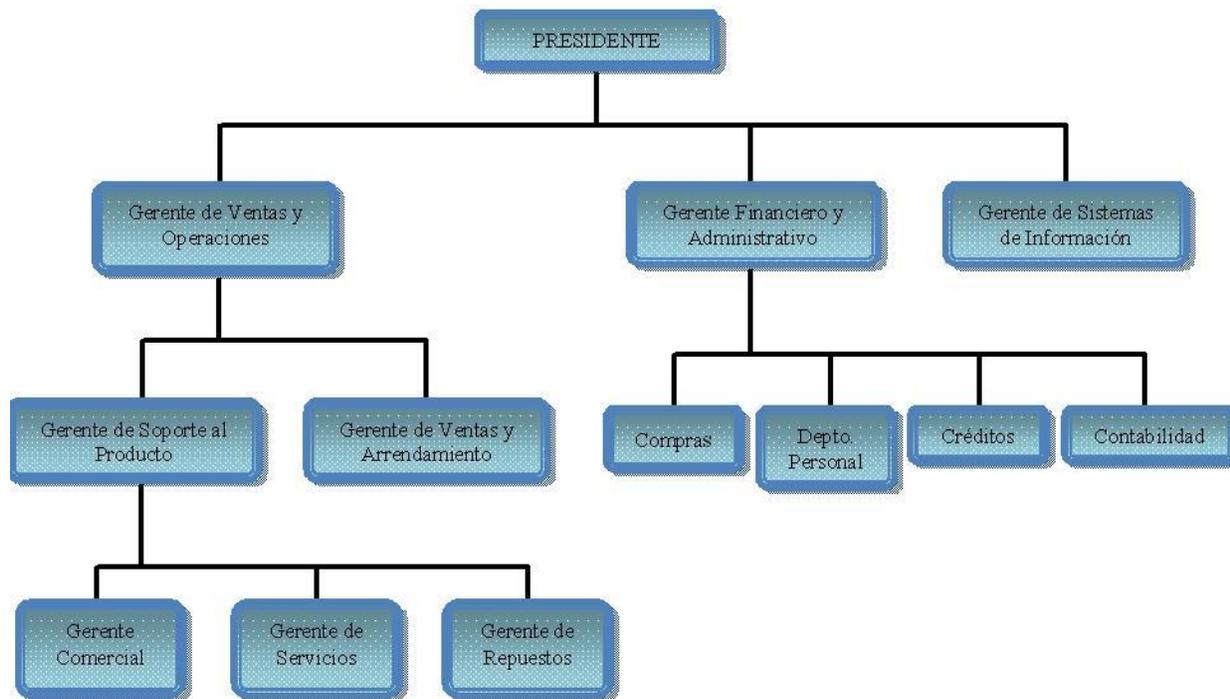
<sup>1</sup> Gentrac. Manual de inducción general. Guatemala: Gentrac, 2005. 20 p.

<sup>2</sup> Ibid.

esquemática la descripción de las unidades que la integran, la respectiva relación, niveles jerárquicos y canales formales de comunicación.

Un organigrama indica la forma en que se enlazan los departamentos a lo largo de las principales líneas de autoridad, se muestra en la figura 1.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: Gentrac Caterpillar, con programa de Paint.

### 1.1.6. Ubicación

La empresa Gentrac se encuentra ubicada en el límite de la ciudad de Guatemala con el municipio de Villa Nueva, al final de la calzada Aguilar Batres

de la zona 12. También tiene una sucursal ubicada en el departamento de Quetzaltenango, en la ciudad de Quetzaltenango.

Gentrac Guatemala

Corporación General de Tractores, S. A.

Calzada Aguilar Batres 54-41 zona 12,

Guatemala, Guatemala

PBX: (502) 2328-9000 y 2386-9000

Fax: (502) 2477-3480

E-mail: [gentrac@gentrac.com.gt](mailto:gentrac@gentrac.com.gt)

Sucursal Quetzaltenango

7a. av. 1-07 zona 2 Quetzaltenango, Quetzaltenango

Tel: (502) 7761-8258

E-mail: [xela@gentrac.com.gt](mailto:xela@gentrac.com.gt)

#### **1.1.7. Planta de servicio**

Se refiere al Departamento de Servicios el cual se compone de diversos talleres, estos se especializan en diferentes aplicaciones. Los talleres son los siguientes:

- Taller Central: se especializa en la reparación, armado, desarmado, montaje, desmontaje y mantenimiento general de la máquina, pintura y lavado de la misma.
- Taller de Soldadura y Torno: realiza todos los trabajos de la máquina relacionados con soldadura y maquinado con torno.
- Taller de Rodaje: se dedica a la reparación y mantenimiento del tren de rodaje de las máquinas de cadenas.

- Taller de Electricidad: reparaciones generales de la maquinaria sobre sistemas eléctricos, conexiones eléctricas, funciones eléctricas. También se dedica a la reparación y mantenimiento de generadores eléctricos de motores de combustión.
- Taller de Motores Vehiculares: la reparación, mantenimiento y diagnóstico de motores de buses y camiones
- Taller de Especialidades: se especializa en componentes específicos que por la importancia deben ser separados para analizarse en una área con normas de limpieza y control de contaminación, para que el ambiente sea el idóneo para la reparación y manipulación de esos componentes. Estos componentes se analizan minuciosamente con lineamientos de uso, guías de desgaste, procesos de armado y desarmado, herramienta de diagnóstico, instrucciones especiales, pruebas de funcionamiento. Aquí se realizan pruebas de funcionamiento para algunos componentes, que por el grado de importancia es necesario realizar pruebas después de realizar la reparación para garantizar el buen rendimiento del componente. Los componentes que se prueban son los motores, las transmisiones hidráulicas, las bombas de inyección, las bombas hidráulicas, los motores hidráulicos, los cilindros hidráulicos.

## **1.2. Conceptos generales**

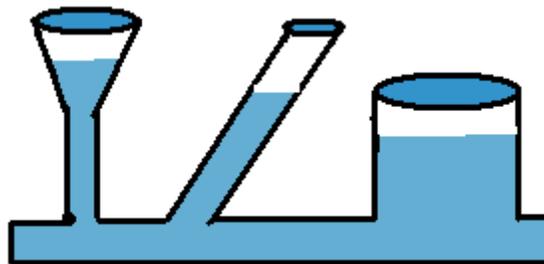
Se deben comprender los conceptos generales de los principios básicos de hidráulica para determinar la importancia en el funcionamiento de las máquinas y bancos de prueba.

### 1.2.1 Principios básicos

Se sabe que los principios de hidráulica básica se pueden demostrar al ejercer presión controlada a un líquido para realizar un trabajo. Existen leyes que definen el comportamiento de los líquidos en condiciones de variación de flujo y aumento o disminución de presión. Se usan líquidos en los sistemas hidráulicos porque tienen entre otras las siguientes ventajas:

- Los líquidos toman la forma del recipiente que los contiene
- Los líquidos son prácticamente incompresibles
- Los líquidos ejercen igual presión en todas las direcciones

Figura 2. **Líquido**



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

Los líquidos toman la forma de cualquier recipiente que los contiene. Los líquidos también fluyen en cualquier dirección al pasar a través de tuberías y mangueras de cualquier forma y tamaño. Se muestra en la figura 2.

- Los líquidos son incompresibles

Un líquido es prácticamente incompresible. Cuando una sustancia gaseosa se comprime, ocupa menos espacio. Un líquido ocupa el mismo espacio o volumen, aun si se aplica presión. El espacio o volumen ocupado por una sustancia se llama desplazamiento.

- Los gases son compresibles

Cuando un gas se comprime ocupa menos espacio y el desplazamiento es menor. El espacio que deja el gas al comprimirse puede ser ocupado por otro objeto.

- Ley de Pascal

La Ley de Pascal, “la presión ejercida en un líquido contenido en un recipiente cerrado, se transmite íntegramente en todas las direcciones y actúa con igual fuerza en todas las áreas”<sup>3</sup>. Por tanto, en un sistema cerrado de aceite hidráulico, una fuerza aplicada en cualquier punto, transmite igual presión en todas las direcciones a través del sistema.

Una fórmula simple permite calcular la fuerza, presión o área, si se conocen dos de estas variables. Es necesario entender estos tres términos para entender los fundamentos de hidráulica. Una fuerza es la acción de ejercer presión sobre un cuerpo. La fuerza se expresa generalmente en kilogramos (kg) o libras (lb). La fuerza es igual a la presión por el área ( $F = P \times A$ ).

<sup>3</sup> Caterpillar. Fundamentos de los sistemas hidráulicos. p. 80.

La presión es la fuerza de un fluido por unidad de área y se expresa generalmente en unidades de kilopascal (kPa) o libra por pulgada cuadrada (lb/pulg<sup>2</sup>). El área es una medida de superficie. El área se expresa en unidades de metro cuadrado o pulgada cuadrada. Algunas veces el área se refiere al área efectiva. El área efectiva es la superficie total usada para crear una fuerza en una dirección deseada. Se muestra en la figura 3.

Figura 3. Ley de pascal



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

El área de un círculo se obtiene con la fórmula: Área = Pi (3,14) por radio al cuadrado.

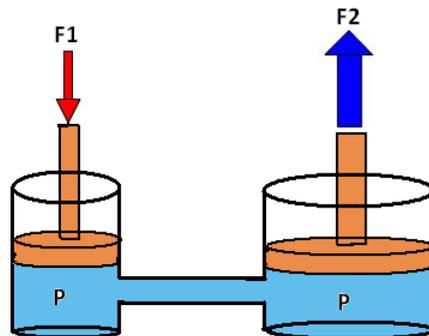
$$A = \text{Pi} \times r^2$$

- Ventaja mecánica

Las Leyes de Pascal sobre el estado de los fluidos indica: “Cambios en la presión aplicada a un líquido confinado es transmitido sin disminuir a cada punto del fluido y a todas las paredes que lo contengan”<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Caterpillar. Fundamentos de los sistemas hidráulicos. Guatemala: Gentrac, 2005. 90 p.

Figura 4. **Ventaja mecánica**



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

En la práctica, estos principios significan que el aceite en un sistema hidráulico fluirá en cualquier dirección y en pasaje de cualquier tamaño y forma. Cuando la presión es aplicada, en vez de comprimirse, este empuja a través de los pasajes del dispositivo en que esté contenido. La presión aplicada puede ser transmitida en todas direcciones para desempeñar un trabajo.

Como se puede observar en la figura 4, dos cilindros idénticos son conectados por un tubo y parcialmente llenados con aceite, comprimiendo el fluido en uno de los cilindros causará que el fluido se eleve y el cilindro conectado se mueva la misma cantidad.

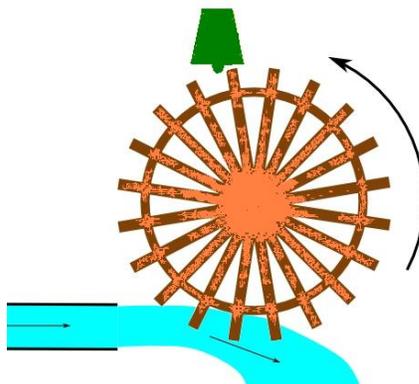
En un primer ejemplo, los cilindros son idénticos, tienen áreas de una pulgada cuadrada y pistones del mismo tamaño, puestos en cada cilindro. Si una fuerza de 1 libra es aplicada al pistón en uno de los cilindros, la fuerza de 1 libra será aplicada al líquido. De tal forma que una fuerza igual, de una libra será aplicada al segundo cilindro.

Ahora, en un segundo ejemplo el primer cilindro tiene un área de una pulgada cuadrada y el segundo cilindro tiene un área de dos pulgadas cuadradas. De nuevo una presión de una libra es aplicada al primer cilindro. Desde que el segundo cilindro tiene un área de dos pulgadas cuadradas, ahora la fuerza de 2 libras es aplicada al segundo pistón. Esto es llamado ventaja mecánica. La fuerza ejercida por un pistón puede ser determinada multiplicando el área del pistón por la presión.

### 1.3. Tren de potencia

Un tren de potencia es un grupo de componentes que trabajan juntos para transferir poder del recurso, de donde es producido al punto donde es usado para desempeñar un trabajo. El termino tren de poder no es nuevo, ha sido usado desde los tiempos de la colonización, ejemplo: los ríos, se muestra en la figura 5. El término fue utilizado para describir la maquinaria que acarrea poder de una rueda de agua para desempeñar trabajo.

Figura 5. **Fuerza mecánica**



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

- Propósitos de un tren de poder
  - Conecta y desconecta el poder del motor
  - Modifica velocidad y par
  - Provee un recurso para reversa
  - Ecuiliza la distribución de poder a las ruedas impulsoras

En una máquina industrial moderna típicamente, el tren de poder transfiere poder de la rotación del volante de un motor a las ruedas o cadenas que hacen el trabajo de impulsar la máquina. Pero esto hace más que simplemente transferir el poder. Si un motor fuera directamente acoplado a las ruedas del vehículo, el vehículo se movería constantemente a la velocidad del motor. El tren de poder provee un recurso de desconexión y control del poder del motor.

- Potencia

Es un término usado para describir la relación entre el trabajo y el tiempo. Es definida como el valor de un trabajo desarrollado o transferencia de energía. En otras palabras, potencia mide cuán rápido un trabajo es hecho. Potencia es igual al trabajo realizado dividido por la cantidad de tiempo que tomo para hacer el trabajo o  $P = T/t$ .

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{Tiempo}}$$

- Trabajo y fuerza

Trabajo es igual a la fuerza aplicada para mover un objeto multiplicado por la distancia recorrida del objeto. Fuerza es una medida de poder de empuje ejercida por un objeto contra otro. De acuerdo a las leyes físicas de movimiento de Isaac Newton, trabajo es igual a la fuerza multiplicada por la distancia que el objeto es movido,  $T = F \times D$ .

$$\text{Trabajo} = \text{Fuerza} \times \text{Distancia}$$

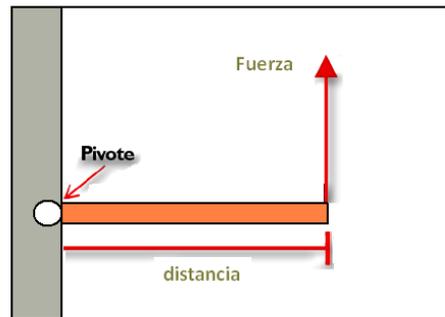
Substituyendo la definición de trabajo en la definición de potencia muestra que el poder es igual a la fuerza aplicada para mover un objeto multiplicado por la velocidad que el objeto recorre,  $P = (F \times D) / t$ .

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Fuerza} \times \text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$$

- Torque

Torque o par es un esfuerzo de torsión aplicado a un objeto para que este gire un objeto sobre el propio eje de rotación. La cantidad de torque es igual a la magnitud de la fuerza aplicada multiplicada por la distancia entre el eje de rotación del objeto y el punto donde la fuerza es aplicada. Ver figura 6.

Figura 6. Torque



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

Como una fuerza aplicada a un objeto, tiende a cambiar el valor lineal del movimiento del objeto, un torque aplicado a un objeto, modificará el valor del movimiento rotacional del objeto. La cantidad de torque disponible de un recurso de poder es proporcional a la distancia del centro al cual es aplicado.

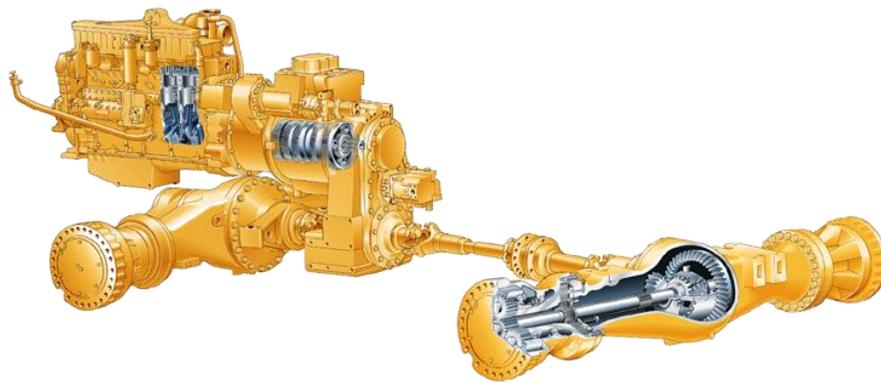
- Tren de potencia

El tren de potencia (*power train*) se muestra en la figura 7, se le denomina de esta manera a todos los componentes que lo integran, estos son: motor + tren de conducción. En el anexo A se presenta el tren de potencia del camión 769D Caterpillar. El tren de conducción (*drive train*) se muestra en la figura 8, se le denomina de esta manera a todos los componentes que lo integran, estos son los siguientes:

- Transmisión
- Convertidor de par
- Eje conducción
- Diferencial

- Mandos finales
- Frenos

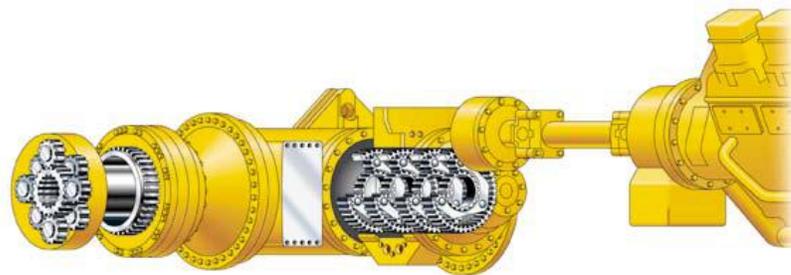
Figura 7. **Tren de potencia**



Fuente: Gentrac Caterpillar.

La potencia del motor se transfiere por medio del convertidor de par hacia la transmisión. El poder de la transmisión se transfiere a los diferenciales por medio del eje de conducción, de los diferenciales hacia mandos finales y finalmente hacia las ruedas o cadenas.

Figura 8. **Tren de conducción**



Fuente: Gentrac Caterpillar.

- Motor: provee la potencia para operar el vehículo
- Convertidor de par: conecta la potencia del motor al resto del tren de potencia. Esto permite que el motor este encendido mientras la máquina no está moviéndose. El convertidor de torque o par provee un acople de fluido para la conexión del resto del tren de poder. Aumenta el par del motor
- Transmisión: controla la velocidad de salida, dirección (hacia adelante o reversa) y el torque de la potencia entregado al resto del tren de poder
- Diferencial: transmite potencia a los mandos finales y ruedas mientras permite que cada rueda gire a diferentes velocidades
- Mandos finales: conecta la potencia a las ruedas o cadenas
- Enganche a tierra: impulsa la máquina a través de las ruedas o cadenas

#### **1.4. Aceite para transmisión**

La vida útil del sistema depende en gran medida de la selección y del cuidado que se tenga con los fluidos hidráulicos. Al igual que con los componentes metálicos de un sistema, el fluido hidráulico debe seleccionarse con base en las características y propiedades para cumplir con la función para la cual fue diseñado. Los fluidos hidráulicos deben lubricar las piezas en movimiento del sistema. Los componentes que rotan o se deslizan deben poder trabajar sin entrar en contacto con otras superficies. El fluido hidráulico debe mantener una película delgada entre las dos superficies para evitar el calor, la fricción y el desgaste.

El aceite para transmisión/tren de conducción es clasificado por la Norma Específica TO-4 creada por Caterpillar. Estas especificaciones son desarrolladas por Caterpillar para usar en transmisiones y en mando final Caterpillar. El aceite Caterpillar para transmisiones se le nombra TDTO (*Transmission/Drive Train Oil*), siglas en ingles que significa Aceite de Transmisión/Tren de Conducción. El aceite TDTO esta balanceado para dar una vida de material de fricción máxima. El aceite ha pasado las pruebas y las especificaciones para la Norma TO-4 la cual incluye requerimientos de fricción y requerimientos de desgaste de engranes. Este aceite se presenta en diferentes grados de viscosidad de lubricante. El grado de viscosidad SAE 60 esta incluido para una vida máxima de componente a alta temperatura ambiente y para ciclos de alta intensidad. El aceite esta diseñado solo para transmisiones y mandos finales, y no debe ser usado en motores.

## **1.5. Transmisión**

La potencia del motor a través del volante se transmite por medio del eje de conducción hacia la transmisión. Esta potencia debe ser controlada tanto en la velocidad, dirección y par. Al controlar esta transferencia de potencia se convierte en poder funcional. Esto se puede llevar a cabo usando engranes de cambio de velocidad, embrague planetario actuado hidráulicamente la cual provee diferentes rangos de par y velocidad. Existen 5 tipos básicos de transmisiones que son usadas sobre equipo Caterpillar, son las siguientes:

- Transmisión planetaria
- Contramarcha
- Planetaria/contramarcha híbrida. Ver figura 9
- Hidrostática
- Mando directo

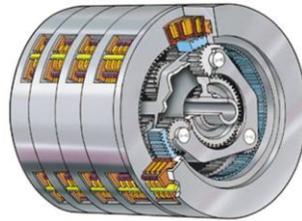
La transmisión que usa el camión de volteo rígido fuera de carretera es la transmisión planetaria y la de contramarcha. La aplicación de transmisión de contramarcha funciona junto con la planetaria y la mayor ventaja es la rapidez de respuesta cuando cambia de un engrane hacia otro. La clave es la productividad. Los componentes de la transmisión planetaria son engranes, ejes de entrada, carretes planetarios, grupos de embragues. Existen varios juegos de engranes planetarios en cada transmisión planetaria, de esta forma existen varias combinaciones de velocidad, torque y dirección. Los carretes planetarios y engranes de anillos del juego de engranes planetarios están restringidos por embragues hidráulicos.

Las válvulas de control hidráulico de la transmisión dirigen el aceite, bajo presión, dentro de la cavidad vecina a la cara del plato de presión; la presión del aceite es suficientemente alta para mover el pistón, fuerza a los discos de fricción a cerrar los platos de embrague, sobrepasa la fuerza de los resortes y cierra los platos de embrague con los discos de fricción juntos. Cuando el embrague hidráulico es activado, empuja los platos de embragues y los discos juntos. Esto no permite girar a los platos de embrague. Para desenganchar el embrague, el suministro de presión de aceite al pistón es interrumpido, esto causa que el pistón se retraiga.

Los discos de fricción y los platos de embrague no están bloqueados juntos. Ver figura 9.

Los discos pueden rotar independientemente de los platos.

Figura 9. **Transmisión planetaria**



Fuente: Gentrac Caterpillar.



## 2. FASE DE INVESTIGACIÓN

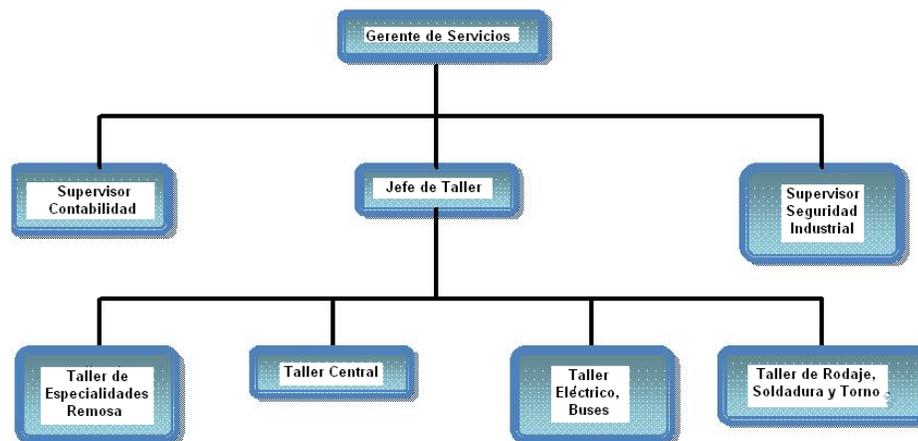
### 2.1. Situación actual Departamento de Servicios

El Departamento de Servicios posee como líder al gerente de servicios, quien dirige y traza el rumbo del departamento con el personal de más relevancia. Junto al gerente se encuentra el supervisor de contabilidad, el jefe de taller y al supervisor de seguridad industrial, quienes en conjunto desarrollan los objetivos y planes de acción para el óptimo funcionamiento del departamento.

#### 2.1.1. Organigrama del Departamento de Servicios

El organigrama del departamento es fundamental para comprender la jerarquía y la toma de decisiones del personal del mismo. Ver figura 10.

Figura 10. Departamento de Servicios



Fuente: Gentrac Caterpillar.

## **2.2. Transmisión reparada sin probarla antes de montarla**

La estructura de reparación actual no incluye el proceso de realizar una prueba después de ser reparado el componente de transmisión. Se debe determinar en qué parte del proceso de reparación se debe incluir.

### **2.2.1. Proceso de reparación de transmisión actual**

Es vital el proceso de reparación para saber donde se debe probar el componente. El componente es la transmisión de un camión de volteo rígido fuera de carretera 769D. Cuando el componente falla se inicia el proceso de reparación, el cliente que tiene el componente fallido los traslada hacia los talleres de Gentrac. El cliente se registra y se le da ingreso al componente direccionándolo al Taller de Especialidades, Remosa. Se ingresa al taller y se registra el componente. Seguidamente se inicia el proceso interno del Taller de Especialidades para realizar la reparación.

El proceso sigue los siguientes pasos:

- Primero ingresa al Área de Lavado para limpiar completamente el componente.
- Pasa al Área de Hidráulica en donde se le asigna un técnico para desarmar, diagnosticar, definir la falla y presentar el presupuesto.
- El técnico desarma el componente, diagnostica donde se ha originado la falla y define los componentes internos fallidos. Presenta el presupuesto.
- Seguidamente el cliente autoriza la reparación.
- Se realiza el pedido de las partes nuevas a cambiar.
- Se inicia la reparación con las partes nuevas.

- Al finalizar el armado del componente con las piezas nuevas se pinta el componente.
- Posteriormente se le envía al cliente para la instalación.
- Se instala la transmisión en la máquina (camión de volteo fuera de carretera).
- Se inicia a probar la máquina con la transmisión reparada e instalada.

En este punto donde se realizan las pruebas con la máquina se corre el riesgo de posibles problemas. Los problemas que nazcan en la prueba se deben corregir por el distribuidor Gentrac ya que realizó la reparación y es parte de la política de la empresa, dar el soporte al servicio.

Los problemas más importantes que se pueden encontrar son:

- Fallo de la transmisión
- Costo humano de trabajo
- Tiempo muerto o de paro de trabajo
- Costo del tiempo de paro
- Costo de montaje y desmontaje
- Costo de garantía del trabajo

De los problemas mencionados todos los debe corregir Gentrac. Existe un problema muy importante que el cliente debe absorber y es el del tiempo muerto o de paro, se traduce en tiempo adicional no programado para poner a funcionar la máquina.

### **2.2.2. Proceso de reparación de transmisión realizando la prueba**

De tal manera que se puede definir que la transmisión reparada sin probar antes de montar es la transmisión que empíricamente se instala sobre el camión sin determinar el óptimo funcionamiento, sin garantizar que funcionará sin ninguna falla.

El momento cuando se debe realizar la prueba a la transmisión es después de realizada la reparación, antes de montarla a la máquina. Esto permitirá que la reparación deje de ser empírica con respecto al desconocimiento del funcionamiento, más no de la forma de reparación. La reparación se lleva a cabo con todas las herramientas, manuales, equipo de seguridad, guías, lo realiza gente capacitada en la especialidad y se hace en condiciones de laboratorio, es decir que no se repara empíricamente. El componente debe ser probado para determinar y garantizar el óptimo funcionamiento y el óptimo rendimiento para que no provoque los problemas mencionados anteriormente.

### **2.2.3. Definición de tiempo muerto o de paro**

Este tiempo es aquel que se genera cuando:

- Se realiza el montaje de la transmisión en el camión y se realizan las pruebas, la transmisión puede dar una falla por la cual no tiene un óptimo funcionamiento y se debe retirar el componente para la revisión y corregimiento de la falla, por menor que sea. El tiempo que se toma el desmontaje, la revisión, la corrección, el montaje y prueba es tiempo no

programado que significa un costo adicional en productividad tanto para el cliente como para el distribuidor Gentrac.

Se define el tiempo muerto o de paro como el tiempo no programado para corrección del componente que se convierte en costo adicional en productividad para el cliente y el distribuidor.

### **2.3. Tiempo actual de reparación de la transmisión del camión 769D**

Conociendo el tiempo actual de reparación de la transmisión del camión 769D se podrá analizar y concluir sobre el uso del banco de pruebas.

#### **2.3.1. Tiempo para desmontar y montar**

El tiempo que se requiere para montar la transmisión y para desmontarla del camión de volteo rígido fuera de carretera se debe de tomar en cuenta que tiene que desarmarse todos los componentes acoplados a la transmisión, tales como mangueras, acoples, ejes de conducción, líneas eléctricas, se requiere de uso de herramienta especial, movimiento de la cabina. Por lo cual crea un tiempo prudente de 27 horas para montar y 27 horas para desmontar la transmisión del camión. Para este caso se considera el ejemplo del camión 769D Caterpillar.

#### **2.3.2. Tiempo para diagnosticar y reparar**

Es el tiempo que se requiere para diagnosticar y reparar la transmisión del camión de volteo rígido fuera de carretera, considerando que se debe analizar componentes, analizar falla, reparación de la transmisión usando herramienta especial.

Por lo cual crea un tiempo prudente de 72 horas para diagnosticar y reparar la transmisión del camión. El tiempo de diagnóstico es de 16 horas.

Para este caso se utilizó el ejemplo del camión 769D Caterpillar.

### **2.3.3. Tiempo muerto o de paro**

El tiempo muerto o de paro incluye el tiempo de montar, desmontar, el tiempo de diagnóstico el cual es de 70 horas. Se tiene 70 horas promedio de tiempo muerto.

La utilización de un banco de pruebas de transmisiones podrá disminuir o eliminar el presente número de horas sin productividad.

## **2.4. Análisis económico**

Se analizará la adquisición del banco de pruebas para transmisiones determinando así si el proyecto es viable.

### **2.4.1. Tipo de servicio**

El tipo de servicio que se presenta como reparación es el reacondicionamiento general de la transmisión para un camión de volteo rígido fuera de carretera tipo 769D Caterpillar.

### **2.4.2. Parámetros análisis económico**

Para el análisis se tomaron ciertos parámetros los cuales son:

- Se realizó una medición promedio de transmisiones reparadas en un año (2006) el número es de 36 transmisiones reparadas en un año, esto da 36 trans. año (12 meses) = 3 transmisiones al mes reparadas.
- Se realizó un análisis sobre cuantas transmisiones tienen problemas. Se obtuvo que de cada 3 transmisiones reparadas, 1 de ellas tiene problemas después de ser reparada.
- Los costos de mano de obra se tomaron de Q160,00 la hora estándar.
- Se consideró para el presente análisis el camión de volteo rígido 769D Caterpillar.
- El costo del pago de cheque al practicante es por políticas de la empresa.
- El tipo de cambio del dólar es para el día de la realización del análisis.
- Costos de garantía (cuadro de beneficios) tomados de un caso para una máquina 769D.
- Se tomo para este estudio el tiempo para realizar la prueba de 16 horas estándar. Son dos días hábiles.
- Pago practicante para los meses entre junio-noviembre 2007 es Q3 000,00 mensual.

- Para una persona que realiza la prueba, son 16 horas para una prueba.

### 2.4.3. Inversión

Se realizó a detalle las inversiones en componentes y el monto para obtener un total de inversión.

Tabla I. Inversión

INVERSIÓN		
No.	ACTIVO	MONTO
1**	Costo del banco de prueba (banco e importación)	Q 1 665 641,55
2	Costo transformador eléctrico	Q 22 000,00
3	Costo técnico eléctrico para instalar	Q 6 000,00
4	Costo acoples (para pruebas)	Q 53 701,51
5*	Costo piezas realizadas en soldadura	Q 10 000,00
6*	Costo armarios y lockers	Q 50 000,00
7*	Costo construcción salón de prueba	Q 101 684,00
8	Costo cheque para practicante	Q 18 000,00
9	Costo del aceite mobil(DTE26,11)	Q 24 400,80
TOTAL de INVERSIÓN		<b>Q 1 951 427,86</b>

\*\* US\$1,00 = Q7,74717 para domingo 14-10-2 007. El banco tuvo un costo de \$197 000 más costos de importación que es el 14 % del monto el cual será igual a \$ 215 000,00

\*Costo estimado

Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

#### 2.4.4. Ingresos

Se identificaron los ingresos para el funcionamiento del banco de pruebas, los ingresos representan la recuperación de la inversión en un determinado tiempo. Se identificó los rubros de mano de obra, aceite hidráulico DTE 11 y aceite hidráulico DTE 26. El rubro más significativo es el de mano de obra.

Tabla II. Ingresos

<b>INGRESOS</b>				
No.	RUBRO	NOMINAL	MENSUAL	ANUAL**
1*	Mano de obra	Q 2 560,00	Q 7 680,00	Q 92 160,00
2	Aceite hidráulico DTE 11 (2 galón)	Q 100,00	Q 300,00	Q 3 600,00
3	Aceite hidráulico DTE 26 (2 galón)	Q 81,20	Q 243,60	Q 2 923,20
<b>TOTAL de INGRESOS</b>		<b>Q 2 741,20</b>	<b>Q 8 223,60</b>	<b>Q 98 683,20</b>

\*Una persona manejando el equipo de prueba de transmisiones. Son 16 horas para una prueba en el banco.

\*\* En un año se proyecta 36 transmisiones. Promedio tomado del taller de componentes. Son 3 transmisiones a reparar en un mes

Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

### 2.4.5. Costos fijos

Se tienen los costos que durante el funcionamiento del banco de pruebas serán los mismos, estos costos fijos se detallan por el rubro y el costo. En los rubros de filtros se contemplaron componentes originales para el buen mantenimiento del banco.

Tabla III. Costos fijos

<b>COSTOS FIJOS</b>				
	<b>RUBRO</b>	<b>NOMINAL</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>ANUAL</b>
1	Grasa para motor eléctrico (150 hp)	Q 23,61	Q 70,83	Q 849,96
2	Mantenimiento del Banco			
2.1	4 filtros sump pump	Q 3 310,24	Q 9 930,72	Q 119 168,64
2.2	1 filtro case drain	Q 973,66	Q 2 920,98	Q 35 051,76
2.3	1 filtro charge	Q 973,66	Q 2 920,98	Q 35 051,76
2.4	2 filtros by-pass	Q 1 655,12	Q 4 965,36	Q 59 584,32
2.5	1 filtro main oil supply	Q 973,66	Q 2 920,98	Q 35 051,76
3**	aceite para las dos bombas	Q 25,00	Q 75,00	Q 900,00
4*	Consumo de aire comprimido	Q 20,00	Q 60,00	Q 720,00
5*	Consumo de agua	Q 25,00	Q 75,00	Q 900,00
6*	energía eléctrica	Q 60,00	Q 180,00	Q 2 160,00
	<b>TOTAL de COSTOS FIJOS</b>	<b>Q 8 289,95</b>	<b>Q24 869,85</b>	<b>Q 289 438,20</b>

\*Costo estimado

\*\* Aceite 30W de motor para lubricar las 2 bombas de 3 hp

Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

### 2.4.6. Costos variables

Se tienen los costos de los rubros que varían durante el funcionamiento del banco de pruebas, estos costos variables se detallan a continuación.

Tabla IV. Costos variables

<b>COSTOS VARIABLES</b>				
	<b>RUBRO</b>	<b>NOMINAL</b>	<b>MENSUAL<sup>a</sup></b>	<b>ANNUAL</b>
1	Corrección anomalía	Q 320,00	Q 960,00	Q 11 520,00
2**	Mano de obra	Q 2 560,00	Q 7 680,00	Q 92 160,00
3*	Herramienta, repuestos , piezas mandadas a hacer para la prueba	Q 3 000,00	Q 9 000,00	Q 108 000,00
4	Flip on interno	Q 30,00	Q 90,00	Q 1 080,00
5	Relè interno	Q 200,00	Q 600,00	Q 7 200,00
6	3 fusibles de (400 A, 600 V)	Q 1 086,30	Q 3 258,90	Q 39 106,80
7	Flip on principal	Q 1 600,00	Q 4 800,00	Q 57 600,00
8	Manómetro	Q 300,00	Q 900,00	Q 10 800,00
9*	Papelería y útiles	Q 100,00	Q 300,00	Q 1 800,00
	<b>TOTAL de COSTOS VARIABLES</b>	<b>Q 9 196,30</b>	<b>Q 27 588,90</b>	<b>Q 329 266,80</b>

\*Costo estimado

\*\* dos personas realizando la prueba en el banco las 16 horas. Corrección anomalía durante la prueba, 2 horas estimadas

Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

## 2.4.7. Costos de depreciación

La depreciación del banco de pruebas, mobiliario y todos los componentes adquiridos para realizar las pruebas junto al banco se realiza la depreciación como activos y se detalla a continuación.

Tabla V. **Costos de depreciación**

COSTOS de DEPRECIACIÓN						
	TIPO DE ACTIVO	MONTO	DEP. ANUAL	%	VALOR RESCATE	%
1 *	Banco de prueba	Q 1 141 821,22	Q 126 856,34	11,11 %	Q 342 546,37	30 %
2	Mobiliario	Q 50 000,00	Q 10 000,00	20%	Q 6 250,00	15 %
3	Herramienta	Q 577 521,84	Q 144 380,46	25%	Q 57 752,18	10 %
4	Transformador Eléctrico	Q 22 000,00	Q 733 260,00	33,33 %	Q 5 060,00	23 %
	TOTAL DEPRECIACION		<b>Q 1 014 496,80</b>		<b>Q 411 608,55</b>	

\*US\$1,00=Q7,747 para domingo14-10-2 007. El costo de la herramienta básica es \$67 614,41 más costo de la herramienta para las pruebas y la herramienta mandada a hacer en taller que es Q53 701,51.  $\$67\,614,41 * Q7,747 = Q523\,820,33$ .  $Q523\,820,33 + Q53\,701,51 = Q577\,521,84$   
La depreciación del banco se realiza cada 3 años con un 33,33 % el cual anualmente es 11 %. Valor rescate para un tiempo de uso de 10 años dentro de la empresa. Porcentaje respecto del monto.

Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

### 2.4.8. Beneficios

Es muy importante identificar los beneficios del banco de pruebas, se nombraron rubros para determinar un total. Entre los beneficios existe el rubro de ahorro en reparar transmisión y ahorro en repuestos, estos son significativos para la reducción de costos de la empresa.

Tabla VI. **Beneficios**

<b>BENEFICIOS</b>			
	<b>RUBRO</b>	<b>NOMINAL</b>	<b>ANUAL</b>
1	Ahorro en diagnosticar falla	Q 2 641,00	Q 31 692,00
2	Ahorro en remover e instalar transmisión	Q 12 842,00	Q 154 104,00
3	Ahorro en reparar transmisión	Q 24 872,00	Q 298 464,00
4	Ahorro en evaluar y revisar	Q 3 495,00	Q 41 940,00
5	Ahorro en viaje	Q 13 885,10	Q 166 621,20
6	Ahorro en repuestos	Q 31 509,00	Q 378 108,00
	<b>TOTAL de BENEFICIOS</b>	<b>Q 89 244,10</b>	<b>Q 1 070 929,20</b>

Para los Beneficios se tomó un caso verídico para una Máquina 769D (GT47146) el cual presentó fallas y se realizó el procedimiento para su reparación el cual los costos son por garantía es decir lo absorbe la empresa. El lugar destino de la reparación es en Huehuetenango, Mina Marlin

Se analizó que de 3 transmisiones reparadas, existe 1 que da problemas. Hay 1 transmisión mensual, 12 transmisiones anuales

Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

#### **2.4.9. Viabilidad del proyecto**

Por medio del análisis económico para la cual el flujo de caja se presenta en el apéndice A. Se obtienen los datos siguientes:

- Con un aumento cada 3 años de mano de obra, un aumento anual de costos y depreciaciones.
- Con un Van de Q3 415 988,21.
- Con una Tir de 0,39 = 39 %.
- Con una Tasa de interés de 5,75 %.
- Una inflación acumulada de 5,38.
- Flujo de caja con  $i = 11,44$  %.

Se interpreta que si es viable y rentable el proyecto ya que el VAN y el TIR presentan datos que permiten el desarrollo del proyecto y la recuperación de la inversión en cuestión de 10 años. Además los beneficios de eliminar los costos adicionales por realizar la prueba serán de Q 1 070 929,20 anual, lo que permite visualizar un mejor servicio sin tiempos muertos y sin costos adicionales.

### **3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

#### **3.1. Banco de pruebas para transmisiones**

El banco de pruebas para transmisiones 9U-5000 es un banco para probar componentes hidráulicos Caterpillar tales como: transmisiones, bombas, motores hidráulicos, cilindros hidráulicos y válvulas. El banco de pruebas viene probado de la fábrica, requiere de suministro de agua y de energía eléctrica para ser instalado. En el anexo B se presenta la nomenclatura.

##### **3.1.1. Ubicación y dimensiones**

La instalación del Banco se llevará a cabo dentro de las instalaciones del Taller de Especialidades, Remosa. El piso de Remosa tiene un espesor de 30cm de concreto con mezcla especial para componentes pesados. Las dimensiones de los componentes son las siguientes:

Equipo de prueba (*test stand*):

- Longitud = 1,829 metros
- Ancho = 1,359 metros
- Alto = 1,7 metros

Sumidero de soporte de trabajo (*work support stand*):

- Longitud = 3,75 metros
- Ancho = 1,753 metros

- Alto = 0,28 metros
- Alto con mástil de soporte dirigido = 2,375 metros

Consola de Control (*control console*):

- Longitud = 0,914 metros
- Ancho = 0,711 metros
- Alto = 1,346 metros

Las dimensiones generales sugeridas para trabajar con claridad y seguridad son:

- Longitud: 5,588 metros
- Ancho: 5,435 metros

En el anexo E se presenta las dimensiones del banco de pruebas.

### **3.1.2. Conexiones principales**

El banco de pruebas tiene conexiones hidráulicas y eléctricas para hacer funcionar el mismo.

#### **3.1.2.1. Conexión hidráulica**

Para la conexión hidráulica solo es necesario una entrada de agua pública con llave de paso manual y la manguera conectada a la entrada de agua del equipo de prueba (*test stand*). Es suficiente la presión de agua pública como suministro de agua.

### **3.1.2.2. Conexión eléctrica**

Se requiere de 325 amperios, 460 volts de energía para el funcionamiento del banco de pruebas. Además es necesario un transformador de 150 kva para suministrar la energía requerida por el banco de pruebas mencionada anteriormente. En el anexo F se presenta los requerimientos del transformador que se instalará para suministro de energía.

### **3.2. Capacidades básicas**

Se enlista las capacidades de prueba del banco de pruebas de transmisiones a continuación:

- Potencia de tracción de hasta 115 hp a 950 rpm para una frecuencia de 60 hz para hacer girar las transmisiones y bombas.
- Capacidad de alcanzar un máximo de 2 500 rpm.
- El flujo de aceite hacia los componentes de prueba requiere un flujo controlado y a una presión indicada.
- Pruebas de intervalo largo y enganche de transmisiones, bombas hidráulicas, motores hidráulicos, cilindros hidráulicos y válvulas.
- La medida de presión y la proporción de flujo de aceite del componente a través de uno o dos circuitos de medición de flujo digital. Un medidor provee presión de prueba usando un suministro variable de aceite hacia el componente, y puede ser usado como un contador de medición de flujo. El otro medidor provee un contador para leer solo proporción de flujo y presiones. Ambos circuitos tienen capacidad de carga de flujo en reversa.

### **3.3. Sistemas principales**

El banco de pruebas de transmisiones consiste de 3 sistemas principales de funcionamiento: el sistema de dirección hidrostática, el sistema de salida de flujo de aceite y el sistema de bomba de retorno del sumidero hacia el tanque principal.

Sistema de dirección hidrostática: consiste de un motor eléctrico de 150 hp que impulsa dos bombas hidráulicas. La bomba hidrostática suministra aceite al motor hidrostático, las mangueras que conectan la bomba con el motor hidrostático proveen flujo de aceite al motor, que suministra potencia mecánica rotativa. Esta potencia mecánica a la vez provee la salida para impulsar transmisiones o bombas. Una bomba de carga suministra el aceite retornado dentro de la bomba o motor hidrostático. La bomba y el motor son autocontenido en un sistema hidráulico contador cerrado, alimentado por un depósito de 225 litros (60 galones). Los controles sobre el banco de pruebas permiten al operador variar la salida de velocidad de 0 rpm a 2 500 rpm, también en rotación a favor de la dirección de las agujas del reloj o en contra de la dirección de las agujas del reloj.

El sistema de salida de flujo de aceite: el aceite puede ser suministrado desde tres fuentes hacia el componente que está siendo probado. Se suministra aceite presurizado desde la bomba de engranes (suministro de aceite principal) a 200 lpm (55 gpm), la línea de succión (suministro de bomba) a 102 mm (4 pulg.) y el circuito de lubricación a 13 lpm (3,5 gpm). Dependiendo de la fuente de aceite, el banco de pruebas provee todos los requerimientos para las pruebas apropiadas de componentes hidráulicos. El sistema de bomba de retorno del sumidero hacia el tanque principal: el aceite usado para pruebas de componentes cae sobre el sumidero debajo de la tabla

de soporte de trabajo. El aceite del sumidero es retornado a través de una serie de filtros hacia el depósito principal de 750 litros (200 gal) por dos bombas de sumidero localizadas en un extremo de este sobre la tabla de soporte de trabajo.

Cualquier fuga o derrame de aceite sobre la tabla de soporte de trabajo se drena hacia el sumidero. Las dos bombas trabajan en combinación para retornar el aceite hacia el depósito principal. Las bombas contienen un flotador de tres posiciones permiten la activación de las mismas. A bajo nivel ambas bombas están apagadas. Durante las pruebas mientras el aceite aumenta el nivel sube a intermedio, en este punto la bomba 1 se activa. Finalmente si el aceite aumenta y el nivel sube alto, la bomba 2 se activa y las dos bombas están activadas retornando el aceite al depósito principal hasta que baja el nivel desactivando sucesivamente las dos bombas.

### **3.4. Características y especificaciones**

Las características y especificaciones de los equipos y sistemas que hacen funcionar el banco de pruebas se nombran a continuación.

- Sistema de impulsión primaria: el motor principal eléctrico impulsa el sistema hidrostático y una bomba de engranes de 200 lpm (55 gpm). El motor tiene una capacidad de 150 hp a 900 rpm a 60 hz. El motor eléctrico del banco de pruebas esta disponible para potencia comercial estándar, de 208 a 575 voltios, trifásico, 50 o 60 hz.
- Sistema de impulsión hidrostática (impulsión principal): consiste de una bomba de pistón de desplazamiento variable, una bomba de carga y un

motor hidrostático de 2 500 rpm, a 38 000 kPa (5 500 psi) con un torque máximo de salida de 1 320 Nm (11 700 lb/in).

- Control de la bomba: proveído por una válvula de control variable. La válvula de control es infinitamente variable a través del rango, para un máximo de 900 rpm para 60 hz en rotación a favor y en contra de las agujas del reloj.
- Control de la velocidad del motor: suministrado por una válvula de control variable. La válvula controla las rpm del motor hidrostático desde 900 rpm para 60 hz hasta 2 500 rpm. El control de velocidad del motor aumenta rpm mientras decrece el torque del motor.
- Sistema de salida de flujo de aceite: una bomba de engranes suministra de 0 a 21 000 kPa (0 a 3 000 psi) de suministro de aceite principal a 200 lpm (55 gpm) para pruebas. Un circuito de flujo de lubricación provee de 0 a 3 000 kPa (0 a 400 psi) de flujo de aceite a 13 lpm (3,5 gpm) para lubricación de rodamientos y cojinetes o para control de componentes. El sistema de suministro de bomba otorga una porción positiva de aceite usando flujo por gravedad desde el depósito principal a través de una línea de 101 mm (4 pulg.) hacia la entrada de la bomba que esta siendo probada.
- Flujo de aceite y contador de medida de presión: dos flujos y dos contadores de medida de presión están disponibles para la prueba de los componentes. Cada circuito puede retornar el aceite hacia el sumidero con la apropiada conexión de mangueras. Un contador de medida de flujo tiene un suministro de aceite presurizado añadido de 200 lpm (55 gpm). Ambos contadores son capaces de medir 475 lpm (125 gpm) con

una presión máxima de 47 000 kPa (6 800 psi). Cargar el flujo en dirección de reversa puede ser realizado por ambos contadores.

- Sistema de bomba de sumidero: dos bombas de sumidero de 225 lpm (60 gpm) trabajan en combinación para retornar el aceite del sumidero de soporte de trabajo hacia el depósito principal.

### **3.5. Especificaciones del aceite**

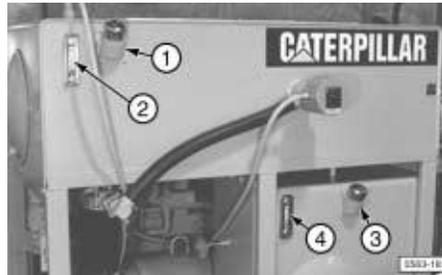
El aceite recomendado para la prueba de componentes es el aceite hidráulico marca Mobil DTE 11, para el depósito principal de 200 galones. Durante las pruebas de componentes, el aceite DTE 11 funciona a una temperatura más fría que el aceite hidráulico regular pero se mantiene cerca de la viscosidad del aceite bajo condiciones de campo. Usando el aceite DTE 11 añada una medida de protección para el operador porque las temperaturas del aceite solo operan de 115 °F a 125 °F.

Para el sistema hidrostático con depósito de 60 galones es el aceite Mobil DTE 26. Usando DTE 26 deberá extender el servicio de los componentes del sistema hidrostático. Usando el aceite Mobil DTE 26, la temperatura de operación se mantiene de 130 °F a 140 °F.

### **3.6. Encendido inicial**

El encendido inicial o primer arranque es muy importante. Se debe tener en cuenta todos los sistemas revisados y puesto a punto para el encendido inicial.

Figura 11. **Depósito hidrostático**



1. Deposito principal. 2. Medidor. 3. Deposito hidrostático. 4. Medidor.

Fuente: Gentrac Caterpillar.

Figura 12. **Bomba de engrane**

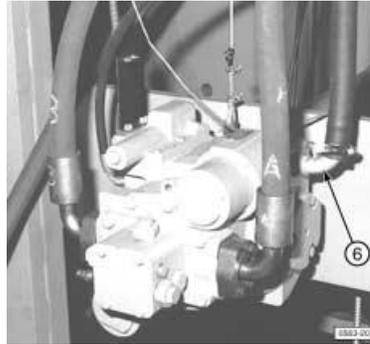


5. Bomba de engrane entrada válvula suministro.

Fuente: Gentrac Caterpillar.

- Llenar el depósito principal (1) con aceite mobil DTE 11 los 200 galones de la capacidad del tanque. Abrir la válvula de suministro (5) para que se llene la entrada de la bomba de engrane. Ver figura 11.
- Llenar el depósito hidrostático (3) con aceite mobil DTE 26 los 60 galones de la capacidad del tanque. Abrir válvula de suministro para que se llene la bomba de carga. Ver figura 11.

Figura 13. **Motor hidrostático**



6. Línea y Conexión de drenaje del motor hidrostático.

Fuente: Gentrac Caterpillar.

- Antes de encender, el motor hidrostático y la bomba hidrostática se debe llenar de aceite mobil DTE 26. Para llenar la bomba hidrostática remover la línea de drenaje (6) y añadir 2 galones dentro de la línea. Llenar el motor hidrostático con aceite y reconectar la línea. Ver figura 13.
- Girar control de energía *on* y rotar el botón de control del motor para verificar la rotación del motor eléctrico. Para observar la rotación del eje del motor remover la cubierta de motor sobre el final de la bomba de engrane del motor eléctrico. La rotación del eje debe ser a favor de las agujas del reloj. Si no es así verificar conexiones eléctricas.
- Continuar con la rotación del botón de control del motor hasta que el sistema hidrostático haya sido purgado de aire y esta rotando.
- Una vez el sistema está funcionando, verificar la operación del interruptor de control de la bomba. Cuando el interruptor se mueve a favor de las agujas del reloj el motor hidrostático debe moverse de igual manera. Si no es así las conexiones hidráulicas deben cambiarse. Rotar el botón de control de la bomba a las máximas rpm en ambos sentido de las agujas

del reloj. La pantalla debe desplegar aproximadamente 950 rpm para 60 hz.

- Observar la operación del control de velocidad del motor. Con el control de la bomba en una posición completa de flujo, rpm debe desplegar 950 rpm para 60 hz. Rotar el botón de control de velocidad del motor y las rpm deben aumentar. Cuando el botón es girado completamente, las rpm deben ser de 2 500 rpm aproximadamente. Ver figura 12.
- Verificar el sistema de salida de flujo de aceite, conectando una manguera al puerto #2 y posicionar el otro extremo dentro del sumidero. Mover la manecilla de flujo de suministro en posición *on*. El flujo de salida del puerto #2 debe ser de 55 gpm aproximadamente. Asegúrese que el interruptor de la bomba del sumidero esta en automático antes de iniciar las pruebas.
- Inspeccionar la operación del botón de paro de emergencia. Poner el motor hidrostático a 1 000 rpm y presionar el botón de paro de emergencia. Todos los sistemas deben apagarse y solo la luz del indicador de control de energía debe estar encendida. Liberar el botón de paro de emergencia.
- Verificar la operación de los motores de las bombas del sumidero. Observar la rotación del motor removiendo la tapa protectora superior de las bombas. El eje del motor debe girar en la dirección indicada por la flecha impresa.

### **3.7. Operación diaria**

Para iniciar el banco de pruebas para operación diaria:

- Girar el botón de energía *on*. Indicador de energía *on* de color verde debe estar encendido. Si no esta encendido, verificar botón de paro de

emergencia.

- Girar el interruptor de la bomba del sumidero en automático y girar el interruptor de calentamiento en *on*.
- Iniciar el motor eléctrico principal presionando *start*. Si el motor eléctrico no enciende, verificar lo siguiente:
  - Botón de paro de emergencia de estar fuera de activación.
  - Luz del indicador del filtro de carga debe estar apagada.
  - Interruptor de control de la bomba debe estar en posición neutral.
  - Luz de bajo aceite debe estar apagada. Si la luz del indicador del filtro de carga esta *on* en cualquier momento, el filtro de carga debe ser reemplazado antes de presionar el botón de reiniciar (*reset*). Este es un circuito de seguridad interna para asegurar que el filtro de carga hidrostático es cambiado antes que se encienda nuevamente.
- Ahora se puede realizar la prueba del componente.

### **3.8. Prueba de transmisión**

El propósito de esta es verificar el óptimo funcionamiento del componente reparado. Al hacer funcionar la transmisión, las presiones establecidas pueden ser ajustadas, puntos de cambio rápidamente fijados y flujos pueden ser verificados. Adicionalmente condiciones inaceptables de operación como fugas, ruido excesivo y vibración puede ser identificado. El banco de prueba es capaz de simular la operación de la máquina en todas las transmisiones. Se describe a continuación los aspectos de prueba para una transmisión.

- El impulsor principal (motor hidrostático) hará funcionar la transmisión en la dirección requerida y a la velocidad deseada. Esta actividad se cumple

a través de la leva de control de la bomba y el botón de velocidad del motor.

- El sistema de suministro de aceite principal proveerá flujo de aceite regulado a una presión específica a la válvula y al paquete de embrague en la transmisión. Este sistema de suministro de aceite principal toma el lugar de la bomba de carga de la máquina donde no es parte integral de la transmisión.
- El sistema de control de aceite proveerá aceite a bajo flujo y presión para lubricación.
- Los medidores de flujo permitirán verificar la cantidad de flujo y fugas en un sistema.
- Seis manómetros de presión localizados en la consola de control permitirán conectar a la transmisión para verificar las presiones internas.

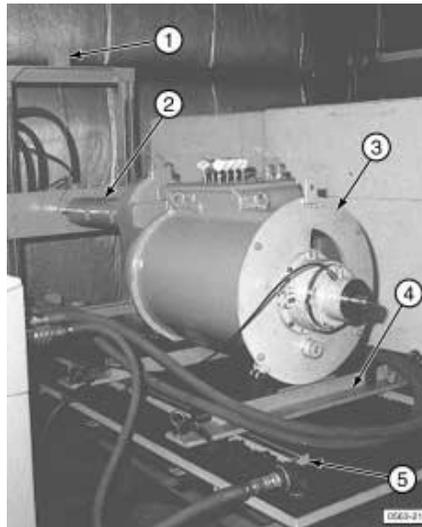
### **3.8.1. Montando la transmisión al banco de prueba**

Posicionando y nivelando, siempre debe realizarse una base segura para nivelar cuando se prueba una transmisión. Montar la transmisión en un adaptador tipo universal a lo largo con adaptadores especiales para la transmisión. Si las barras de soporte (4) son utilizadas para montar la transmisión, posicionar las barras de soporte tan cerca como sea posible a las terminales de la transmisión. En la figura 14 se puede observar.

Posicionar el eje de entrada de la transmisión tan cerca como sea posible a la línea central vertical del impulsor principal hidrostático. Usando la polea de levante del motor hidrostático (1) ajuste el eje de salida del impulsor principal horizontalmente para alinear con el eje de entrada de la transmisión y conectar los ejes de impulsión.

Asegurando: los tornillos del adaptador de montaje y la transmisión al sumidero de soporte de trabajo usando los dos carriles de fijación (5). Usar las cadenas y fijadores de cargas para asegurar la transmisión con el adaptador de montaje o con el sumidero de soporte de trabajo. Los fijadores de carga deben posicionarse en lados opuestos. Esto debe mantener el montaje ajustado, seguro y debe mantener la carcasa de la transmisión fija sin rotación durante los cambios violentos de la transmisión. Después de asegurar la transmisión, verificar la alineación del eje impulsor e instalar la guarda del eje impulsor (2).

Figura 14. **Montaje**



1. Polea de levante de motor hidrostático.
2. Guarda de Eje impulsor.
3. Transmisión.
4. Barra de soporte.
5. Carril de fijación.

Fuente: Gentrac Caterpillar.

### **3.8.2. Conexiones hidráulicas**

Para obtener el apropiado flujo de suministro de aceite hacia la transmisión, seguir los pasos siguientes:

- Conectar la manguera de suministro del puerto #2 (medidor de flujo 1) hacia la entrada de aceite de la transmisión especificado en el procedimiento de prueba.
- Asegurar que la válvula #6 de suministro de aceite principal esta al ajuste mínimo (totalmente girado en contra de las agujas del reloj).
- Suavemente abrir la válvula #8 de flujo de suministro para el requerido flujo de aceite.
- Ajustar la válvula #6 de presión de aceite al valor de presión apropiada requerida por la transmisión de prueba. Nota: si la transmisión no tiene válvula de alivio, la presión de suministro de aceite principal debe estar ajustada a la presión de prueba específica para proteger la transmisión.
- Ajustar la válvula #9 de carga para suministrar el flujo de aceite correcto a la transmisión. La relación de flujo puede leerse sobre la pantalla digital del medidor de flujo #1. Nota: el suministro de aceite principal debe estar ajustado al flujo exacto que la transmisión recibe en la máquina. Esto no significa que la transmisión debe recibir 55 gpm si la máquina tiene una bomba ajustada a esa medida. Las bombas suministran otros componentes con flujo de aceite y el suministro a la transmisión es generalmente menos de lo que el sistema suministra.

### **3.8.3. Impulsando la transmisión**

Existen dos tipos de arreglos impulsores sobre una transmisión: tipo remoto o montaje directo.

- Tipo remoto: esta normalmente conectada al motor a través de un eje impulsor. Por lo tanto, solo es necesario para conectar el impulsor principal del banco de pruebas a la transmisión con un eje impulsor.
- Montaje directo: sobre una transmisión con convertidor de par que se conecta directamente a un motor es necesario conectar sobre el adaptador de impulso apropiado el mástil de soporte de impulso y soporta el convertidor de par. Después de hecho esto, la transmisión quedara conectada al impulsor principal del banco de pruebas de la misma manera que el tipo remoto.

### **3.9. Prueba de la transmisión del camión 769D**

Para la prueba de transmisión se debe obtener datos y luego seguir el procedimiento de prueba para que la misma se realice de la mejor manera y sea exitosa.

#### **3.9.1. Datos**

El control hidráulico de válvulas de la transmisión es el componente que regula la presión de los embragues de la transmisión, por medio de válvulas de control de presión, válvula solenoide de cambio ascendente, válvula solenoide de cambio descendente, válvula selectora y actuador rotativo. Las válvulas solenoides son la conexión entre el sistema eléctrico y sistema hidráulico. Las válvulas solenoides son activadas eléctricamente y mandan aceite hacia el

actuador rotativo. El actuador gira el carrete selector rotativo en la válvula selectora que envía aceite piloto hacia la válvula de control de presión. El aceite piloto es el aceite que se dirige hacia los embragues de la transmisión.

La válvula de control de presión envía aceite en la correcta cantidad para un enganche suave de los embragues en la transmisión. Las válvulas solenoides cambio ascendente y descendente activan hidráulicamente el grupo de control de válvulas hidráulicas. El grupo de control de válvulas hidráulicas activa los embragues de la transmisión, la cual causa la conexión mecánica hacia el eje de salida de la transmisión. La presente transmisión tiene 7 velocidades hacia adelante, 1 en reversa y neutral. La velocidad se selecciona manualmente. Al seleccionar cada velocidad se enganchan los embragues de la transmisión.

El control de válvulas de presión regula la presión de enganche de los embragues de la transmisión, internamente está el carrete selector rotativo acoplado con válvulas de control de presión que funciona con una presión específica para el correcto enganche de los embragues. Estos se relacionan con los embragues ya que cada carrete selector con válvulas de control de presión controla cada embrague de la transmisión. Existen 7 válvulas de control de presión que controlan cada uno de los 7 embragues. Las 7 válvulas de control de presión se nombran con letras del alfabeto; A,B,C,D,E,F,G,H, y M. La letra M se le nombra a la presión de aceite piloto.

Cada válvula de control de presión controla un embrague de la transmisión, estos son de la siguiente manera:

**Tabla VII. Control de presión**

Válvula	Controla Presión	Embrague No.
A	=	3
B	=	1
C	=	2
D	=	no se usa
E	=	5
F	=	4
G	=	6
H	=	7
M	=	aceite piloto

Fuente: Gentrac Caterpillar.

Cada velocidad en la transmisión engancha los embragues internos de la misma, la cual permite el movimiento deseado. Por cada velocidad se enganchan 2 embragues, resultando de la siguiente manera:

**Tabla VIII. Selector de velocidad**

Selección de velocidad	Embragues Enganchados
Reversa	3 y 7
Neutro	1
Primera	2 y 6
Segunda	1 y 6
Tercera	3 y 6
Cuarta	1 y 5
Quinta	3 y 5
Sexta	1 y 4
Séptima	3 y 4

Fuente: Gentrac Caterpillar.

La presión de flujo que ingresa al control de válvulas de presión de la transmisión es de 18 gpm a  $\pm 1$  gpm. En bajas revoluciones de 800 rpm a  $\pm 5$  rpm.

La presión de flujo que ingresa al control de válvulas de presión de la transmisión es de 45 gpm a  $\pm 1$  gpm. En altas revoluciones de 2 150 rpm a  $\pm 30$  rpm.

### **3.9.2. Procedimiento de prueba**

El procedimiento de prueba es una serie de pasos a realizar en orden para que la misma sea exitosa y el componente este en óptimas condiciones de operación.

#### **3.9.2.1 Determinación de la prueba**

Se inicia la prueba montando la transmisión en el banco de pruebas, realizar las conexiones hidráulicas apropiadas (en el inciso 3.8.1 se hizo referencia sobre este punto). Remover el tapón de drenaje de aceite de la transmisión. Remover la tapadera del control de válvulas. Se determinó que se debe tomar la presión de las 7 válvulas de control de presión de los embragues y de la salida del aceite piloto. Esto para ajustar correctamente la presión de los embragues y que realicen el enganche suave y de buena manera. En cada control de válvulas de presión se deberá conectar un manómetro de presión hidráulica y un manómetro en la salida del aceite piloto, para observar la presión y ajustarla si es necesario.

Se determinó que se debe realizar varias pruebas, iniciando desde la más sencilla hasta la más completa. Para esto se enlistó y se nombró las pruebas de la siguiente manera:

- Prueba inicial básica
- Prueba de presión de aceite piloto
- Prueba de embragues en bajas revoluciones
- Prueba de embragues en altas revoluciones

### **3.9.2.2 Procedimiento de prueba**

- Prueba inicial básica (1): iniciar rotando la transmisión a unas 600 rpm. Realizar los cambios de velocidad de la transmisión desde la 1a velocidad hasta la 7a velocidad, luego descender a neutro y cambiar a reversa. Se realiza para eliminar el aire en los embragues (realizar esto varias veces).
- Prueba de presión de aceite piloto (2): después de realizar la prueba inicial básica, ahora se debe ajustar la presión de flujo que ingresa al control de válvulas de presión a: 18 gpm a  $\pm 1$  gpm. Se debe rotar la transmisión a 800 rpm en neutro. Luego, cambiar a 1a velocidad. Se debe tomar la lectura del manómetro del aceite piloto (M). Se determinó que de la presión debe ser de 250 psi a  $\pm 10$  psi. Si la lectura de presión no es la correcta, se debe revisar internamente el componente.
- Prueba de embragues en bajas revoluciones (3): para esta prueba se debe ajustar la presión de flujo que ingresa al control de válvulas de presión a: 18 gpm a  $\pm 1$  gpm. Se debe rotar la transmisión a 800 rpm en neutro. Cambiar las velocidades ascendentemente hasta la 7a velocidad y luego descendentemente a neutro. Bajar la rotación a 600 rpm y cambiar a reversa. Se determinó que no se debe cambiar a reversa a

más de 600 rpm ya que el cambio es muy fuerte y debe ser suave para que los componentes no sufran desgaste prematuro.

- La lectura de las presiones debe ser las siguientes:
  - En la 1a velocidad, la válvula de control de presión serán C y G, engancha el embrague 2 y 6. La lectura de presión es de C = 45 psi y G = 40 psi.
  - En la 2a velocidad, la válvula de control de presión serán B y G, engancha el embrague 1 y 6. La lectura de presión es de B = 40 psi y G = 40 psi.
  - En la 3a velocidad, la válvula de control de presión serán A y G, engancha el embrague 3 y 6. La lectura de presión es de A = 65 psi y G = 40 psi.
  - En la 4a velocidad, la válvula de control de presión serán B y E, engancha el embrague 1 y 5. La lectura de presión es de B = 40 psi y E = 55 psi.
  - En la 5a velocidad, la válvula de control de presión serán A y E, engancha el embrague 3 y 5. La lectura de presión es de A = 65 psi y E = 55 psi.
  - En la 6a velocidad, la válvula de control de presión serán B y F, engancha el embrague 1 y 4. La lectura de presión es de B = 40 psi y F = 45 psi.
  - En la 7a velocidad, la válvula de control de presión serán A y F, engancha el embrague 3 y 4. La lectura de presión es de A = 65 psi y F = 45 psi.
  - En neutro, la válvula de control de presión serán B, engancha el embrague 1. La lectura de presión es de B = 40psi.

- En reversa, la válvula de control de presión serán A y H, engancha el embrague 3 y 7. La lectura de presión es de A = 65 psi y H = 40 psi.

Nota: todos tendrán un incerteza permisible de  $\pm 5$  psi. Si la lectura de presión no es la correcta, se debe revisar internamente el componente. En el anexo C se presenta el cuadro guía.

- Prueba de embragues en altas revoluciones (4): para esta prueba se debe ajustar la presión de flujo que ingresa al control de válvulas de presión a: 45 gpm a  $\pm 1$  gpm. Se debe rotar la transmisión a 2 150 rpm a  $\pm 30$  rpm. Cambiar las velocidades ascendentemente hasta la 7a velocidad y luego descendentemente a neutro. Bajar la rotación a 600 rpm y cambiar a reversa. Se determinó que no se debe cambiar a reversa a más de 600 rpm ya que el cambio es muy fuerte y debe ser suave para que los componentes no sufran desgaste prematuro.
- La lectura de las presiones debe ser las siguientes:
  - En la 1a velocidad, la válvula de control de presión serán C y G, engancha el embrague 2 y 6. La lectura de presión es de C = 265 psi y G = 425 psi.
  - En la 2a velocidad, la válvula de control de presión serán B y G, engancha el embrague 1 y 6. La lectura de presión es de B = 202 psi y G = 425 psi.
  - En la 3a velocidad, la válvula de control de presión serán A y G, engancha el embrague 3 y 6. La lectura de presión es de A = 245 psi y G = 425 psi.

- En la 4a velocidad, la válvula de control de presión serán B y E, engancha el embrague 1 y 5. La lectura de presión es de B = 202 psi y E = 280 psi.
- En la 5a velocidad, la válvula de control de presión serán A y E, engancha el embrague 3 y 5. La lectura de presión es de A = 245 psi y E = 280 psi.
- En la 6a velocidad, la válvula de control de presión serán B y F, engancha el embrague 1 y 4. La lectura de presión es de B = 202 psi y F = 200 psi.
- En la 7a velocidad, la válvula de control de presión serán A y F, engancha el embrague 3 y 4. La lectura de presión es de A = 245 psi y F = 200 psi.
- En neutro, la válvula de control de presión serán B, engancha el embrague 1. La lectura de presión es de B = 202 psi.
- En reversa, la válvula de control de presión serán A y H, engancha el embrague 3 y 7. La lectura de presión es de A = 245 psi y H = 425 psi.

Todos tendrán un incerteza permisible de  $\pm 15$  psi. Si la lectura de presión no es la correcta, se debe revisar internamente el componente. En el anexo D se presenta el cuadro guía.

Al cumplir las 4 pruebas se da por exitosa y aprobada. La transmisión está en condiciones óptimas de operación y se puede iniciar a funcionar en el camión 769D.

### **3.10. Guía de mantenimiento del banco de pruebas**

El banco de pruebas hidráulicas esta diseñado para funcionar con un mínimo de mantenimiento regular. Los procedimientos e intervalos de tiempo dados en este documento deben seguirse rigurosamente. Es recomendable mantener todo el banco sin grasa, suciedad, tierra, agua y aceite. Una adecuada cantidad de fluído (aceite) hidráulico limpio debe mantenerse en el área del banco todo el tiempo. El aceite es una parte muy crítica del banco.

Manteniendo los tanques llenos de aceite limpio se asegura un buen funcionamiento del banco y los componentes.

- Aceite del banco de pruebas
  - Revisar el aceite diariamente usando los manómetros de nivel y observación localizados en los depósitos de aceite del banco que también miden temperatura.
  - Aceite puede ser agregado al depósito principal y al depósito hidrostático. Los depósitos tienen una calcomanía de control de fechas de mantenimiento.
  - El aceite en el sumidero de soporte de trabajo debe verificarse periódicamente, para saber la calidad de este. Físicamente, el aceite puede ser probado por:
    - Sintiendo por el tacto al aceite por arena y sedimento.
    - Visualmente inspeccionando el color del aceite. Aceite negro oscuro es signo de aceite quemado. Aceite blanquecino es signo de agua o aire en el sistema.
  - En los depósitos de la bancada se tiene: en el depósito hidrostático se usa DTE 26 Mobil y la temperatura no debe exceder de 140 grados Fahrenheit. En el depósito principal se usa

DTE 11 Mobil y la temperatura puede estar entre 110 a 140 grados Fahrenheit. Ver figura 15.

Todas las temperaturas están sujetas a los requerimientos del equipo a probar.

Figura 15. **Calentador**



Fuente: Gentrac Caterpillar.

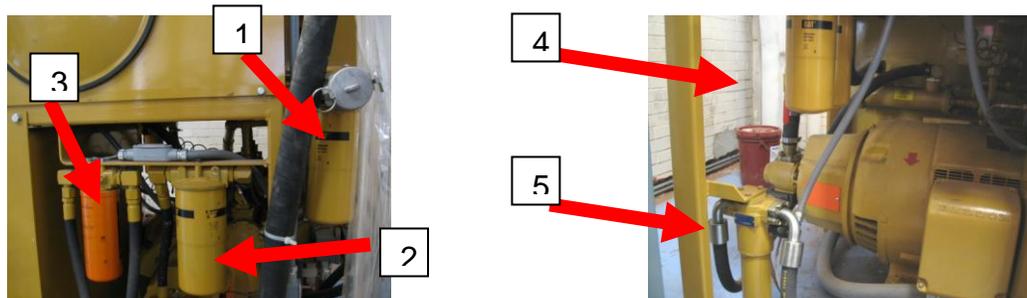
- **Filtros de aceite**
  - Los filtros de las bombas del sumidero (1) (*sump pump filters*) están localizados en la parte de atrás del equipo de prueba. Estos filtros que son 4 deben cambiarse cuando la luz indicadora de la consola de control se encienda.
  - El filtro de drenaje de caja (2) (*case drain filter*) esta localizado debajo y a la izquierda de los filtros de la bomba del sumidero (*sump pump filters*). Estos deben ser cambiados cuando la luz indicadora en la consola de control se encienda.
  - El filtro de carga (3) (*charge filter*) para el sistema hidrostático esta localizado a la par del filtro de drenaje de caja (*case drain filter*). Este debe ser cambiado cuando la luz indicadora de la consola de

control se encienda. El filtro se cambia y luego se oprime el botón de *Reset* de la consola.

- Los filtros de derivación (4) (*by-pass filters*) están localizados adelante y a la izquierda del equipo de prueba. Estos deben cambiarse cuando la luz indicadora de la consola de control se encienda.
- El filtro de suministro de aceite principal (5) (*main oil supply filter*) esta localizado debajo de los filtros de derivación. El filtro debe ser cambiado cuando la luz indicadora de la consola de control se encienda. El filtro se cambia y luego se oprime el botón de *Reset* de la consola.

En la figura 16 se puede observar los filtros.

Figura 16. **Filtros**



Fuente: Gentrac Caterpillar.

- Colador de aceite
  - El colador de aceite esta en el tapón de llenado de ambos depósitos del equipo de prueba. Debe ser removido y limpiado cada 1 500 horas (12 meses).
  - La pantalla de la rejilla del sumidero de soporte de trabajo debe ser limpiado cada 120 horas (1 mes).
  
- Intercambiador de calor
  - Hay dos intercambiadores en el equipo de prueba:
    - Uno es para el depósito principal. Ver figura 17.
    - Uno es para el depósito hidrostático. Ver figura 17.
  - Durante la operación normal, el intercambiador se vuelve sucio de aceite, grasa, tierra y sedimento.
    - El intercambiador debe drenarse cada 1 500 horas (12 meses) de operación.
  - Para limpiar el intercambiador hay que realizar ciertas actividades:
    - Primero drenar el agua y aceite de los tubos por medio de aire comprimido a través de ellos.
    - Durante el desarmado de la unidad debe tener cuidado para prevenir daños o tubos doblados.
    - Si la cámara de aceite del intercambiador se vuelve cubierta de sedimento tiene que limpiarse.
    - Si la cámara no esta cubierta con una capa gruesa de sedimento, lavar dentro de la cámara con solvente o aceite limpio para remover la capa de sedimento.
    - Para una capa gruesa de sedimento lavar la unidad con un solvente comercial, dependiendo del material puede ser gas

- o DG 90, o bien se puede usar tricloroetileno, y déjelo remojando por una hora. Repetir el remojo y lavado.
- o Si la parte interna de los tubos enfriadores se restringe o se tapa por incrustación o sedimento debe limpiarse. Para limpiar los tubos enfriadores use una cantidad de 50/50 de una solución de ácido muriático y agua. Para una capa gruesa de sedimento use un cepillo redondo para tubos y poder ayudar a limpiar la parte interna del tubo.
- o Después que la unidad ha sido limpiada, lavarla para quitar todos los químicos y solventes antes que la unidad se vuelva a poner en servicio.
- o Si se usa agua salada como medio enfriador, debe usar intercambiador de calor especial teniendo tubo de cobre 90/10, tapas de bronce y ánodos de zinc deberán ser usados.

Figura 17. **Intercambiador de calor**



Intercambiador de calor



Intercambiador de calor

Fuente: Gentrac Caterpillar.

- Calentador del aceite del depósito principal
  - Cuando el depósito principal es limpiado, la resistencia se debe revisar y limpiar de cualquier suciedad impregnada.
  
- Motores eléctricos: (motor principal y bombas del sumidero)
  - Motor hidrostático (son dos): engrasar los engranes y el eje tanto como sea necesario. Periódicamente poner unas gotas de aceite sobre los cojinetes del eje conductor.
  - Cables de sensores: si los cables de los sensores o de señales eléctricas están quemados, desgastados o machucados reemplazarlos inmediatamente.
  - Motor eléctrico principal: lubricar el motor en los puntos de engrase de lubricación cada 3 veces que se use el banco.

## CONCLUSIONES

1. Con la implementación de la prueba de transmisión, se considera que no basta con realizar la reparación de la misma sino que deja de ser empírica la reparación con la prueba, además de eliminar los problemas posteriores de no realizar la prueba, esta verifica el óptimo funcionamiento, mejora el proceso de reparación y se otorga un mejor servicio al cliente.
2. Se mencionó el tiempo muerto, aspecto que concuerda con los resultados obtenidos en la investigación y con el análisis realizado para determinar el tiempo muerto promedio, el costo adicional por corrección de anomalías, se demuestra que es posible eliminar este costo, además de concluir, que una vez que entre en operación el banco de pruebas se puede obtener utilidades y beneficios por cada prueba.
3. Un aspecto importante para que la prueba en el banco sea funcional es el buen manejo del mismo, el banco simula la operación en la máquina pero la correcta operación del banco determinará el éxito de la prueba, se establece que el conocimiento del funcionamiento y operación del banco permitirá realizar una prueba exitosa.

4. Con el desarrollo de la investigación se logró identificar puntos claves, como la presión de aceite en los embragues, presión de aceite piloto, las revoluciones de la transmisión, entre otros. Ayudaron a definir el procedimiento de prueba así como el propósito de cada paso a realizar, logrando así una prueba capaz de garantizar el buen funcionamiento del componente en mención.
5. Con la creación de un Manual de mantenimiento, no solo se benefician los operadores sino que la empresa misma, por una parte se logra el buen funcionamiento del mismo y por otra la realización correcta y certera de la prueba en el banco de pruebas. Además de la buena conservación del equipo asegura la realización de pruebas en el futuro.
6. Con referencia al aceite para transmisión tipo Caterpillar es el TDTO, de viscosidad SAE 60, se considera que el aceite hidráulico a utilizar en el banco de pruebas debe estar cerca de la viscosidad del aceite bajo condiciones de operación, esto ayudó a definir el tipo de aceite Mobil DTE 11 como el más apropiado para el funcionamiento del banco de pruebas.
7. Uno de los objetivos establecidos fue determinar la rentabilidad y viabilidad del proyecto, y el análisis económico demuestra que este objetivo apunta a la realidad, pues el retorno de la inversión será en menos de diez años ya que los indicadores del VAN, TIR, dan respuestas positivas y se demuestra que los beneficios tangibles e intangibles son significativos de tal manera, que la adquisición del banco de pruebas no solo es viable y rentable sino que garantiza la credibilidad y fiabilidad de la reparación.

## RECOMENDACIONES

Al supervisor de taller de especialidades:

1. Velar para que se cumpla rigurosamente los intervalos de mantenimiento del banco de prueba, para garantizar un buen funcionamiento del mismo.
2. Velar para que se cumpla con exactitud todo el procedimiento de prueba, para evitar confusiones y datos erróneos del funcionamiento del componente que se esté probando.

A los técnicos mecánicos del banco de pruebas:

3. Leer y comprender todas las instrucciones antes de operar el banco de prueba de transmisiones con el objeto de evitar accidentes y daños personales.
4. No desconectar o remover mangueras o acoples hasta que toda la presión del sistema haya sido aliviada, como también utilizar equipos de protección personal ya que dicho banco trabaja con altas presiones hidráulicas.
5. Asegurar de manera rígida la transmisión de prueba en el sumidero de soporte de trabajo para evitar la rotación de la transmisión.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR VÁSQUEZ, William Abel. *Ingeniería económica*. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2005. 50 p.
2. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. 3a. ed. México: McGraw Hill Interamericana. 1995. 133 p.
3. Caterpillar. *Fundamentos de los sistemas hidráulicos*. Guatemala: Gentrac, 2005. 90 p.
4. ———. *Teoría de operación de los trenes de potencia*. Guatemala: Gentrac, 2005. 40 p.



# APÉNDICE

## Apéndice A Flujo de caja

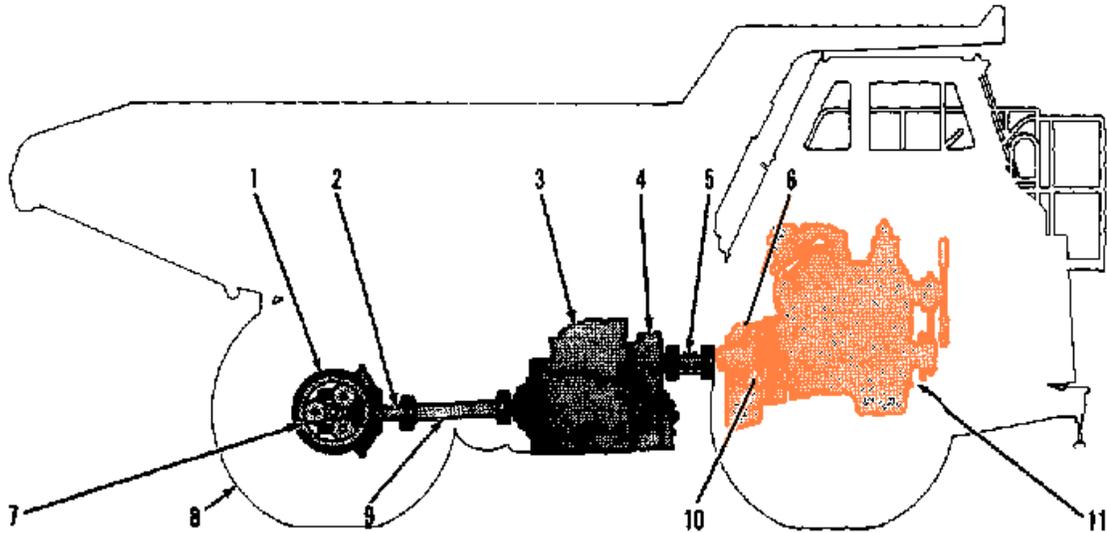
Rubro	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Inversion Inicial</b>	1951427.86											
<i>Ingresos</i>												
Mano de obra		92160.00	92160.00	92160.00	102703.10	102703.10	102703.10	114452.34	114452.34	114452.34	127545.69	
Aceite Hidraulico DTE 11 (2 galon)		3600.00	4011.84	4470.79	4982.25	5552.22	6187.40	6895.24	7684.05	8563.11	9542.73	
Aceite Hidraulico DTE 26 (2 galon)		2923.20	3257.61	3630.29	4045.59	4508.41	5024.17	5598.93	6239.45	6953.24	7748.69	
T total		98683.20	99429.45	100261.08	111730.95	112763.73	113914.67	126946.51	128375.84	129968.69	144837.11	
<i>Beneficios</i>		1070929.20	1193443.50	1329973.44	1482122.40	1651677.20	1840629.07	2051197.04	2285853.98	2547355.67	2838773.16	
<b>TOTAL</b>		<b>1169612.40</b>	<b>1292872.95</b>	<b>1430234.52</b>	<b>1593853.35</b>	<b>1764440.93</b>	<b>1954543.74</b>	<b>2178143.54</b>	<b>2414229.82</b>	<b>2677324.36</b>	<b>2983610.27</b>	
<b>Costos de Operación y Mantenimiento</b>												
<i>Costos Fijos</i>												
Grasa para motor electrico (150 hp)		849.96	947.20	1055.55	1176.31	1310.88	1460.84	1627.97	1814.20	2021.75	2253.04	
4 filtros sump pump		119168.64	132801.53	147994.03	164924.54	183791.91	204817.71	228248.85	254360.52	283459.37	315887.12	
1 filtro case drain		35051.76	39061.68	43530.34	48510.21	54059.78	60244.21	67136.15	74816.53	83375.54	92913.70	
1 filtro charge		35051.76	39061.68	43530.34	48510.21	54059.78	60244.21	67136.15	74816.53	83375.54	92913.70	
2 filtros by-pass		59584.32	66400.77	73997.01	82462.27	91895.96	102408.85	114124.43	127180.26	141729.68	157943.56	
1 filtro main oil supply		35051.76	39061.68	43530.34	48510.21	54059.78	60244.21	67136.15	74816.53	83375.54	92913.70	
aceite para las dos bombas		900.00	1002.96	1117.70	1245.56	1388.06	1546.85	1723.81	1921.01	2140.78	2385.68	
Consumo de aire comprimido		720.00	802.37	894.16	996.45	1110.44	1237.48	1379.05	1536.81	1712.62	1908.55	
Consumo de agua		900.00	1002.96	1117.70	1245.56	1388.06	1546.85	1723.81	1921.01	2140.78	2385.68	
energia electrica		2160.00	2407.10	2682.48	2989.35	3331.33	3712.44	4137.14	4610.43	5137.86	5725.64	
T total		289438.20	322549.93	359449.64	400570.68	446395.97	497463.67	554373.51	617793.84	688469.45	767230.36	
<i>Costos Variables</i>												
Reparacion por falla		11520.00	12837.89	14306.54	15943.21	17767.11	19799.67	22064.75	24588.96	27401.94	30536.72	
Mano de obra (2da. Persona)		92160.00	102703.10	114452.34	127545.69	142136.91	158397.38	176518.04	196711.70	219215.52	244293.77	
Herramienta, repuestos , piezas mandadas a hacer para la prueba		108000.00	120355.20	134123.83	149467.60	166566.70	185621.93	206857.07	230521.52	256893.18	286281.77	
Flipon interno		1080.00	1203.55	1341.24	1494.68	1665.67	1856.22	2068.57	2305.22	2568.93	2862.82	
Relè interno		7200.00	8023.68	8941.59	9964.51	11104.45	12374.80	13790.47	15368.10	17126.21	19085.45	
3 fusibles de (400 A, 600 V)		39106.80	43580.62	48566.24	54122.22	60313.80	67213.70	74902.95	83471.84	93021.02	103662.63	
Flipon principal		57600.00	64189.44	71532.71	79716.05	88835.57	98998.36	110323.77	122944.81	137009.70	152683.61	
manometro		10800.00	12035.52	13412.38	14946.76	16656.67	18562.19	20685.71	23052.15	25689.32	28628.18	
papelera y utiles		1800.00	2005.92	2235.40	2491.13	2776.11	3093.70	3447.62	3842.03	4281.55	4771.36	
T total		329266.80	366934.92	408912.28	455691.84	507822.99	565917.94	630658.95	702806.33	783207.38	872806.30	
<b>TOTAL</b>		<b>618705.00</b>	<b>689484.85</b>	<b>768361.92</b>	<b>856262.52</b>	<b>954218.96</b>	<b>1063381.60</b>	<b>1185032.46</b>	<b>1320600.17</b>	<b>1471676.83</b>	<b>1640036.66</b>	
<b>Ingresos- Costos</b>		<b>550907.40</b>	<b>603388.10</b>	<b>661872.60</b>	<b>737590.82</b>	<b>810221.98</b>	<b>891162.14</b>	<b>993111.09</b>	<b>1093629.65</b>	<b>1205647.53</b>	<b>1343573.61</b>	
<b>Depreciaciones</b>												
Banco de Prueba		126856.34	141368.71	157541.29	175564.01	195648.53	218030.72	242973.44	270769.60	301745.64	336265.34	
Mobiliario		10000.00	11144.00	12418.87	13839.59	15422.84	17187.22	19153.43	21344.59	23786.41	26507.57	
Herramienta		144380.46	160897.58	179304.27	199816.68	222675.70	248149.80	276538.14	308174.11	343429.22	382717.53	
Transformador Electrico		733260.00	817144.94	910626.33	1014801.98	1130895.32	1260269.75	1404444.61	1565113.07	1744162.01	1943694.14	
<b>TOTAL</b>		<b>1014496.80</b>	<b>1130555.23</b>	<b>1259890.75</b>	<b>1404022.25</b>	<b>1564642.40</b>	<b>1743637.49</b>	<b>1943109.62</b>	<b>2165401.36</b>	<b>2413123.28</b>	<b>2689184.58</b>	
<b>Ingresos- Costos-Depreciaciones</b>		<b>-463589.40</b>	<b>-527167.13</b>	<b>-598018.16</b>	<b>-666431.43</b>	<b>-754420.42</b>	<b>-852475.35</b>	<b>-949998.54</b>	<b>-1071771.72</b>	<b>-1207475.75</b>	<b>-1345610.97</b>	
ISR 15%		-69538.41	-79075.07	-89702.72	-99964.71	-113163.06	-127871.30	-142499.78	-160765.76	-181121.36	-201841.65	
Utilidad despues de Impuestos		-394050.99	-448092.06	-508315.43	-566466.72	-641257.36	-724604.05	-807498.75	-911005.96	-1026354.38	-1143769.33	
<b>FLUJO DE CAJA (utilidad+depre</b>	Q (1,951,427.86)	<b>620445.81</b>	<b>682463.17</b>	<b>751575.32</b>	<b>837555.54</b>	<b>923385.04</b>	<b>1019033.44</b>	<b>1135610.87</b>	<b>1254395.40</b>	<b>1386768.89</b>	<b>1545415.25</b>	
	Q	5,367,416.07										
<b>VAN</b>	Q	3,415,988.21										
<b>TIR</b>		0.39										
Tasa de interes= 5.75%	Inflacion acumulada=5.38											
Flujo de Caja con i= <b>11.44%</b>												

Fuente: elaboración propia.



## ANEXO

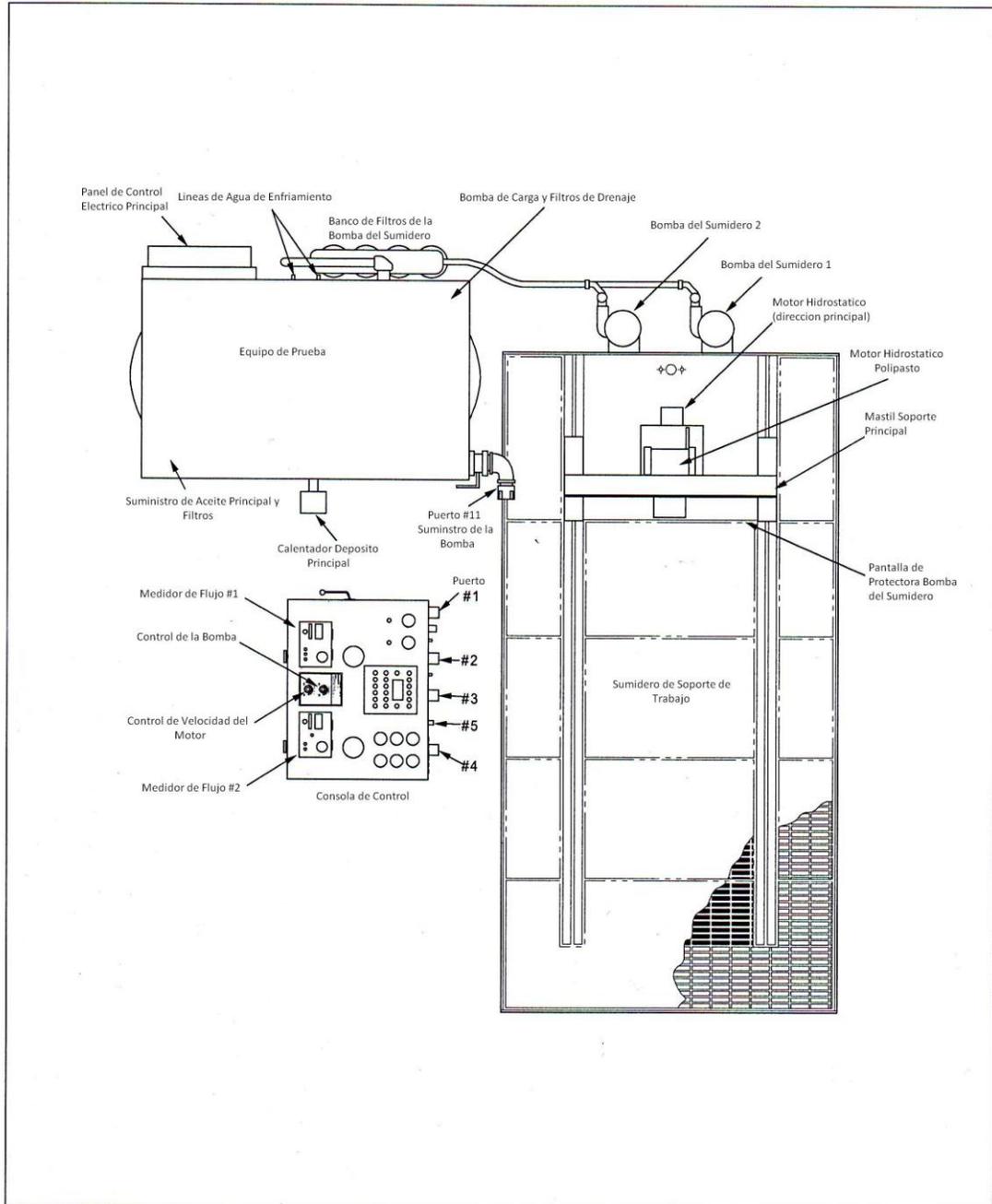
### Anexo A Tren de potencia del camión 769D Caterpillar



1. Diferencial y engranes biselados
2. Piñón
3. Transmisión
4. Engranes de transferencia
5. Eje de dirección
6. Convertidor de par
7. Mandos finales
8. Llantas
9. Eje cardan
10. Embrague
11. Motor

Fuente: Gentrac.

## Anexo B Nomenclatura



Fuente: Genfrac.

### Anexo C Carta de presión de embragues a bajas revoluciones

		Carta de Presion de Embragues a Bajas Revoluciones													
		A		B		C		E		F		G		H	
		3		1		2		5		4		6		7	
Posicion Velocidad	Embrague Enganchado	Dato	Prueba	Dato	Prueba	Dato	Prueba	Dato	Prueba	Dato	Prueba	Dato	Prueba	Dato	Prueba
R	3 & 7	65psi												40psi	
N	1			40psi											
1	2 & 6					45psi						40psi			
2	1 & 6			40psi								40psi			
3	3 & 6	65psi										40psi			
4	1 & 5			40psi				55psi							
5	3 & 5	65psi						55psi							
6	1 & 4			40psi						45psi					
7	3 & 4	65psi								45psi					

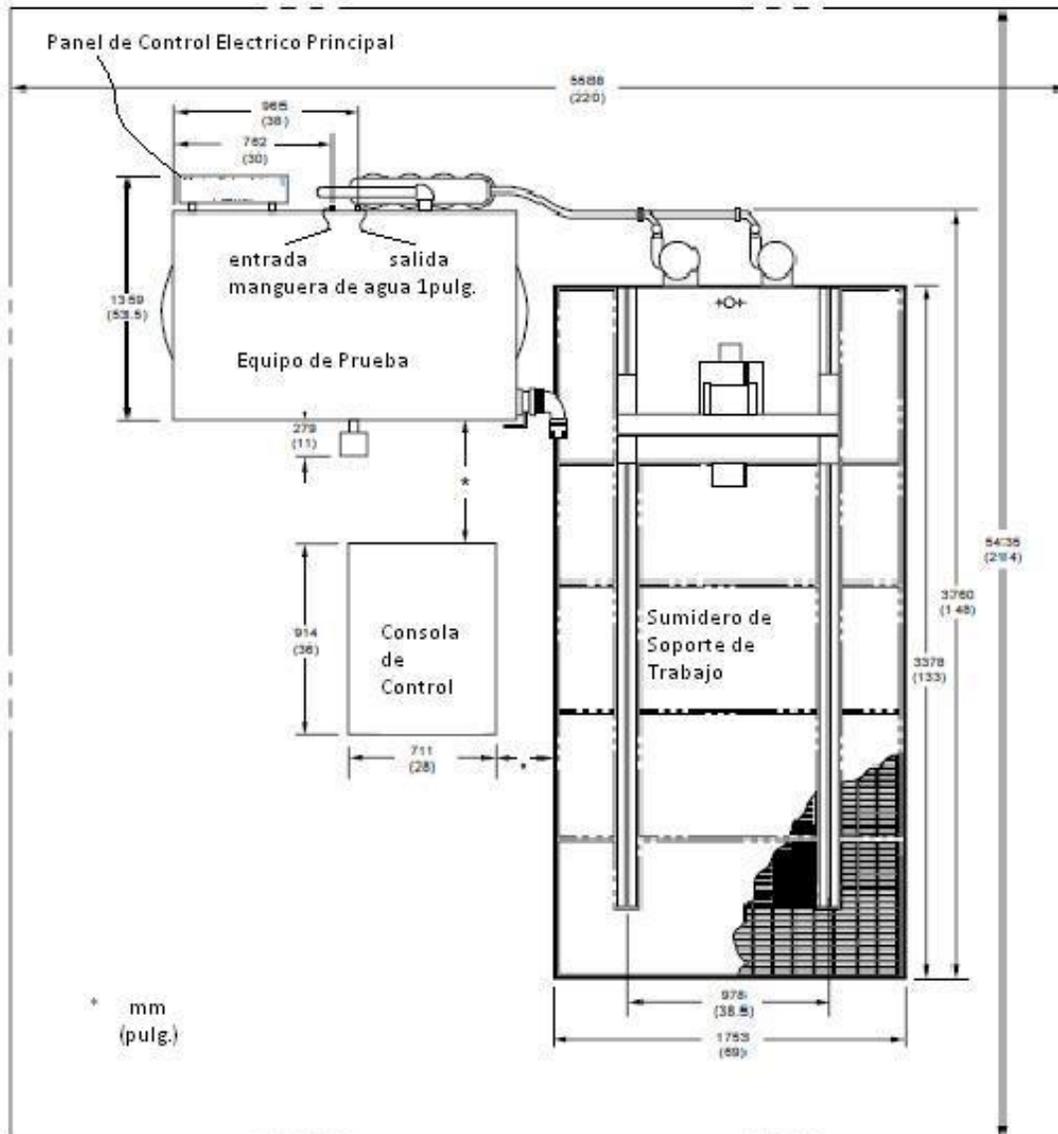
Fuente: Gentrac.

### Anexo D Carta de presión de embragues en altas revoluciones

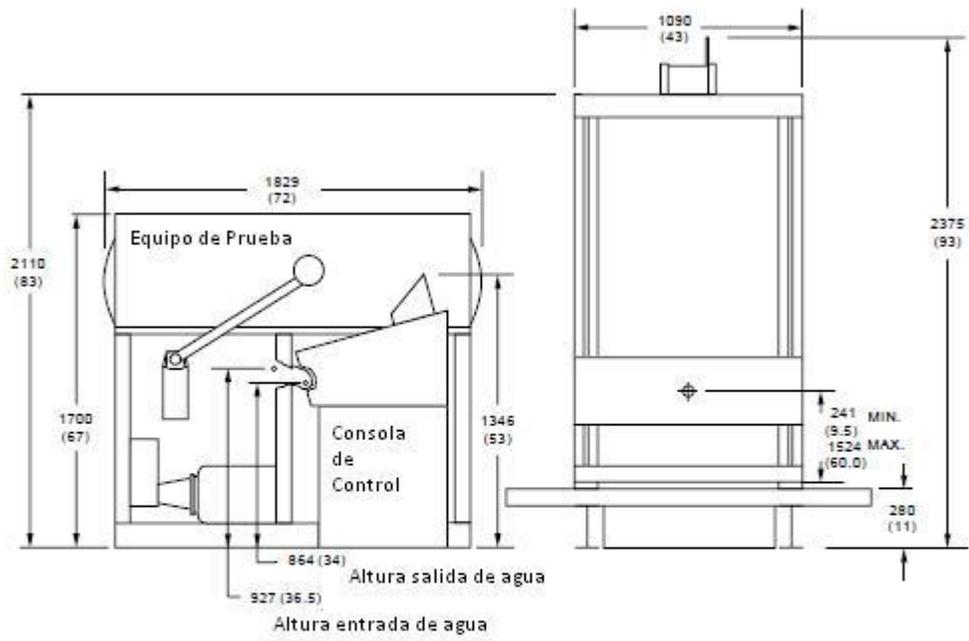
		Carta de Presion de Embragues en Altas Revoluciones													
		A		B		C		E		F		G		H	
		3		1		2		5		4		6		7	
Posicion Velocidad	Embrague Enganchado	Dato	Prueba	Dato	Prueba	Dato	Prueba	Dato	Prueba	Dato	Prueba	Dato	Prueba	Dato	Prueba
R	3 & 7	245psi												425psi	
N	1			202psi											
1	2 & 6					265psi						425psi			
2	1 & 6			202psi								425psi			
3	3 & 6	245psi										425psi			
4	1 & 5			202psi				280psi							
5	3 & 5	245psi						280psi							
6	1 & 4			202psi						200psi					
7	3 & 4	245psi								200psi					

Fuente: Gentrac.

## Anexo E Dimensiones del banco de prueba



Continuación del anexo E



Fuente: Gentrac.

## Anexo F Especificaciones transformador

El transformador de este equipo requiere un voltaje de 460V y posee los siguientes consumidores:



1 Motor trifásico 150 HP (bomba hidráulica)	175A
2 Motores trifásicos 3 HP	8.8 A
1 resistencia trifásica (calentador)	16.2 A
Accesorios (electroválvulas, contactores, relés, etc.)	10 A

**Total →210 A**

Considerando que el motor es una bomba hidráulica; este posee un arranque libre con relación a una carga directa. Se ha considerado un consumo extra de 2/3 (66%) en su arranque con relación a su consumo nominal, por encontrarse en reposo. El total de consumo en el arranque sería de: **325A a 460V**, considerando que los accesorios se activaran a la vez; pero no es así.

Se ha recomendado un **transformador de 150KVA, por encontrarse en dicho rango de capacidad no minal (no máxima)**. También se ha considerado las siguientes características del equipo:

- Arranque sin carga fuerte (20% en vacío).
- Alcance de velocidad nominal en aproximadamente 15 seg.
- No se necesita de arranques consecutivos, el transformador no recalienta.

Fuente: Gentrac.