



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**Principios de funcionamiento de sistemas oleo hidráulicos en
maquinaria pesada**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

Autores:

ADOLFO VICENTE MOSCOSO CAMPOVERDE

LUIS SEBASTIÁN ORDÓÑEZ TROYA

Nombre del director:

FRANCISCO TORRES MOSCOSO

CUENCA – ECUADOR

2022

DEDICATORIA:

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi Hijo Gustavo Adolfo, por ser mi inspiración y la razón para salir adelante, a mi madre María Esther por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A Manuel por su apoyo incondicional, a Viviana Vanessa por darme el regalo más grande de Dios, mi hijo.

A mis abuelitos que de Dios gozan, A mi tío Darío Humberto (+), al abuelito de mi hijo, Julio Alberto(+).

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Adolfo Moscoso

DEDICATORIA:

A toda mi familia, a mi esposa por haber sido mi motivación y apoyo en todos los momentos.

A mis hijos por quienes doy y daré mi mejor esfuerzo.

A mi Padre y hermano quienes han sido el ejemplo a seguir y en especial, a mi Madre quien siempre me apoyó y jamás se rindió hasta verme cumplir este sueño de ser ingeniero.

Luis Ordóñez

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mi hijo y mi madre, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mi expectativa, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión; de manera especial al Ing. Francisco Torres Moscoso, tutor de nuestro proyecto de investigación quien nos ha guiado con su paciencia y rectitud.

Adolfo Moscoso

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios todopoderoso y a todas las personas que de manera directa e indirecta formaron parte de este logro.

No me queda más que decirles muchísimas gracias, sin ustedes no habría sido posible lograr nada en absoluto.

Luis Ordóñez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Estado del arte	4
1.2 Motivación de la investigación	7
1.3 Problemática.....	7
1.4 Objetivos.....	7
1.5 Alcances y resultados esperados	8
1.6 Diseño del estudio.....	8
CAPÍTULO II.LEGISLACIÓN Y NORMATIVA EN LA MAQUINARIA PESADA	10
2.1 Legislación	10
2.2 Normativa.....	12
2.3 Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP)	16
2.4 Agencia Nacional de Tránsito (ANT).....	16
2.5 Clasificación según normativa.....	17
CAPÍTULO III. SISTEMAS OLEO HIDRÁULICOS EN MAQUINARIA PESADA	20
3.1 Sistemas oleo hidráulicos en la maquinaria caracterizada.....	20
Provincia del Azuay.....	36
Caracterización de la maquinaria en la provincia del Azuay.....	36

CAPÍTULO IV.PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO	57
.....	
Simbología.....	57
Mantenimiento	63
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura de un sistema RCS.....	5
Figura 2. Aplicaciones de la oleo hidráulica en una apiladora de contenedores.....	6
Figura 3. Diseño del estudio.....	8
Figura 4. Legislación para la maquinaria pesada	12
Figura 5. Plano referencial para maquinaria pesada	13
Figura 6. Dimensionamiento de la maquinaria	13
Figura 7. Esquema de un circuito hidráulico	20
Figura 8. Proporcionalidad de la presión según la altura	21
Figura 9. Sistema hidráulico en equilibrio.....	22
Figura 10. Caudal en un tubo.....	22
Figura 11. Comportamiento de un fluido en el estrechamiento de una tubería.....	23
Figura 12. Diferencia entre flujo laminar y turbulento	24
Figura 13. Estructura de un circuito oleo hidráulico.....	25
Figura 14. Depósito hidráulico	26
Figura 15. a) Manguera, b) Cañería	26
Figura 16. Clasificación de las bombas hidráulicas.....	27
Figura 17. Clasificación de las bombas de desplazamiento positivo	27
Figura 18. a) Configuración centro abierto, b) configuración centro cerrado.....	34
Figura 19. Circuito centro abierto en posición neutra.....	34
Figura 20. Circuito centro abierto activado	35
Figura 21. Circuito centro cerrado en posición neutra.....	35
Figura 22. Circuito centro cerrado activado.....	36
Figura 23. Cuatro períodos de antigüedad de la maquinaria	38
Figura 24. Gráfico de participación de marcas.....	39
Figura 25. Principales dimensiones de una retroexcavadora.....	41
Figura 26. Principales partes de una retroexcavadora.....	42
Figura 27. Características funcionales.....	43
Figura 28. Principales partes de una excavadora de oruga.....	44
Figura 29. Características funcionales.....	45
Figura 30. Principales partes de un rodillo	46
Figura 31. Dimensiones del útil.....	48
Figura 32. Principales dimensiones.....	49
Figura 33. Principales partes de una minicargadora	50
Figura 34. Principales partes de una cargadora sobre ruedas	50
Figura 35. Principales dimensiones.....	51
Figura 36. Principales partes de una motoniveladora	52
Figura 37. Principales dimensiones.....	53
Figura 38. Detalle del equipamiento	53
Figura 39. Principales partes de un tractor de oruga.....	53
Figura 40. Etiqueta de advertencia.....	58
Figura 41. Software para calibrar parámetros	60

Figura 42. Estriado del eje de una bomba para excavadora	65
Figura 43. Requerimientos de par para varias maquinarias.....	81
Figura 44. Recomendaciones de aceites grado SAE según la temperatura	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normativa referente a maquinaria pesada	14
Tabla 2. Tipos de maquinaria pesada en Ecuador	18
Tabla 3. Especificaciones de las bombas hidráulicas	28
Tabla 4. Prestaciones de las bombas hidráulicas.....	30
Tabla 5. Características de las válvulas	31
Tabla 6. Tipos de actuadores	32
Tabla 7. Cantidad de maquinaria por tipos	37
Tabla 8. Antigüedad de la maquinaria.....	37
Tabla 9. Participación por marcas.....	38
Tabla 10. Participación por marcas de las retroexcavadoras.....	40
Tabla 11. Características de las retroexcavadoras	41
Tabla 12. Tipos de retroexcavadoras.....	42
Tabla 13. Participación por marcas de las excavadoras de oruga	42
Tabla 14. Características promedio de las excavadoras de oruga.....	43
Tabla 15. Tipos de excavadoras de oruga.....	44
Tabla 16. Participación por marcas de los rodillos.....	44
Tabla 17. Características principales de los rodillos.....	45
Tabla 18. Clasificación de los rodillos	46
Tabla 19. Participación por marcas de las minicargadoras	47
Tabla 20. Principales características de las minicargadoras.....	48
Tabla 21. Participación por marcas de las cargadoras de rueda.....	48
Tabla 22. Principales características de las cargadoras de rueda.....	49
Tabla 23. Clasificación de las cargadoras en general	50
Tabla 24. Participación por marcas de las motoniveladoras	51
Tabla 25. Principales características de las motoniveladoras.....	51
Tabla 26. Participación por marcas de los tractores de oruga	52
Tabla 27. Principales características de los tractores de oruga.....	53
Tabla 28. Clasificación de los tractores en general.	54
Tabla 29. Participación por marcas de otras maquinarias	54
Tabla 30. Principales características de otras maquinarias	55
Tabla 31. Principales símbolos	57
Tabla 32. Parámetros modificables o programables.....	60
Tabla 33. Mantenimiento recomendado para cualquier maquinaria pesada	68
Tabla 34. Averías según indicadores.....	68
Tabla 35. Averías en bombas y válvulas	69
Tabla 36. Consideraciones de mantenimiento para retroexcavadoras.....	71
Tabla 37. Consideraciones para el mantenimiento de excavadoras de oruga	72
Tabla 38. Principales consideraciones para el mantenimiento de los rodillos	74
Tabla 39. Consideraciones de mantenimiento para cargadoras.....	75
Tabla 40. Principales consideraciones para el mantenimiento de una motoniveladora....	77
Tabla 41. Principales consideraciones para el mantenimiento de tractores de oruga	79

PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS OLEO HIDRÁULICOS EN MAQUINARIA PESADA

RESUMEN

La maquinaria pesada destaca por sus grandes proporciones geométricas y de peso, incorporando sistemas oleo hidráulicos para el movimiento de masas y volúmenes. Ante esto, dichos vehículos no se encuentran caracterizados en una norma nacional específica, tienen una tipología diversa y las normas referenciales son adopciones internacionales. Por ello, el presente estudio analiza la normativa ecuatoriana para maquinaria pesada, establece los tipos de los modelos más representativos en la provincia del Azuay, especifica los principios de los sistemas oleo hidráulicos incorporados y determina los principales procesos de mantenimiento. Los resultados indican 56 normas relacionadas; además, en el año 2020 en Azuay se registraron 597 equipos, correspondientes a 38 clases; para los cuales, el mantenimiento se contabiliza según las horas de operación, teniendo una primacía los sistemas de alto caudal con bombas de pistones de desplazamiento variable, motores hidráulicos, bombas de pistones axiales variables y bombas de engranajes.

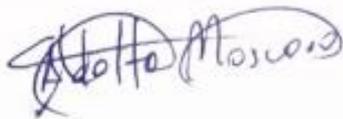
Palabras claves— equipo, hidráulica, maquinaria, mantenimiento, óleo



Ing. Francisco Torres, Msc.
Director del Trabajo de Titulación



Ing. Robert Rockwood, Msc.
Director de Escuela



Adolfo Vicente Moscoso Campoverde
Autor



Luis Sebastián Ordóñez Troya
Autor

OPERATION PRINCIPLES OF HYDRAULIC OIL SYSTEMS IN HEAVY MACHINERY

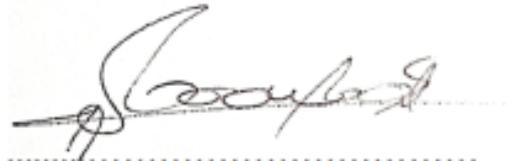
ABSTRACT

Heavy machinery stands out for its large geometric proportions and weight, incorporating hydraulic oil systems for the movement of large masses and volumes. Given this, these vehicles are not characterized by a specific national standard, they have a different typology and the referential standards are international adoptions. Therefore, the present study analyzes the Ecuadorian regulations for heavy machinery, establishes the types of the most representative models in the province of Azuay, specifies the principles of built-in hydraulic oil systems and determines the main maintenance processes. The results indicate 56 related standards; in addition, in the year 2020 in Azuay 597 equipment were registered, corresponding to 38 classes; for which, the maintenance is counted according to the hours of operation, High-flow systems with variable-displacement piston pumps, hydraulic motors, variable axial piston pumps and gear pumps have primacy.

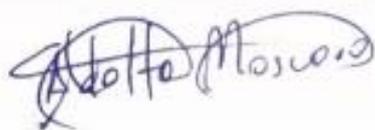
Keywords- equipment, hydraulics, machinery, maintenance, oil



.....
Eng. Francisco Torres, Msc.
Thesis director



.....
Eng. Robert Rockwood, Msc.
School director



.....
Adolfo Vicente Moscoso Campoverde
Author



.....
Luis Sebastián Ordóñez Troya
Author

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ANT: Agencia Nacional de Tránsito

ARCOM: Agencia de Regulación y Control Minero

Área: Resultado de largo por ancho [m²]

CAN: *Campus Area Network* o Red de Área de Campus

Caudal: Volumen desplazado en una unidad de tiempo [L/s]

EPP: Equipo de Protección Personal

FEDESOME: Federación Ecuatoriana de Operadores y Mecánicos de Equipo Caminero

Flujo: Movimiento del fluido sin alterar sus propiedades [L/s]

Fuerza: Causa que produce un cambio de dirección y velocidad [N]

INEN: Servicio Ecuatoriano de Normalización

ISO: *International Organization for Standardization* u Organización Internacional de Normalización

LOTTTSV: Ley Orgánica de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial

MTOP: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

OEM: *Original Equipment Manufacturer* o Fabricantes de Equipo Original

PCS: *Pro Control System* o Sistema de Control Profesional

PIB: Producto Interno Bruto

Presión: Fuerza que se ejerce en un área específica [Pa]

RCS: *Rig Control System* o Sistema de Control de Plataforma

SITOP: Sistema Integrado de Transporte y Obras Públicas

SECAP: Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional

Trabajo: Fuerza necesaria para desplazar un elemento en una cierta distancia [Nm]

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

Volumen: Resultado del área por altura [m³]

Adolfo Vicente Moscoso Campoverde

Luis Sebastián Ordóñez Troya

Trabajo de Titulación

Francisco Torres Moscoso, Msc.

Febrero, 2022.

PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS OLEO HIDRÁULICOS EN MAQUINARIA PESADA

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector automotriz presenta una importante influencia en la estructura económica y social de las naciones, generando un aporte hasta del 30% del PIB en países desarrollados y promoviendo la innovación de otros sectores de alto valor agregado como componentes electrónicos, equipos de audio y video, sistemas de seguridad, entre otros (Acebo y Núñez, 2017). De este modo, ha llegado a constituirse en uno de los principales objetivos de fortalecimiento y desarrollo industrial, especialmente al considerar que está ligado a industrias como la siderurgia, petrolera, metalurgia no ferrosa, química-caucho, electrotécnica, robótica y del vidrio; destacándose igualmente la intensidad de capital y magnitud laboral que se generan al verse aportados con el 5% del empleo mundial de manufactura (Ojeda, 2018)

En consecuencia, desde la producción hasta el funcionamiento de los vehículos se requieren numerosos estándares de operación y negociaciones en períodos de tiempo para garantizar las diversas aplicaciones. Ante esta situación, se destacan dos segmentos principales: OEM y postventa o reposición. Además, la industria automotriz presenta una amplia heterogeneidad de la oferta por las variables en la clasificación de los vehículos conforme varios criterios: a) posicionamiento: variedad de gamas, valor, entrada; b) tipo de vehículo: M, N, O; y c) tipo de combustible: combustión interna, eléctricos, híbridos (Espae y Espol, 2017).

En Ecuador, la maquinaria pesada está definida como un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza; dentro de su uso para actividades de obra civil, minería, aprovechamiento y movilización de productos forestales (MTOF, 2012). Entre otras características, se presentan sus grandes proporciones geométricas, de peso y volumetría; así como, la necesidad de una formación especial para la operación de maquinaria agrícola, pesada y especial (licencia de conducir tipo “G”) (ANT, 2021). En complemento, la innovación tecnológica ha tenido un impacto con mayor retardo en este grupo respecto a otros vehículos ante la dificultad del montaje que requieren los elementos constitutivos y por los requerimientos complejos de operación (Atlas Copco, 2021; Mekler, 2020)

De la misma manera, el equipo minero, maquinaria pesada y sus partes y accesorios, están registrados y catastrados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas; tal como lo establece el Acuerdo Interministerial No.001, publicado en el Registro Oficial No. 417 (2015), donde se dictan lineamientos para la importación, comercialización, control, monitoreo y categorización. Por lo tanto, la maquinaria pesada no se encuentra descrita en la norma INEN 2656 (2016) ni agrupada en otro recurso normativo, donde si se detalla la clasificación para los vehículos motorizados entre dos y cuatro ruedas (categoría L), de cuatro ruedas o más diseñados para el transporte de pasajeros (categoría M), de cuatro ruedas o más diseñados para el transporte de mercancías (categoría N), vehículos no motorizados diseñados para ser remolcados (categoría O), vehículos especiales, vehículos agrícolas y vehículos multipropósito. Una de las normativas referenciales es la INEN-ISO 7134 (2015); donde consta la terminología básica y especificaciones comerciales de la maquinaria para movimiento de tierras.

En tal virtud, tampoco se encuentran especificaciones enfocadas en el medio, sobre uno de los principales sistemas que emplea la maquinaria pesada: la *oleo hidráulica*. Este es un principio que permite controlar y transmitir la energía mediante el uso de fluidos como aceites minerales o sintéticos; facilitando el uso de fuerzas relativamente grandes en obras civiles, agrícolas, forestales y mineras (Pérez, 2018). Específicamente, la información técnica referente a principios, esquemas, seguridad, mantenimiento y simbología, no está disponible de manera abierta (sin costo y poco accesible), ni ampliamente detallada para uso técnico o didáctico. Por ello, la información presente en la actualidad destaca por altos costos, limitada disponibilidad (solo para talleres autorizados)

y una barrera lingüística; además de no contar con un enfoque según la normativa ecuatoriana local.

Ante ello, el presente estudio describe los sistemas oleo hidráulicos de la maquinaria pesada disponible en la provincia del Azuay, según la categorización legal respectiva; donde se determinan los principios de funcionamiento de los referidos sistemas, además de indicarse los procedimientos requeridos de seguridad y mantenimiento.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL ESTUDIO

El presente capítulo recoge las generalidades requeridas para el planteamiento del estudio; es decir, el estado del arte donde se exponen los principales avances tecnológicos e instrumentos documentales para el mantenimiento de sistemas oleo hidráulicos en maquinaria pesada. Asimismo, muestra la motivación, problemática, objetivos, alcance y diseño del estudio; todos preceptos relacionados para el desarrollo metodológico.

1.1 Estado del arte

Los sistemas oleo hidráulicos se han venido aplicando en varias ramas industriales para la transmisión de altos esfuerzos a elevada precisión, gracias al aprovechamiento de la transmisión de energía mediante fluidos incompresibles (Berrondo et al., 2007). Desde un inicio, las necesidades continuas de la evolución de la humanidad han precisado de innovativa, surgiendo elementos como la rueda, poleas, grúas o la máquina a vapor. Para esta última, en el siglo XIX se dieron mayores desarrollos para la tecnología de la construcción, aprovechándose la combinación con principios de hidráulica, eléctrica y neumática. Por ejemplo, las principales máquinas desarrolladas fueron el tractor oruga, el montacargas y la retroexcavadora; vehículos que permitirían realizar trabajos más eficaces durante la segunda mitad del referido siglo (Bardahl, 2021).

En el siglo XX se fueron perfeccionando los mecanismos para satisfacer los incrementos de fuerza requeridos en obras civiles y agrícolas. Paulatinamente fueron empleados motores a diésel y en 1904 Holt inventó el tractor de cadenas. En 1918, culminada la Primera Guerra Mundial, los vehículos militares se convirtieron en tractores, surgiendo un gran número de empresas dedicadas a su fabricación. En 1935 se diseñó el sistema elevador que permitía regular la altura de los brazos elevadores y adaptar la posición del apero a las condiciones de trabajo. En 1952 se implementó la primera dirección asistida y en 1970 aparecieron los acoplamientos rápidos hidráulicos (Morales, 2009, Acevo y Núñez, 2017).

Desde 1980 hasta la actualidad, se han venido incorporando sistemas electrónicos que comprenden un conjunto de motores, electroválvulas, bombas, actuadores y sensores;

llegando a la automatización y robótica donde se pueden obtener ventajas como el incremento de la fuerza de levantamiento de un brazo excavador, sistemas *PCS* que evitan la oscilación del brazo excavador durante las fases carga/descarga; confort para el operador; sistemas telerremotos a través de *RCS*, un sistema de comunicación multimedia. Otras variantes, tal como lo indica la figura 1, incorporan módulos diseñados para ordenar las señales provenientes de múltiples sensores, permitiendo el procesamiento por un ordenador y su visualización en una pantalla *display*, la que admite tomar acciones mediante un *joystick* (palancas de control multifuncionales). En complemento, también aparecen tecnologías enfocadas a la reducción de emisiones contaminantes y a la gestión de mantenimiento (Acevo y Núñez, 2017; Caterpillar, 2021).

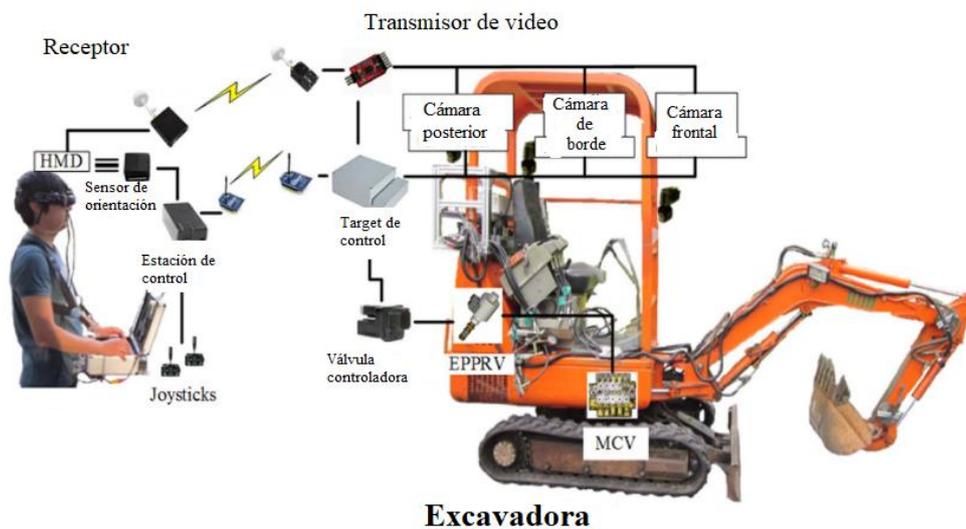


Figura 1. Arquitectura de un sistema RCS
Fuente: (Le et al., 2017).

Es por ello que, dentro de los instrumentos documentales para el mantenimiento de esta maquinaria, Vickers (2010) pone a disposición un manual con este enfoque, aunque no especifica los tipos de sistemas y su aplicación. Del mismo modo, Exner et al. (2015) presentan un amplio documento con fundamentos de oleo hidráulica, aunque no precisan las aplicaciones específicas de estos sistemas. Por otro lado, empresas como Parker (2020) en su catálogo de productos detallan algunos vehículos con sistemas oleo hidráulicos y su aplicación. Por ejemplo, en la figura 2 se detallan los componentes en una de las máquinas planteados en uno de los manuales.



Figura 2. Aplicaciones de la oleo hidráulica en una apiladora de contenedores
Fuente: (Parker, 2020)

Del mismo modo, en manuales como el de la marca KYB (2015) se establecen normas de seguridad y cálculos para algunos componentes hidráulicos, a la vez, brevemente se describen algunas aplicaciones en la industria automotriz.

En lo que respecta al diseño de sistemas, Xiao et al. (2015) diseñaron un sistema hidráulico de control de aplicación automotriz, basado en un control distribuido que proporciona control integrado en tiempo real de cada módulo de control direccional, todo con soporte de una red CAN. Por otro lado, Berladir (2020) analizó los tipos de aceite usados en la industria automotriz y determina que este sector comprende los más amplios derivados del petróleo que cualquier otra industria en términos de variedad; aunque con el paso del tiempo, pueden volverse ineficientes y contaminantes. Asimismo, Lee (2020) precisa que las nuevas tecnologías especialmente en vehículos livianos están enfocados a la transición de sistemas eléctricos para componentes de frenos, transmisión o dirección; donde se viene manejando una integración de los sistemas eléctricos e hidráulicos.

En otros casos, Arinaga et al. (2016) diseñaron perfiles de dientes de bombas hidráulicas, determinando que existe un mejor rendimiento de sus diseños en la lubricación de motores y la generación de presión hidráulica en transmisiones (AT / CVT).

En el ámbito nacional y local, algunos estudios repotenciaron equipos hidráulicos (Chariguaman y Vargas, 2014), otros instalaron sistemas hidráulicos para mejorar las

condiciones operativas y de seguridad en vehículos (Aucancela y Criollo, 2017), o diseñaron sistemas hidráulicos de elevación de carga vehicular (Cuñas, 2015).

1.2 Motivación de la investigación

El estudio pretende desarrollar una referencia técnica sobre los procedimientos de mantenimiento para maquinaria pesada a nivel local, en torno a los sistemas oleo hidráulicos. Así, se plantea facilitar información focalizada sobre los principios, mantenimiento y seguridad que rigen en dichos sistemas. Para ello, conforme la clasificación y normativa pertinente, se ha planificado establecer un registro del número de vehículos que cuentan con sistemas oleo hidráulicos a nivel local, para así determinar la aplicación de los procedimientos de mantenimiento y seguridad correspondientes.

1.3 Problemática

La maquinaria pesada no se encuentra detallada en la norma INEN 2656: Clasificación Vehicular (2016), donde se define la clasificación vehicular general. Sin embargo, la norma técnica INEN-ISO 7134: Maquinaria para movimiento de tierras establece la terminología y especificaciones comerciales de estos vehículos; mientras que el Decreto Ejecutivo No.417-2015 detalla con mayor precisión los tipos de maquinaria pesada y su aplicación.

En consecuencia, es posible evidenciar que, si bien existen amplios recursos técnicos e informativos sobre sistemas oleo hidráulicos, estos no están enfocados específicamente al campo de maquinaria pesada según la normativa y clasificación local; razón por la cual, resulta pertinente el desarrollo de un documento didáctico y de mantenimiento de sistemas oleo hidráulicos en esta maquinaria; con base en los diversos modelos de maquinaria presentes en el medio.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Determinar los principios de funcionamiento de los sistemas oleo hidráulicos en maquinaria pesada.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Establecer la categorización de la maquinaria pesada existente en el medio.

- Indicar los tipos, principios y características de los sistemas oleo hidráulicos aplicados en maquinaria pesada.
- Determinar los procedimientos de seguridad y mantenimiento preventivos y correctivos para dichos sistemas.

1.5 Alcances y resultados esperados

El alcance del presente proyecto está enfocado hacia el parque vehicular de maquinaria pesada en la provincia del Azuay, donde existan sistemas oleo hidráulicos. En consecuencia, se espera identificar la normativa aplicable: leyes, normas, decretos, acuerdos y resoluciones. Igualmente, se espera identificar la participación por tipos, marcas y antigüedad para el lugar de estudio, donde se puedan establecer procedimientos correspondientes de mantenimiento.

1.6 Diseño del estudio

Como se indica en la figura 3, este estudio determina tres factores: 1) la legislación vigente correspondiente a la maquinaria pesada en el Ecuador, 2) un estudio de caso sobre los principios oleo hidráulicos relacionados, y 3) especificar los procedimientos de mantenimiento y seguridad para los correspondientes sistemas.

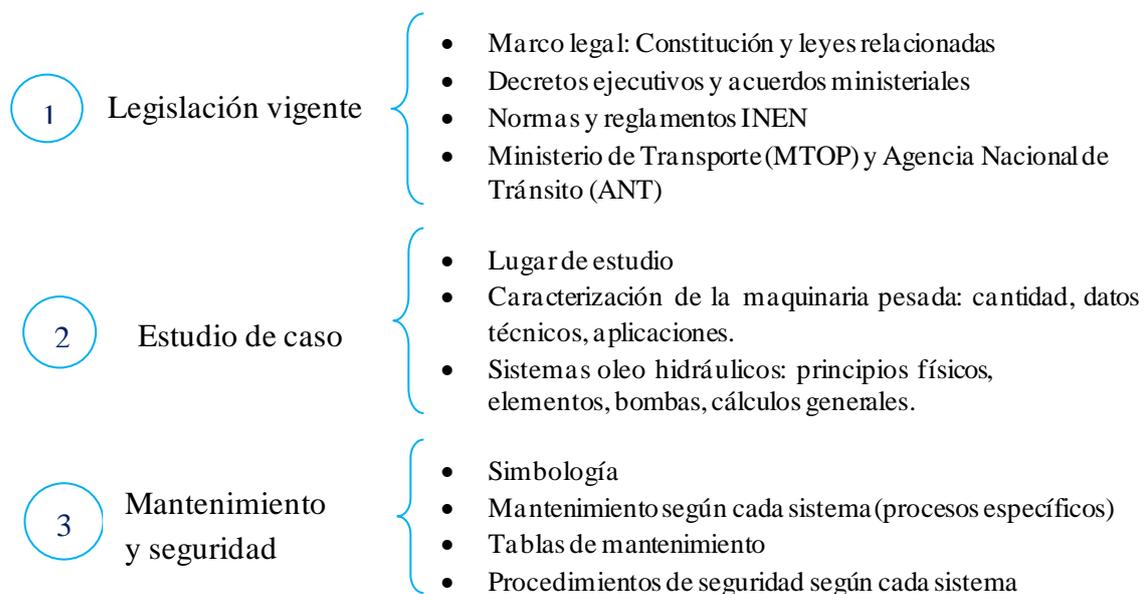


Figura 3. Diseño del estudio.

Fuente: Autores

1.7 Conclusiones del capítulo

Los sistemas oleo hidráulicos presentan ventajas en maquinaria pesada por su capacidad de desplazamiento volumétrica y másica. Es así como, en la actualidad existe una variada tipología de esta maquinaria, aunque no se encuentra categorizada en una normativa específica a nivel ecuatoriano; menos aún existe información relevante en cuanto al número de estos vehículos o las características de los sistemas hidráulicos que incorporan. En consecuencia, el presente estudio plantea como metodología: un análisis de la legislación vigente, un estudio de caso en la provincia del Azuay y la descripción de los principales procedimientos de mantenimiento y seguridad.

CAPÍTULO II

LEGISLACIÓN Y NORMATIVA EN LA MAQUINARIA PESADA

La Constitución de la República es la herramienta jurídica suprema que rige el desarrollo de una sociedad; por lo cual, define las principales premisas para el desenvolvimiento de varios sectores, entre ellos el transporte. De este modo, el sistema jurídico relacionado con esta temática determina en la Ley Orgánica de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial (LOTTTSV, 2014) las entidades rectoras del ramo, además de garantizar los mecanismos de regulación y control.

Complementariamente, la Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad (2007) dicta los derechos y obligaciones para la prestación de servicios y elaboración de productos, dentro de niveles aceptables de calidad, aplicable también en materia de servicios de diseño y mantenimiento de maquinaria pesada. Con esta consideración, este capítulo describe el sistema jurídico ecuatoriano, detalla la normativa ecuatoriana, nombra las entidades rectoras y expone una tipología según el contexto legal.

2.1 Legislación

La figura 4 expone la jerarquía legal que rige la maquinaria pesada y el sector transporte en general en el Ecuador, donde la Constitución de la República (2008) es la herramienta de mayor importancia. De este modo, con relación a las actividades de tránsito, transporte, movilidad y otras que comprendan el traslado de personas y/o mercancías; se garantizan servicios de calidad, libres, basados en información precisa, sistemas de medición de la satisfacción y las responsabilidades pertinentes (Artículos 52, 53 y 54). Además, en la Sección Duodécima: Transporte, establece la libertad de adopción de cualquier tipo de transporte y su regulación correspondiente por parte del Estado (Artículo 397).

En concordancia, la Ley Orgánica de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial (LOTTTSV), (Asamblea del Ecuador, 2014), establece la organización, planificación, fomento, regulación, modernización y control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial; con el objetivo de proteger a las personas y bienes que se trasladan de un

lugar a otro por la red vial del territorio ecuatoriano, y a las personas y lugares expuestos a las contingencias de dicho desplazamiento (Artículo 1). Además, la LOTTTSV garantiza los principios de seguridad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, continuidad y calidad para la prestación de servicios de transporte público; además de la educación y capacitación oportuna a las personas en temas de tránsito y seguridad vial (Artículos 3 y 4).

En complemento, la LOTTTSV autoriza a la ANT, como el ente encargado de regular, planificar y controlar el transporte terrestre, tránsito y seguridad vial en el Ecuador (Artículo 16). Por ello, la ANT se encuentra en la capacidad de autorizar las escuelas de capacitación de conductores profesionales para maquinaria pesada, así como para emitir las licencias de conducción correspondientes a este tipo de vehículos (licencia tipo “G”) (ANT, 2021).

Por otro lado, la Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad (2014) regula los principios, políticas y entidades relacionados con las actividades vinculadas con la evaluación de la conformidad, que facilite el cumplimiento de los compromisos internacionales en esta materia (Artículo 1). Además, se garantiza que las normas, reglamentos técnicos y los procedimientos para la evaluación de la conformidad se adecuen a los convenios y tratados internacionales de los que el país es signatario, organizando las responsabilidades institucionales correspondientes (Artículo 4). Así, se determina que la seguridad es un factor fundamental en el sistema de calidad nacional, por lo que deben preservarse actividades como: operación y utilización segura de maquinaria y equipos; operaciones de construcción, seguridad biológica, mecánica, térmica, eléctrica, ecológica, electromagnética, industrial, contra radiaciones ionizantes y no ionizantes, contra explosiones, contra incendios, entre otros (Artículo 29).

La entidad encargada de la vigilancia y control del Sistema Ecuatoriano de Calidad es el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, del cual se desprende el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), encargado de realizar procesos de mejora continua de la normalización, reglamentación técnica, evaluación de la conformidad y metrología (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2020). Con relación a esto, aparece la *norma técnica*, consistente en un documento que proporciona especificaciones técnicas según los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico. Es aplicable para productos, procesos o servicios y es obtenida mediante el

consenso de las partes inmersas en una actividad específica (fabricantes, administración, consumidores, laboratorios, centros de investigación (Universidad de Alcalá, 2020).

Para precisar ciertos aspectos, aparece el Acuerdo Ministerial No. 079 publicado en el Registro Oficial No. 642-2012, donde se establece el Reglamento de Registro Nacional de Equipos y Maquinaria. Además, el Acuerdo Interministerial No.001, publicado en el Registro Oficial No. 417-2015, determina los lineamientos para la importación, comercialización, control, monitoreo y categorización de dichos vehículos. En complemento, el Acuerdo Interministerial No. 002, publicado en el Registro Oficial 938-2017, manifiesta las Disposiciones para el Uso de Maquinaria y Equipo Pesado en la Actividad Minera y Transporte Comercial de Carga Pesada de Productos Forestales. El diagrama de la figura 4 resume la estructura legal en torno a este caso.

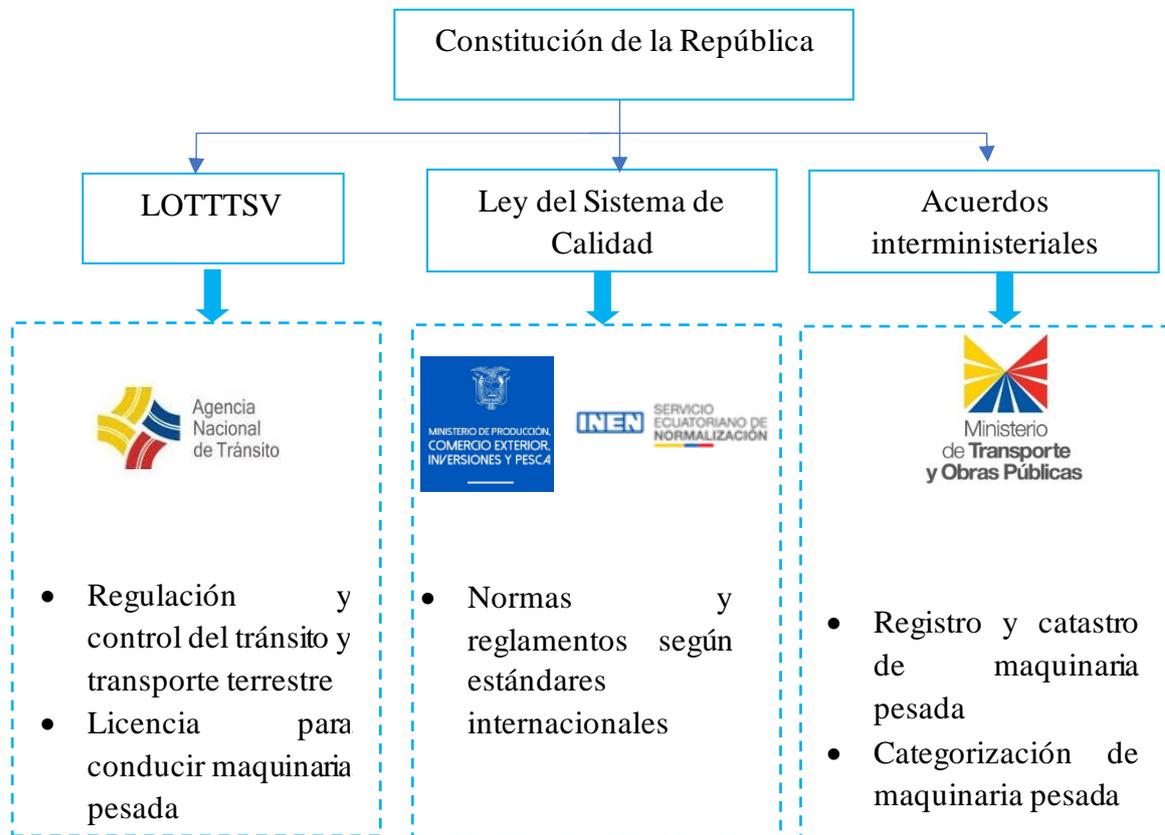


Figura 4. Legislación para la maquinaria pesada
Fuente: Autores

2.2 Normativa

Aunque no existe normativa nacional para definir el dimensionamiento de la maquinaria pesada, aparece como referencia la norma ISO 6746, la cual define las

dimensiones y símbolos para este tipo de vehículos en lo que respecta al sistema de planos referencial, largo, ancho y alto; como se indica en la figura 5 para el plano referencial y figura 6 para el largo (ISO, 2021).

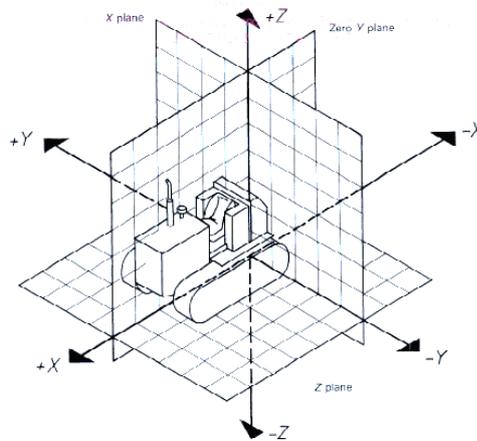


Figura 5. Plano referencial para maquinaria pesada
Fuente: (ISO, 2021)

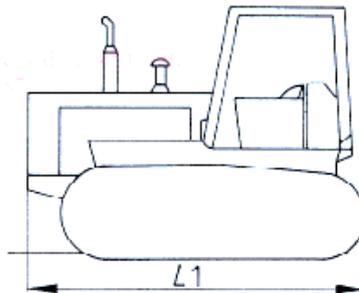


Figura 6. Dimensionamiento de la maquinaria
Fuente: (ISO, 2021)

En consecuencia, la normativa nacional existente básicamente está agrupada en: Maquinaria para equipos de mantenimiento para materiales, Maquinaria para movimiento de tierras y Vehículos agrícolas; tal como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Normativa referente a maquinaria pesada

Título	Número de documento	Título	Número de documento
¹ TDB / ² EMM/ ³ MMT			
Sistemas de bloqueo del arranque	NTE-INEN/ISO 10264	Tiendetubos. Terminología y especificaciones comerciales	NTE-INEN/ISO 7136
Máquinas sobre cadenas. Prestaciones y procedimientos de ensayo de los sistemas de frenado	NTE-INEN/ISO 10265	Evaluaciones volumétricas de cucharas de excavación y bivalvas para excavadoras hidráulicas, tipo retro y retrocargadoras	NTE-INEN/ISO 7451
Medidas mínimas de acceso	NTE-INEN/ISO 2860	Maquinaria de compactación. Terminología y especificaciones comerciales	NTE-INEN/ISO 8811
Sistemas de acceso	NTE-INEN/ISO 2867	Pictogramas de seguridad y peligro. Principios generales	NTE-INEN/ISO 9244
Estudios en laboratorio de las estructuras de protección. Especificaciones para el volumen límite de deformación	NTE-INEN/ISO 3164	Método de ensayo de los motores. Potencia neta	NTE-INEN/ISO 9249
Medidas ergonómicas de los operadores y espacio envolvente mínimo para los operadores	NTE-INEN/ISO 3411	Señales acústicas instaladas en las máquinas. Métodos de ensayo y criterios de funcionamiento	NTE-INEN/ISO 9533
Estructuras de protección contra la caída de objetos. Ensayos de laboratorio y requisitos de comportamiento	NTE-INEN/ISO 3449	Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 1: términos y definiciones	NTE-INEN/ISO 10263-1
Estructuras de protección contra la caída de objetos. Ensayos de laboratorio y requisitos de comportamiento	NTE-INEN/ISO 3449	Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 2: método de ensayo del elemento del filtro de aire	NTE-INEN/ISO 10263-2
Máquinas sobre neumáticos o sobre cadenas de caucho a alta velocidad. Requisitos de funcionamiento y procedimientos de ensayo de los sistemas de frenado	NTE-INEN/ISO 3450	Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 3: método de ensayo del sistema de presurización	NTE-INEN/ISO 10263-3
Resguardos. Definiciones y requisitos	NTE-INEN/ISO 3457	Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 4: prestaciones y métodos de ensayo de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)	NTE-INEN/ISO 10263-4
Estructuras de protección contra el vuelco. Ensayos de laboratorio y requisitos de comportamiento	NTE-INEN/ISO 3471	Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 5: método de ensayo del sistema de eliminación de escarcha del parabrisas	NTE-INEN/ISO 10263-5
Campo de visión del operador. Método de ensayo y criterios de evaluación	NTE-INEN/ISO 5006	Condiciones ambientales en la cabina del operador. Parte 6: determinación del efecto del calentamiento solar	NTE-INEN/ISO 10263-6
Punto índice del asiento	NTE-INEN/ISO 5353:1995	Dispositivos de soporte del brazo de elevación	NTE-INEN/ISO 10534 + ISO 10533amd. 1
Excavadoras hidráulicas. Método de ensayo para la medida de las fuerzas del útil	NTE-INEN/ISO 6015	Excavadoras hidráulicas. Capacidad de elevación	NTE-INEN/ISO 10567

Fuente: (INEN, 2021)

Tabla 1. Continuación

Título	Número de documento	Título	Número de documento
Operación y mantenimiento. Presentación y contenido de los manuales técnicos	NTE-INEN/ISO 6750	Ensayos de laboratorio y requisitos de comportamiento para estructuras de protección de excavadoras. Parte 2: estructuras de protección contra el vuelco (rops) para excavadoras de más de 6 Ton.	NTE-INEN/ISO 12117-2
Evaluación en laboratorio de las vibraciones transmitidas al operador por el asiento	NTE-INEN/ISO 7096	Cargadoras y retrocargadoras. Parte 1: cálculo de la capacidad nominal de trabajo y método de ensayo para verificar la carga de vuelco calculada	NTE-INEN/ISO 14397-1
Cargadoras. Terminología y especificaciones comerciales	NTE-INEN/ISO 7131	Cargadoras y retrocargadoras. Parte 2: método de ensayo para la medición de las fuerzas de arranque y de la capacidad de elevación a máxima altura	NTE-INEN/ISO 14397-2
Métodos para la medida de las masas de las máquinas completas, de sus equipos y componentes	NTE-INEN/ISO 6016	Campo de visibilidad de los espejos de seguridad y retrovisores. Parte 1: métodos de ensayo	NTE-INEN/ISO 14401-1
Zonas de comodidad y de accesibilidad a los mandos	NTE-INEN/ISO 6682	Campo de visibilidad de los espejos de seguridad y retrovisores. Parte 2: criterios de eficacia	NTE-INEN/ISO 14401-2
Cinturones de seguridad y sus anclajes. Requisitos de comportamiento y ensayos	NTE-INEN/ISO 6683	Sistemas de mando (MCS) que utilizan componentes electrónicos. Criterios de funcionamiento y ensayos de seguridad funcional	NTE-INEN/ISO 15998
Sistemas para la detección de peligros y ayudas visuales. Requisitos de funcionamiento y ensayos	NTE-INEN/ISO 16001	Maquinaria para movimiento de tierras. Determinación del valor medio de la presión de contacto sobre el suelo para máquinas sobre cadenas	NTE-INEN/ISO 16754
Reciclado y recuperación. Terminología y método de cálculo	NTE-INEN/ISO 16714	Sistemas de frenado de las máquinas con operador a pie. Requisitos de funcionamiento y procedimientos de ensayo	NTE-INEN/ISO 17063
Requisitos de prestaciones para depósitos de combustible no metálicos	NTE-INEN/ISO 21507	Cargadoras sobre neumáticos. Elementos de unión de los accesorios	NTE-INEN/ISO 23727
— Motoniveladoras — Terminología y Especificaciones Comerciales	NTE-INEN/ISO 7134	Disyuntores	NTE-INEN/ISO 10924-1
Uniones mecánicas en vehículos remolcados. Parte 1: dimensiones de los anillos de enganche de sección 50/30 mm	NTE-INEN/ISO 5692-1	Uniones mecánicas entre vehículos tractores y remolcados. Parte 1: dimensiones de los ganchos	NTE-INEN/ISO 6489-1
Uniones mecánicas en vehículos remolcados. Parte 2: anillo de enganche de 40 mm con casquillo	NTE-INEN/ISO 5692-2	Uniones mecánicas entre vehículos tractores y remolcados. Parte 2: especificaciones para boca de enganche de 40	NTE-INEN/ISO 6489-2
Uniones mecánicas entre vehículos tractores y remolcados. Parte 3: barra de tiro del tractor	NTE-INEN/ISO 6489-3	Uniones mecánicas entre vehículos tractores y remolcados. Parte 4: dimensiones del enganche tipo pivote	NTE-INEN/ISO 6489-4
Uniones mecánicas entre tractores y remolques. Anillos de enganche para implementos y fijación a la barra de enganche	NTE-INEN/ISO 21244	Uniones mecánicas en vehículos remolcados. Dimensiones del enganche tipo bola (80 mm)	NTE-INEN/ISO 24347

Nota.

¹: TDB (Sector: "Transporte y Distribución de Bienes")

²: FMM (Subsector: "Equipos de Mantenimiento para Materiales")

³: MMT (Título: "Maquinaria para Movimiento de Tierras")

Fuente: (INEN, 2021)

2.3 Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO)

Tiene a su cargo el registro y catastro de todo tipo de maquinaria y equipo pesado, sus partes y accesorios; a utilizarse en actividades de minería, aprovechamiento y movilización de productos forestales o afines. Para ello, es necesario definir:

Maquinaria o equipo pesado. - Aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza, utilizado en actividades de minería, aprovechamiento y movilización de productos forestales o afines

Consecuentemente, las comercializadoras o importadoras de maquinaria y equipo pesado cuya tipología conste en la tabla 2, deberán entregar a los nuevos propietarios las maquinarias y equipos con dispositivos de rastreo satelital instalados y la matrícula debidamente emitida por el MTO. Además, para el proceso de registro y matriculación, los concesionarios e importadores deben presentar la autorización, el contrato o licencia emitida por el Ministerio del Ambiente o Agencia de Regulación de Control Minero, respectivamente; siendo el MTO quien debe verificar que la maquinaria cuente con el dispositivo de rastreo satelital (Registro Oficial, 2015).

En concordancia, el MTO y la ANT compartirán, con la Agencia de Regulación y Control Minero y la Dirección Nacional Forestal, la base de datos que contenga los reportes de matriculación de las maquinarias, equipos pesados y vehículos comerciales de carga pesada que consten en su registro, por medio de una clave de acceso al SITOP. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas a través de la Agencia Nacional de Tránsito proporcionará la plataforma utilizada para el proyecto de Transporte Seguro a la Agencia de Regulación y Control Minero y la Dirección Nacional Forestal, para el monitoreo de los dispositivos de rastreo satelital (Registro Oficial, 2015).

2.4 Agencia Nacional de Tránsito (ANT)

La ANT es la entidad encargada de planificar, regular y controlar el transporte terrestre, tránsito y seguridad vial en el Ecuador (ANT, 2021). Entre sus numerosas funciones, está en la capacidad de autorizar a las escuelas de conducción, institutos técnicos de educación superior, universidades, escuelas politécnicas, SECAP y FEDESOMECA; la emisión de certificados y títulos de conductor no profesional y profesional (Asamblea del Ecuador, 2016). Para el presente caso, la maquinaria agrícola, maquinaria pesada, equipos

camineros (tractores, motoniveladoras, retroexcavadoras, montacargas, palas mecánicas y otros); requieren de una licencia profesional tipo “G”.

De la misma manera, la ANT debe certificar el equipamiento de rastreo satelital para este tipo de vehículos, a más de compartir con el MTOP, la Agencia de Regulación y Control Minero y la Dirección Nacional Forestal; la base de datos que contenga los reportes de matriculación de las maquinarias, equipos pesados y vehículos comerciales de carga pesada que consten en su registro, por medio de una clave de acceso al Sistema Integrado de Transporte y Obras Públicas SITOP (Registro Oficial, 2015).

2.5 Clasificación según normativa

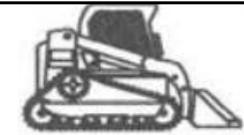
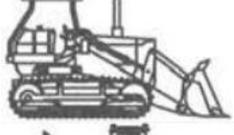
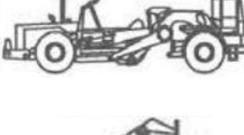
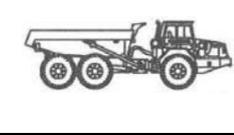
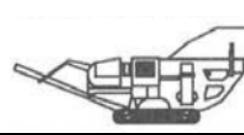
En la tabla 2 se muestra un cuadro demostrativo de maquinaria según su tipo y uso. Dicha clasificación consta en el Registro Oficial No. 938 (Gobierno del Ecuador, 2017a) y Registro Oficial No. 415 (Gobierno del Ecuador, 2017b).

2.6 Conclusiones del capítulo

La normativa para maquinaria pesada a nivel nacional está basada en adopciones de normas ISO; es decir, es una traducción idéntica de las especificaciones planteadas para ejercer una aplicación nacional. La principal norma que puede identificarse es la ISO 6746, con las principales dimensiones, sistema de planos referencial y caracterización de largo, ancho y alto; características que sirven como punto de partida para el diseño de los sistemas vehiculares.

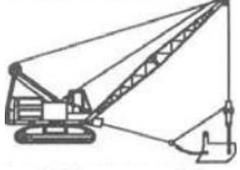
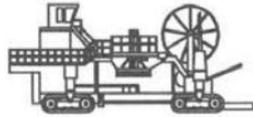
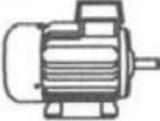
En complemento, 56 normas fueron identificadas en torno a la tipología de maquinaria objeto de estudio; enmarcadas dentro de los grupos: Maquinaria para Equipos de Mantenimiento para Materiales, Maquinaria para Movimiento de Tierras, y Vehículos Agrícolas. Por otro lado, el MTOP es la entidad encargada del registro y catastro de toda maquinaria y equipo pesado; mientras tanto, para la conducción de estos vehículos se requiere de una licencia profesional tipo “G” emitida por escuelas autorizadas por la ANT.

Tabla 2. Tipos de maquinaria pesada en Ecuador

Tipo	Uso	Gráfico	Tipo	Uso	Gráfico
Tractor oruga	F/M/ G		Minicargadora sobre oruga	G	
Tractor de rueda	G		Retroexcavadora	M/G	
Cargadora sobre ruedas	M/G		Compactadora de suelos	M/G	
Cargadora de ruedas	F/M/ G		Motoniveladora	F/M/ G	
Cargadora de ruedas de bajo perfil	M		Arrastradora de troncos sobre oruga	F	
Excavadora sobre orugas	F/M/ G		Arrastradora de troncos sobre ruedas	F	
Excavadora sobre oruga de cucharón frontal	M		Cargador de pluma de troncos	F	
Excavadora sobre ruedas	G		Manipulador de materiales	F/G	
Minicargadora sobre rueda	G		Mototraillas	M/G	
Montacargas	F/M/ G		Manipulador telescópico	F/M/ G	
Camión articulado	M/G		Trituradora (primaria, secundaria, terciaria)	M/G	

Fuente: (Gobierno del Ecuador, 2017a; Gobierno del Ecuador, 2017b)

Tabla 2. Continuación

Tipo	Uso	Gráfico	Tipo	Uso	Gráfico
Camión articulado de bajo perfil	M		Banda transportadora	M/G	
Camión rígido (fuera de ruta)	M		Compresor de aire y martillo	M/G	
Tractor agrícola	F/G		Dragline	M	
Cosechadora de troncos de rueda	F		Minador de paredes altas	M	
Cosechadora de troncos de oruga	F		Jumbo (perforadora horizontal)	M/G	
Transportadora de troncos	F		Grupos electrógenos	F/M/G	
Perforadora (track drill)	M/G		Torre de luz	F/M/G	
Perforadora de agua	M/G		Motor industrial	F/M/G	
Torre de perforación	M		Grúa	F/M/G	

Nota.

F: Sector Forestal

M: Sector Minero

G: Todos los sectores en general

Fuente: (Gobierno del Ecuador, 2017a; Gobierno del Ecuador, 2017b)

CAPÍTULO III

SISTEMAS OLEO OHIDRÁULICOS EN MAQUINARIA PESADA

En este capítulo se muestra la caracterización de la maquinaria pesada: sistemas hidráulicos relacionados como bombas, válvulas, actuadores y otros datos relevantes de estos sistemas. Posteriormente, se establece la participación en la provincia del Azuay: tipos, años de antigüedad y participación por marcas. Con esta consideración, es posible precisar los tipos de maquinaria pesada de mayor presencia en el lugar de estudio, para a través de las características de marca y año; determinar los principales sistemas oleo hidráulicos presentes en los útiles de accionamiento.

3.1 Sistemas oleo hidráulicos en la maquinaria caracterizada

3.1.2 Constitución de los sistemas

Como lo indica la figura 7, un circuito hidráulico generalmente consta de un depósito, una bomba hidráulica accionada por un motor, un regulador de presión, una válvula de control, un actuador y los filtros respectivos en la línea de transmisión.

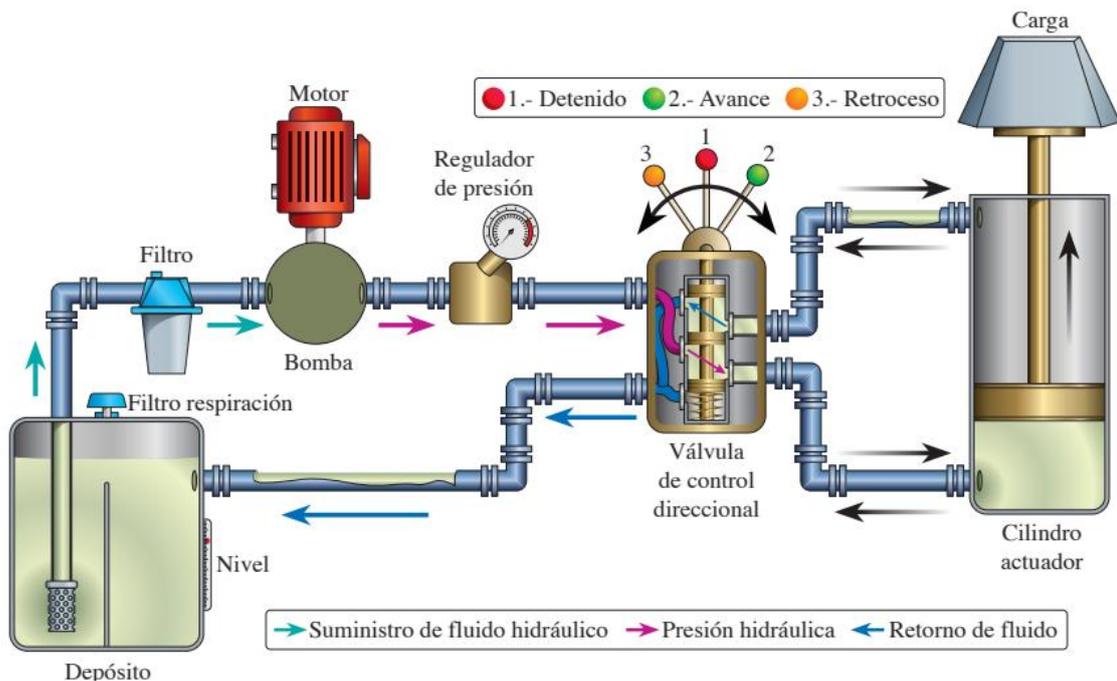


Figura 7. Esquema de un circuito hidráulico
Fuente: (Pérez, 2018).

3.2 Principios físicos

3.2.1 Presión hidrostática

Un líquido ejerce por su propio peso una presión en las paredes del recipiente que lo contiene. Consecuentemente, dicha presión dependerá directamente de la altura del recipiente (h), la densidad del líquido (ρ) y de la gravedad (Dershowitz, 2013). La ecuación (1) y la figura 8 expresan este principio.

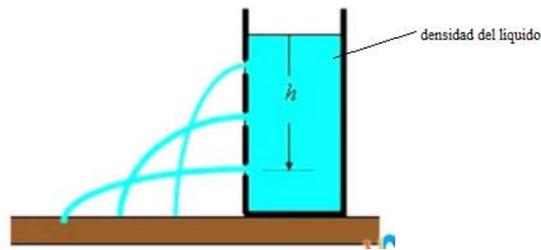


Figura 8. Proporcionalidad de la presión según la altura
Fuente: (Hugh y Freedman, 2008).

$$P = \rho g h \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

P = presión [Pa]

ρ = densidad [kg/m^3]

g = gravedad [$9,81 \text{ m}/\text{s}^2$]

3.2.2 Ley de Pascal

Cuando la presión es ejercida a un fluido encerrado, se transmite sin disminución a todas las partes del fluido y las paredes del recipiente (Hugh y Freedman, 2008). Este principio está determinado por la ecuación (2):

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

P =presión [Pa]

F =fuerza [N]

A =área [m^2]

En consecuencia, la figura 9 permite aplicar el principio de Pascal, donde es posible determinar que una fuerza F ejercida sobre un émbolo pequeño, de área A_1 ; produce sobre el émbolo una presión transmitida a lo largo del tubo a través de un fluido hasta un émbolo de área A_2 . Como el sistema se encuentra en equilibrio, las presiones en ambos émbolos son iguales, generándose la ecuación (3) (Sohipren, 2018).

(Ec. 3)

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Donde:

F_1 = Fuerza 1 [N]

F_2 = Fuerza 2 [N]

A_1 = Área 1 [m²]

A_2 = Área 2 [m²]

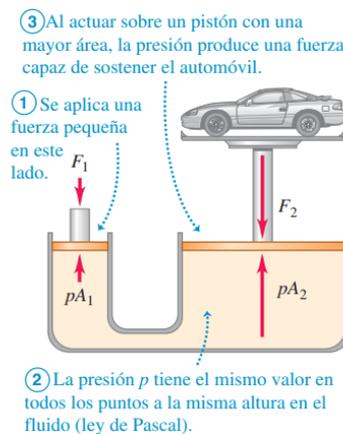


Figura 9. Sistema hidráulico en equilibrio
Fuente: (Sohipren, 2018)

3.2.3 Caudal

Es la relación entre un volumen de líquido desplazado y el tiempo empleado para hacerlo, visualizándose dicho principio en la figura 10; y está dado por la ecuación (4) (Sohipren, 2018):

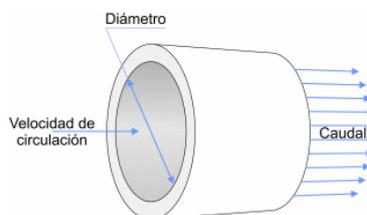


Figura 10. Caudal en un tubo
Fuente: (Sohipren, 2018)

$$Q = \frac{dV}{dt} \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

Q= caudal [l/min]

V=volumen [l]

t=tiempo [min]

3.2.4 Teorema de Bernoulli

Cuando un fluido incompresible fluye por un tubo con sección transversal variable, su rapidez debe cambiar; así que el fluido debe tener una aceleración. Si el tubo es horizontal, la fuerza que causa esta aceleración debe ser aplicada por el fluido circundante (Hugh y Freedman, 2008). Esto implica que la presión debe ser diferente en regiones con diferente sección transversal, como se muestra en la figura 11.

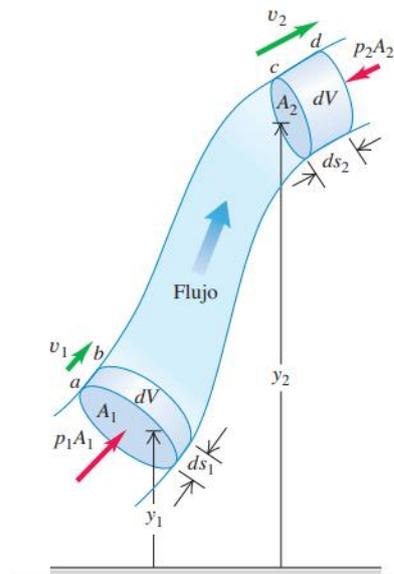


Figura 11. Comportamiento de un fluido en el estrechamiento de una tubería

Fuente: (Hugh y Freedman, 2008).

Por ello, la ecuación correspondiente describe el comportamiento de un fluido bajo condiciones variantes y tiene la ecuación (5):

$$P_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

P= Presión [Pa]

ρ = Densidad del fluido [kg/m³]

v = Velocidad de flujo del fluido [m/s]

g = Valor de la aceleración de la gravedad [m/s²]

y = Altura sobre un nivel de referencia [m]

3.2.5 Número de Reynolds

Esta característica se encuentra en función del tipo de flujo del fluido: laminar o turbulento, según la figura 12. El flujo laminar forma capas cuyo deslizamiento es ordenado con una velocidad determinada, no existe interferencia de partículas. El flujo turbulento se produce cuando aumenta la velocidad y la sección del conducto no se modifica, lo que genera un desorden en el movimiento de las partículas en forma de remolino e interferencia entre las mismas (Sohipren, 2018). Además, la velocidad a la que el flujo se desordena se llama “velocidad crítica”. La ecuación (6) expresa esta condición:

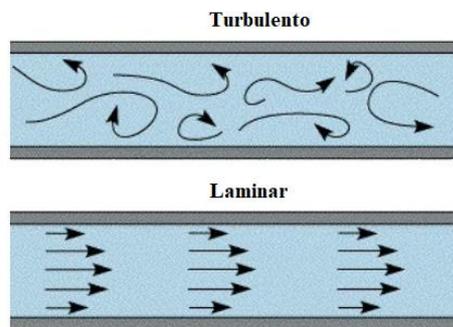


Figura 12. Diferencia entre flujo laminar y turbulento

Fuente: (Nájera, s.f.)

$$Re = \frac{v Dh}{\nu} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

Re = Número de Reynolds [-]

v = Velocidad de flujo del fluido [m/s]

Dh = Diámetro interior de la tubería [m]

ν = Viscosidad cinemática [m²/s]

El número de Reynolds es una cantidad adimensional; donde diversos experimentos han demostrado que para $Re \leq 2000$ el régimen es laminar, mientras que para $Re \geq 3000$, el

régimen es turbulento. En la zona entre 2000 y 3000 el régimen es inestable y puede cambiar de laminar a turbulento o viceversa (Torres, 2012).

3.3 Elementos constitutivos

Generalmente, un circuito está compuesto por cinco elementos: depósitos, conductos, bombas, válvulas y actuadores. Para cada elemento existen varias clasificaciones, tal como lo resume la figura 13.

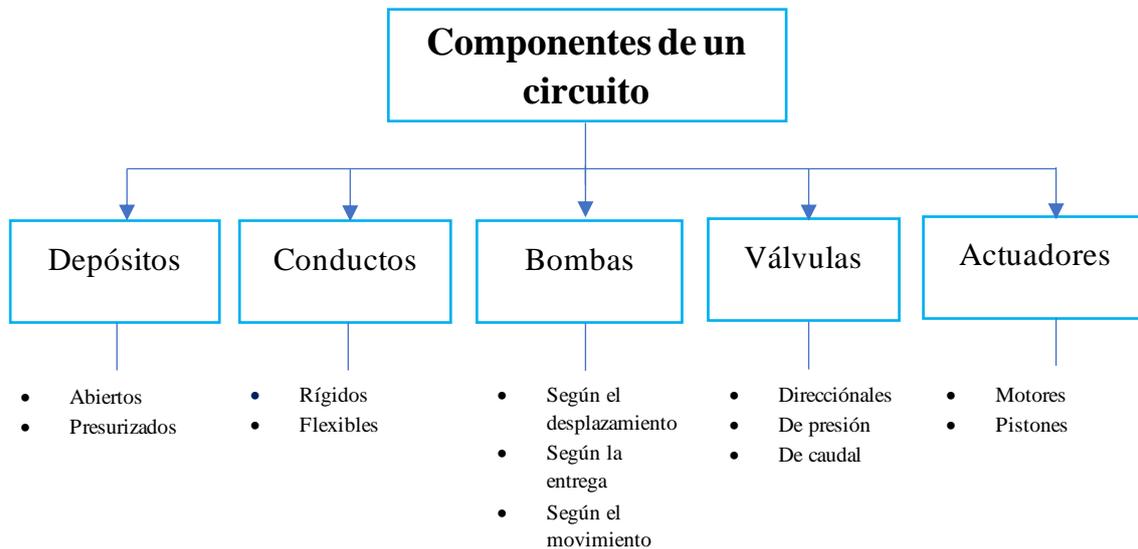


Figura 13. Estructura de un circuito oleo hidráulico

Fuente: Autores según (Finning, 2003)

3.3.1 Depósitos

Son cámaras que almacenan el fluido y disipan el calor mediante una superficie radiante y de convección y pueden ser abiertos o presurizados. Además, permiten el retorno ante cualquier variación volumétrica del fluido y el aire arrastrado por el aceite, puede salir. En la figura 14 aparecen los componentes convencionales de un depósito común, donde destaca el conducto de entrada a la bomba, un colador o filtro y una placa deflectora. Otros elementos permiten la visualización (visor de vidrio), limpieza (placa para limpieza y válvula de drenaje) y control (termómetro) (Pérez, 2018).

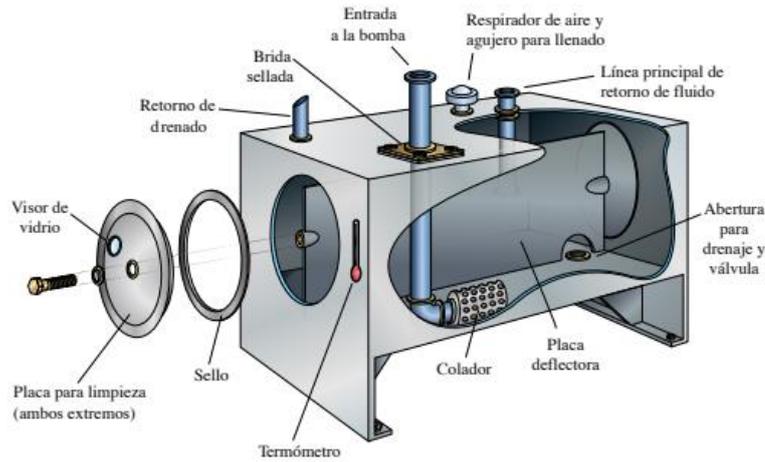


Figura 14. Depósito hidráulico
Fuente: (Pérez, 2018)

3.3.2 Conductos

Son las líneas que transportan el fluido entre el sistema; pueden ser flexibles como las mangueras de la figura 15a, o rígidos como las cañerías de la figura 15b (Finning, 2003).

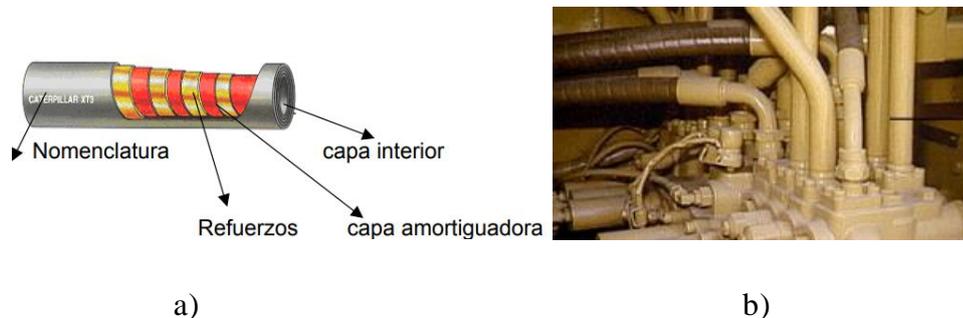


Figura 15. a) Manguera, b) Cañería
Fuente: (Finning, 2003)

3.3.3 Bombas

Estos elementos convierten la energía mecánica en energía hidráulica al generar la fuerza necesaria para mover una carga, cuentan con tres tipos de clasificación: según el desplazamiento, según la entrega y según el movimiento, tal como lo indica la figura 16.

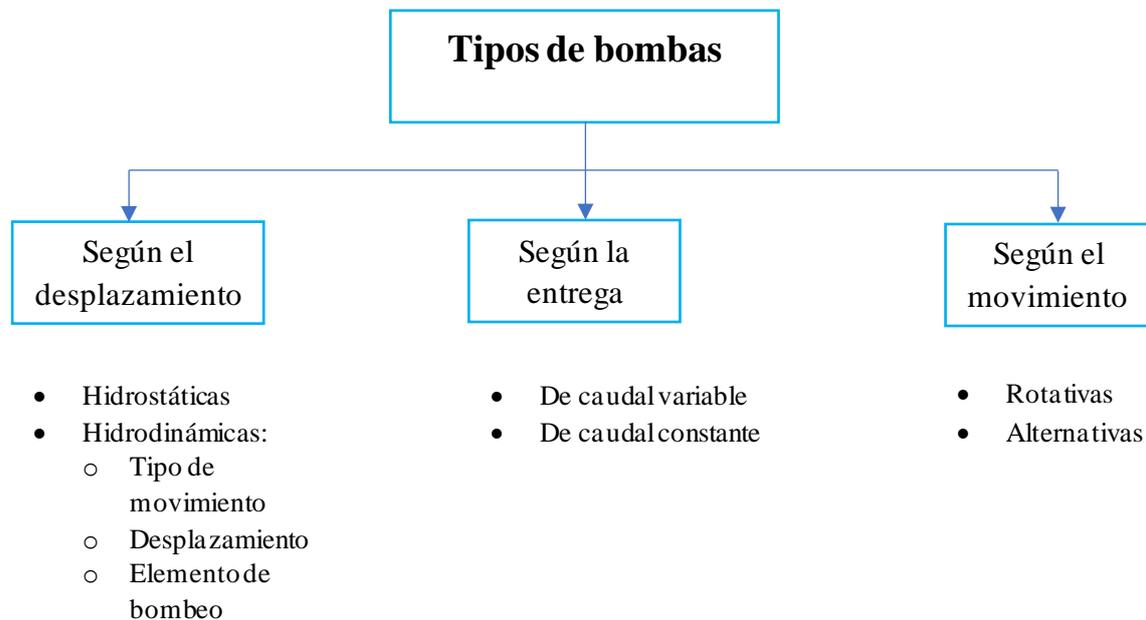


Figura 16. Clasificación de las bombas hidráulicas
Fuente: (Finning, 2003)

Según el desplazamiento

Las bombas de desplazamiento no positivo o hidrodinámicas mantienen una holgura considerable entre las piezas estacionarias y móviles, mueven grandes volúmenes de fluidos a bajas presiones. Las bombas de desplazamiento positivo o hidrostáticas mantienen pequeñas holguras entre los elementos, mueven pequeños volúmenes de fluido, aunque trabajan a grandes presiones; incluyen las bombas de engranajes, paletas y pistones. A su vez, estas bombas se clasifican tal como lo indica el diagrama de la figura 17.

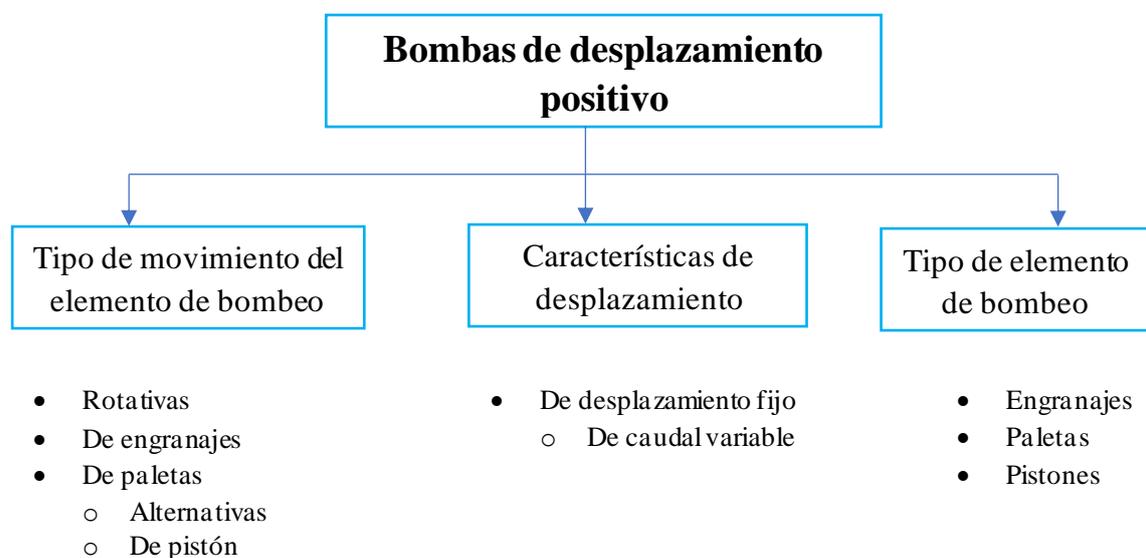


Figura 17. Clasificación de las bombas de desplazamiento positivo
Fuente: (Finning, 2003)

Según la entrega

Para esta tipología, existen las bombas de caudal constante y de caudal variable. Las bombas de caudal constante entregan un volumen permanente en un lapso de tiempo, determinado bajo condiciones de temperatura y velocidad. Mientras tanto, las bombas de caudal variable pueden variar el volumen de salida respecto al tiempo, sin variarse el volumen de entrada.

Según el movimiento

Para el tipo de bombeo, aparecen dos subclasificaciones: rotativas o alternativas. En la actualidad las características de ambos grupos son similares y pueden encontrarse los tipos: de engranajes, de paletas y de pistones. La tabla 3 resume las principales características de cada una.

Tabla 3. Especificaciones de las bombas hidráulicas

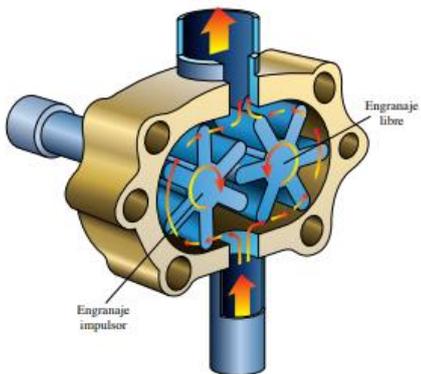
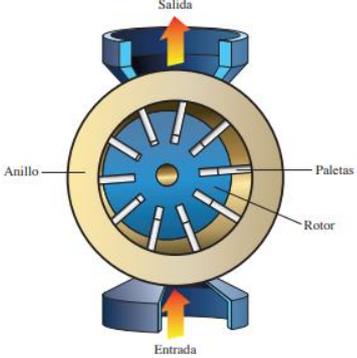
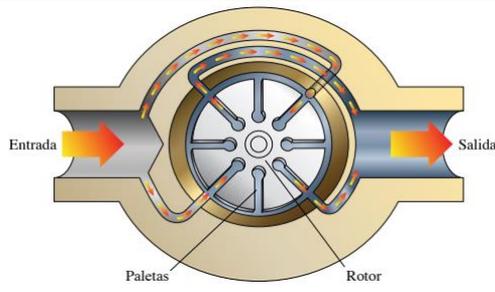
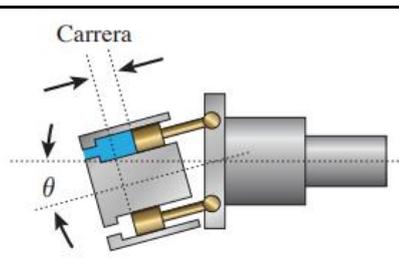
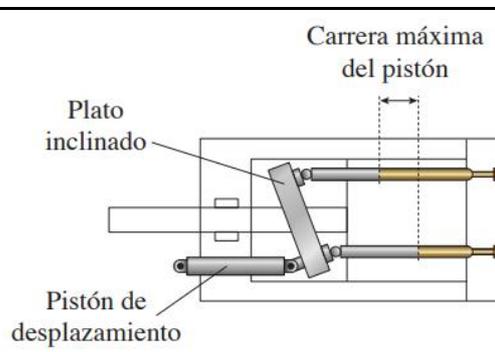
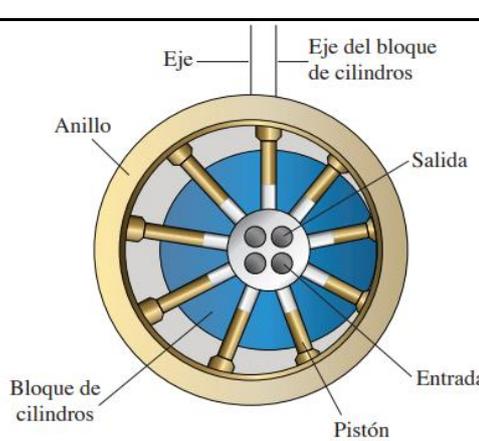
Tipo	Característica	Subcategorías	Figura
Engranajes	Menos costosas, ruidosas, flujo constante	Engranajes externos: Más populares, bajo costo	
Paletas	Paletas desbalanceadas	Con entrega fija: El caudal suministrado depende de la excentricidad del rotor respecto al anillo de leva	

Tabla 3. Continuación

Tipo	Característica	Subcategorías	Figura
Paletas	Paletas Equilibradas	Con un anillo de leva excéntrica doble, dos segmentos tanto para la entrada como para la salida	
De pistones	Axiales	Pistón de eje inclinado: Bloque de cilindros giratorios con eje de transmisión	
		Pistón placa oscilante: Alineación de bloque de cilindros con el eje de transmisión	
		Radiales: Disposición radial en un bloque de cilindros. La longitud y carrera de los pistones determina el desplazamiento de la bomba	

Fuente: (Pérez, 2018)

En síntesis, Pérez (2018) expone las propiedades descritas en la tabla 4, donde las mayores presiones corresponden a las bombas de pistones radiales, los mayores caudales a las bombas de paletas y de pistones axiales; y la mayor eficiencia para las bombas de pistones axiales.

Tabla 4. Prestaciones de las bombas hidráulicas

Tipo de bomba	Presión [kPa]	Caudal [L/min]	Velocidad máxima [rpm]	Eficiencia total [%]
De engranajes	2000-25000	7-300	1800-6000	75-90
De paletas	2000-21000	2-500	1000-3000	75-90
De pistones axiales	28000-42000	2-500	1500-6000	85-95
De pistones radiales	28000-70000	20-100	1000-3000	80-92

Fuente: (Pérez, 2018)

Un aspecto de importancia es el rendimiento de las bombas, aspecto ligado a la calidad de fabricación que debe proporcionar las menores tolerancias posibles. Por este motivo, debe tenerse presente la eficiencia volumétrica (ecuación 7), la cual mantiene la relación entre el flujo real y el flujo teórico (Sohipren, 2018).

$$\eta_v = \frac{Q_A}{Q_T} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

 η_v = Eficiencia volumétrica [-] Q_A = Flujo real [m³/s] Q_T = Flujo teórico [m³/s]

En consecuencia, la eficiencia mecánica es la relación de la potencia de salida sin considerar fugas; tal como lo indica la ecuación (8).

$$\eta_m = \frac{p \cdot Q_T}{T_A \cdot n} \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

 η_m = Eficiencia mecánica [-] p = Presión de descarga [Pa] Q_T = Caudal teórico de la bomba [m³/s] T_A = Par entregado a la bomba [Nm] n = Velocidad de la bomba [rad/s]

Con dicha consideración, es posible calcular la eficiencia total (η_t) en la ecuación (9), directamente relacionada con las eficiencias antes descritas.

$$\eta_t = \eta_m \cdot \eta_v \quad (\text{Ec.9})$$

3.3.4 Válvulas

Son componentes de control para permitir o impedir el paso del fluido, son de tres tipos: de control direccional, de control de presión y de control de flujo. La tabla 5 sintetiza algunas características.

Tabla 5. Características de las válvulas

Tipo	Característica	Subtipos
Válvulas de Control Direccional (VCD)	Controlan la dirección del flujo de un fluido mediante el cambio de posición de las partes móviles internas	<ul style="list-style-type: none"> • Según el conducto: <ul style="list-style-type: none"> ○ Antirretorno ○ De lanzadera ○ De dos vías ○ De tres vías ○ De cuatro vías • Según el diseño: <ul style="list-style-type: none"> ○ Número de conmutaciones ○ De retención ○ De bola ○ De carrete deslizante ○ De disco rotatorio ○ Número de puertos o vías ○ Método de accionamiento • Según el método de control: <ul style="list-style-type: none"> ○ Control directo ○ Control indirecto
Válvulas de Control de Presión	La presión se genera por resistencia del flujo a la bomba, siendo necesario redireccionar el caudal a la bomba	<ul style="list-style-type: none"> • De alivio de presión <ul style="list-style-type: none"> ○ De simple alivio ○ De presión compuesta • De reducción de presión
Válvulas de control de flujo	Regulan la velocidad de los actuadores, la potencia de los subcircuitos mediante el control de flujo y ramifican el caudal.	<ul style="list-style-type: none"> • No compensada • Compensada

Fuente: (Hugh y Freedman, 2008).

3.3.5 Actuadores

Un actuador hidráulico convierte la energía del fluido en potencia mecánica, la cual, estará en función del flujo, la caída de presión y la eficiencia total. Son tres tipos clasificados en: lineales, rotatorios y giratorios. La tabla 6 da a conocer los principales tipos.

Tabla 6. Tipos de actuadores

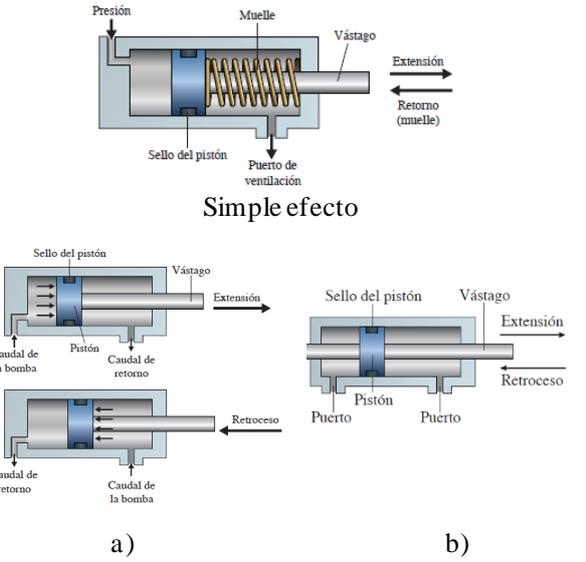
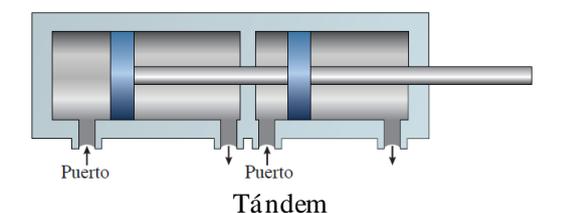
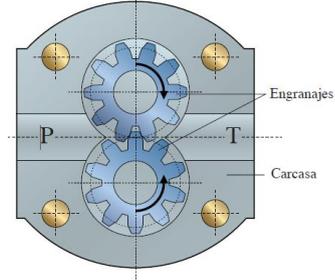
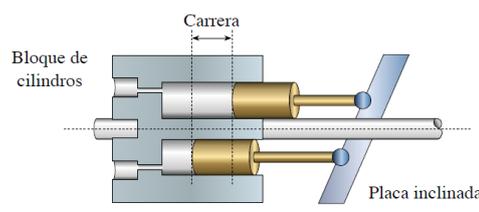
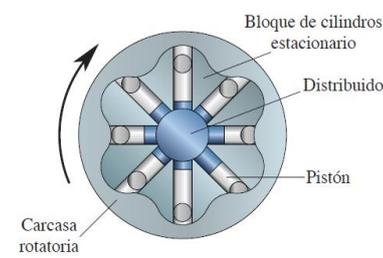
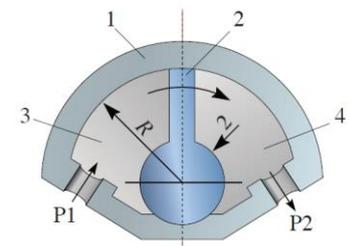
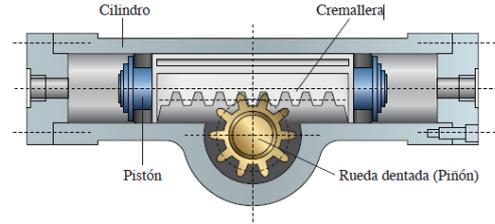
Tipo	Característica	Figura
Lineales	<p>Proporcionan movimiento en línea recta, también conocidos como cilindros.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simple efecto: Con un pistón dentro de una camisa, con un vástago. La retracción es por gravedad o resorte. • Doble efecto: existen con vástago en un lado (a) o con vástago en ambos lados (b) • Telescópicos: Cuando se necesita una carrera larga en posiciones retraídas. Presentes como de simple y doble efecto. 	 <p>Simple efecto</p> <p>a) b)</p> <p>Doble efecto. a) Vástago unilateral b) Vástago en ambos lados</p> <p>Telescópicos</p> <p>Tres etapas extendido Recogido</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Tándem: Cuando son necesarias grandes fuerzas en cilindros de diámetro pequeño 	 <p>Tándem</p>
Rotatorios	<p>También conocidos como motores hidráulicos, convierten el fluido de alimentación en potencia de rotación o la presión de fluido en torque. Operan en un rango amplio de velocidades, diseñados para aplicaciones bidireccionales, están sometidos a cargas laterales (engranajes, cadenas y poleas).</p>	

Tabla 6. Continuación

Tipo	Característica	Figura
Rotatorios	<ul style="list-style-type: none"> • Engranajes: son los menos eficientes, pero los más tolerantes a la suciedad. • Paletas: De cilindrada fija o variable • Pistones: Más eficientes, soportan alta presión, pero menos tolerantes a la suciedad. 	 <p>De engranajes</p>
		 <p>De pistones placa oscilante</p>
		 <p>De pistones radiales</p>
Giratorios	<p>Convierten la energía de un fluido en un par de torsión a través de un ángulo limitado. Son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De paleta simple: Permiten una revolución parcial • De cremallera y piñón: Para accionamientos de giro parcial 	 <p>De giro de paletas. 1: Cuerpo, 2: Paleta, 3 y 4: Cámaras</p>  <p>De cremallera y piñón</p>

3.4 Sistemas centro abierto y centro cerrado

Las válvulas de mando permiten dirigir el fluido gracias al accionamiento de una palanca hasta un actuador, constan de dos partes: una carcasa y un vástago. En la figura 18 puede verse la principal diferencia entre los sistemas centro abierto y centro cerrado, donde la configuración del vástago en el número de resaltos determina la variación (Fernández, 2007). Tal es el caso para un sistema centro abierto de la figura 18a, donde el vástago cuenta con cuatro resaltos y tres vías. Mientras tanto, en la figura 18b se detalla un vástago con tres resaltos y dos vías, aplicado en sistemas centro cerrado.

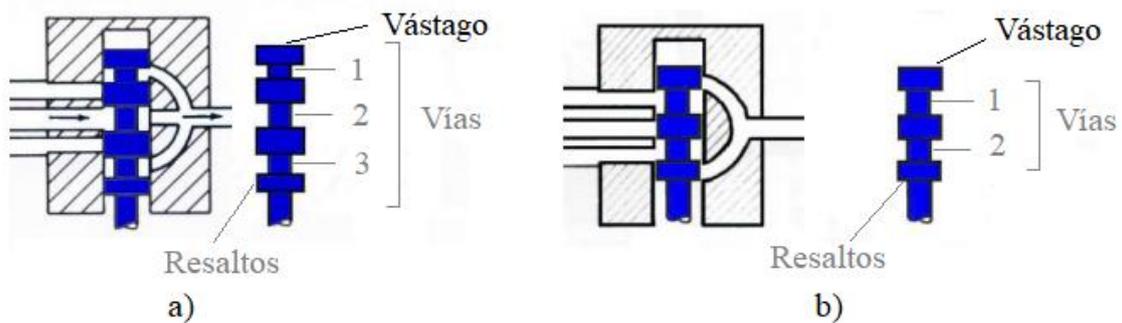


Figura 18. a) Configuración centro abierto, b) configuración centro cerrado
Fuente: (Fernández, 2007)

3.4.1 Sistemas centro abierto

En la posición neutra de la figura 19, el líquido a baja presión (amarillo) regresa al depósito luego de ser bombeado, es decir, el paso se encuentra abierto o desbloqueado; en tanto, los conductos conectados hacia el actuador están obturados y mantienen alta presión (verde), haciendo que el actuador se mantenga en su posición (Fernández, 2007).

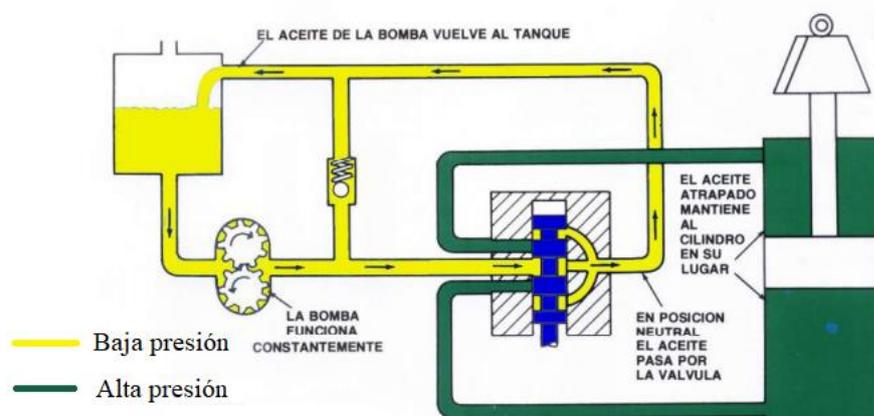


Figura 19. Circuito centro abierto en posición neutra
Fuente: (Fernández, 2007)

En la posición activada de la figura 20, una de las vías que enlaza la bomba con el actuador tiene paso libre (rojo), con lo cual la presión incrementa hasta accionar el actuador. En tanto, el aceite que estaba contenido en una de las cámaras del actuador se libera al fluir por el otro ramal de la válvula interconectado con el depósito (amarillo), generando el desplazamiento del actuador (Fernández, 2007).

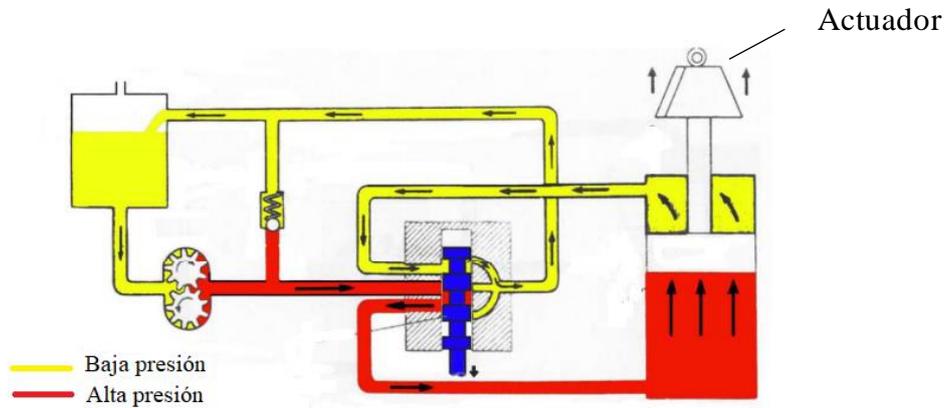


Figura 20. Circuito centro abierto activado
Fuente: (Fernández, 2007)

3.4.2 Sistemas centro cerrado

El vástago de la válvula bloquea el flujo proveniente de la bomba, aunque se mantiene la presión de trabajo en el tramo bomba-válvula. Así, en este sistema el caudal es variable y la presión constante (Fernández, 2007). Asimismo, la figura 21 muestra que la presión es constante entre bomba y válvula (rojo, la bomba no envía aceite), los conductos que conectan el actuador con el depósito se encuentran obturados, por lo que el aceite entre la válvula y el depósito no tiene presión ni tampoco fluye (amarillo). Finalmente, la presión alta se mantiene entre válvula y actuador, en el nivel preciso que se alcanzó durante el accionamiento previo (verde).

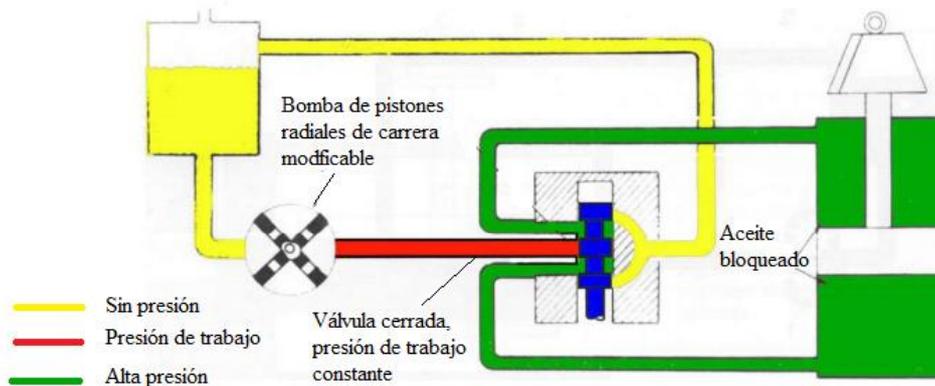


Figura 21. Circuito centro cerrado en posición neutra
Fuente: (Fernández, 2007)

Cuando ha sido activado el circuito, conforme lo indica la figura 22, uno de los conductos que conecta la bomba con el actuador se encuentra abierto, lo que permite el paso de aceite con una presión que era relativamente elevada (presión de trabajo); haciendo que la carrera del actuador se incremente hasta elevar la carga (rojo). A su vez, el desplazamiento del pistón desaloja el aceite que reposaba en la otra cámara (amarillo), dirigiéndose a baja presión hacia el depósito mediante otra de las vías de la válvula que se encuentra abierta (Fernández, 2007).

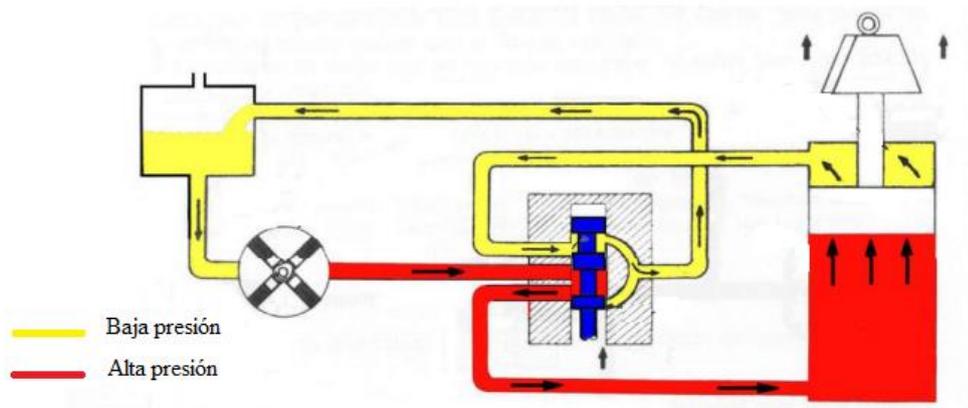


Figura 22. Circuito centro cerrado activado
Fuente: (Fernández, 2007)

3.5 Estudio de caso

3.5.1 Provincia del Azuay

La provincia del Azuay está ubicada en la Sierra centro sur del Ecuador, limita al norte con la provincia de Cañar, al sur con la provincia de Loja, al este con las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe, y al oeste con Guayas y El Oro.

Cuenta con 8 639 km² y una población de 850 000 habitantes; donde el parque automotor bordea los 183 000 vehículos y está repartido en su mayoría en la ciudad capital: Cuenca, con 150 000 vehículos aproximadamente (Gobierno Provincial del Azuay, 2021).

3.5.2 Caracterización de la maquinaria en la provincia del Azuay.

Tipos

Según información del MTOP (Anexo 1), en el año 2020 se registraron 597 equipos de maquinaria pesada matriculados en la dirección distrital del Azuay. Las clases pueden verse en la tabla 7 y corresponden a un número de 38, con años de fabricación desde 1977 hasta 2020.

Tabla 7. Cantidad de maquinaria por tipos

Tipo	Cantidad	Tipo	Cantidad
Auto hormigonera	2	Montacargas telescópico	1
Barredora mecánica	3	Montacargas	11
Bomba hormigón	3	Motoniveladora	56
Camión grúa	2	Perforadora de suelo	1
Cargadora-rueda	28	Planta asfáltica	1
Compresor motor	1	Planta hormigón	2
Concretera	2	Planta trituradora	1
Distribuidor de agregados	2	Recicladora de pavimento	1
Distribuidora asfalto	3	Retrocargadora	1
Excavadora oruga	99	Retroexcavadora	180
Excavadora rueda	3	Rodillo	30
Finisher	3	Rodillo liso e.	2
Fresadora asfaltadora	1	Rodillo liso v.	31
Grúa móvil	2	Rodillo neumático	3
Grúa telescópica	1	Rodillo P.C. V.	4
Mezcladora de hormigón	1	Rodillo pata de cabra	1
Minicargadora	72	Rodillo tándem	2
Mini-excavadora	3	Selladora grieta	1
Mini retroexcavadora	1	Tractor-oruga	36
Total general		597	

Fuente: (MTO, 2021)

Antigüedad

Respecto a los años de antigüedad, fueron divididos cuatro períodos: a) <1980, b) 1981-2000, c) 2001-2010 y d) 2011-2020; como lo indica la tabla 8.

Tabla 8. Antigüedad de la maquinaria

Tipo	Período			
	<1980	1981-2000	2001-2010	2011-2020
Cargadora rueda	4	7	3	11
Excavadora oruga	0	14	43	20
Minicargadora	0	1	21	25
Motoniveladora	1	19	10	11
Retroexcavadora	0	17	75	26
Rodillo	2	16	19	18
Tractor oruga	4	11	11	14
Total	11	85	182	125

Fuente: MTO, 2021

Como puede verse en la figura 23, la mayor cantidad se presenta en el período 2001-2010 (45%), seguida del período 2011-2020 (31%), luego 1981-2000 (21%) y finalmente <1981 (3%).

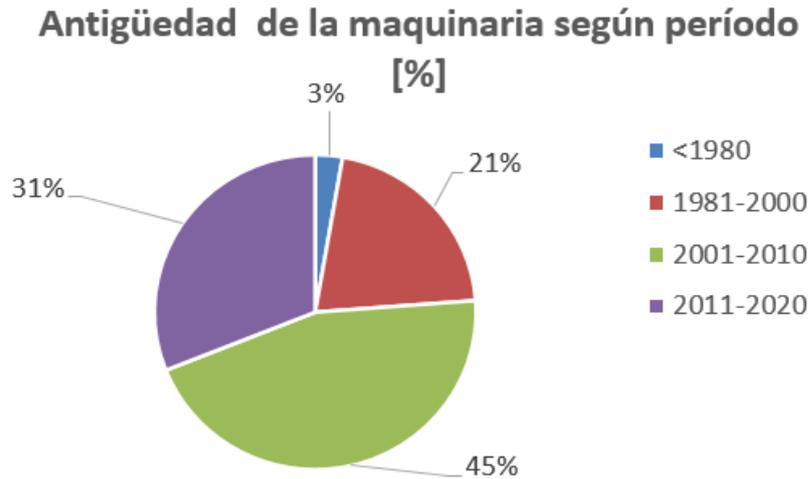


Figura 23. Cuatro períodos de antigüedad de la maquinaria
Fuente: (MTOP, 2021).

Participación por marcas

En lo concerniente a la participación por marcas, John Deere es la más representativa con 148 unidades, seguida de Caterpillar con 134. La tabla 9 indica la participación por cada marca.

Tabla 9. Participación por marcas

Marca	Cantidad
John Deere	148
Caterpillar	134
Komatsu	52
Bob Cat	45
Case	22
Ingersoll Rand	20
Bomag	14
New Holland	13
Otras	149

Fuente: (MTOP, 2021)

En consecuencia, la figura 24 manifiesta los porcentajes de participación por marcas, con la primacía de otros (25%), en igual relación que John Deere (25%) y Caterpillar (22%).

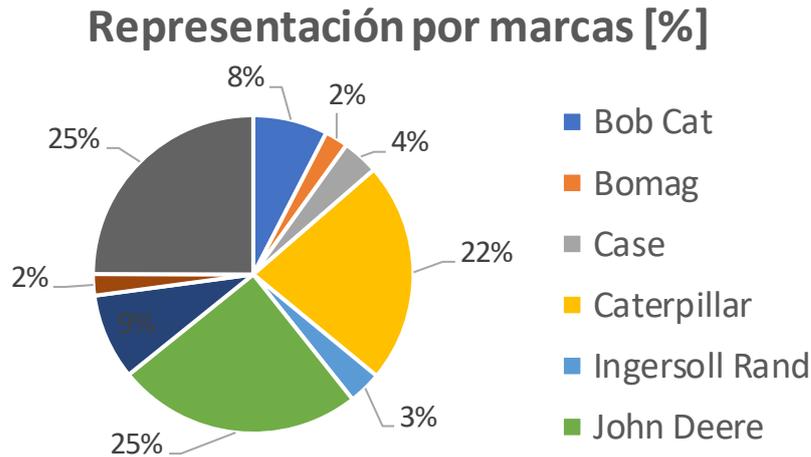


Figura 24. Gráfico de participación de marcas
Fuente: (MTO, 2021)

3.6 Clasificación de la maquinaria pesada

La principal clasificación tiene un enfoque hacia la construcción por la cantidad de variantes existentes. Los tipos pueden ser estándar y especial (European Union, 2017).

Estándar. – Maquinaria fabricada en serie, con amplia disponibilidad de repuestos y una operación relativamente estándar.

Especial. – Cuentan con aplicaciones específicas o su diseño es exclusivo para una determinada actividad.

Otra clasificación que permite ahondar a detalle las maquinarias es por la actividad que desempeñan; con lo cual pueden aparecer:

a) Equipos de excavación y movimiento de tierras. - En su mayoría aparecen palas y excavadoras, destacándose: tractor, bulldózer, cargador frontal, pala mecánica, draga, retroexcavadora y zanjadora.

b) Equipos de transporte horizontal de materiales. - Son empleados para el acarreo de material dentro de una obra, tal como camiones, vagones, traillas, cintas transportadoras y trenes.

c) Equipos de transporte vertical de materiales. – Aparece básicamente la grúa y sus derivaciones (fijas, móviles, hidráulicas, telescópicas y con pluma).

d) Equipos de compactación y terminación. - La compactación es un proceso donde se incrementa la densidad del suelo mediante la aplicación de fuerzas mecánicas:

carga estática, vibración, impacto y amasado. Algunos equipos son placas compactadoras vibratorias y compactadores neumáticos, rodillos lisos, rodillos neumáticos y rodillos pata de cabra.

e) Equipos de producción de hormigón. – Algunos de los equipos son plantas mezcladoras, betoneras, camiones mixer, bombas y vibradores.

f) Otros equipos y herramientas. – Son complementos para los equipos principales para el desempeño de nuevas funciones; como son compresores de aire (estacionarios, móviles o portátiles), bombas de agua, martinets y perforadores.

3.7 Datos técnicos-aplicaciones

En este apartado se indican los principales datos técnicos y aplicaciones de los vehículos de maquinaria pesada de mayor representación en la provincia del Azuay.

3.7.1 Retroexcavadora

Con 180 unidades en la provincia del Azuay, la tabla 10 indica la cantidad de retroexcavadoras para cada marca.

Tabla 10. Participación por marcas de las retroexcavadoras

Retroexcavadoras	180
John Deere	123
Caterpillar	32
J.C.B	6
Komatsu	5
New Holland	5
Hyundai	4
Case	3
Bob Cat	1
Volvo	1

Fuente: (MTO, 2021)

Las retroexcavadoras son empleadas en el movimiento de tierras, con ventajas para la apertura de tuberías o drenajes; permitiendo además preparar los terrenos o firmes. Destacan la profundidad máxima de excavación (m) y la capacidad máxima del cargador (m³), como se indica en la figura 25. Los modelos presentan en promedio las características expuestas en la tabla 11, con sistemas hidráulicos centro abierto y centro cerrado.

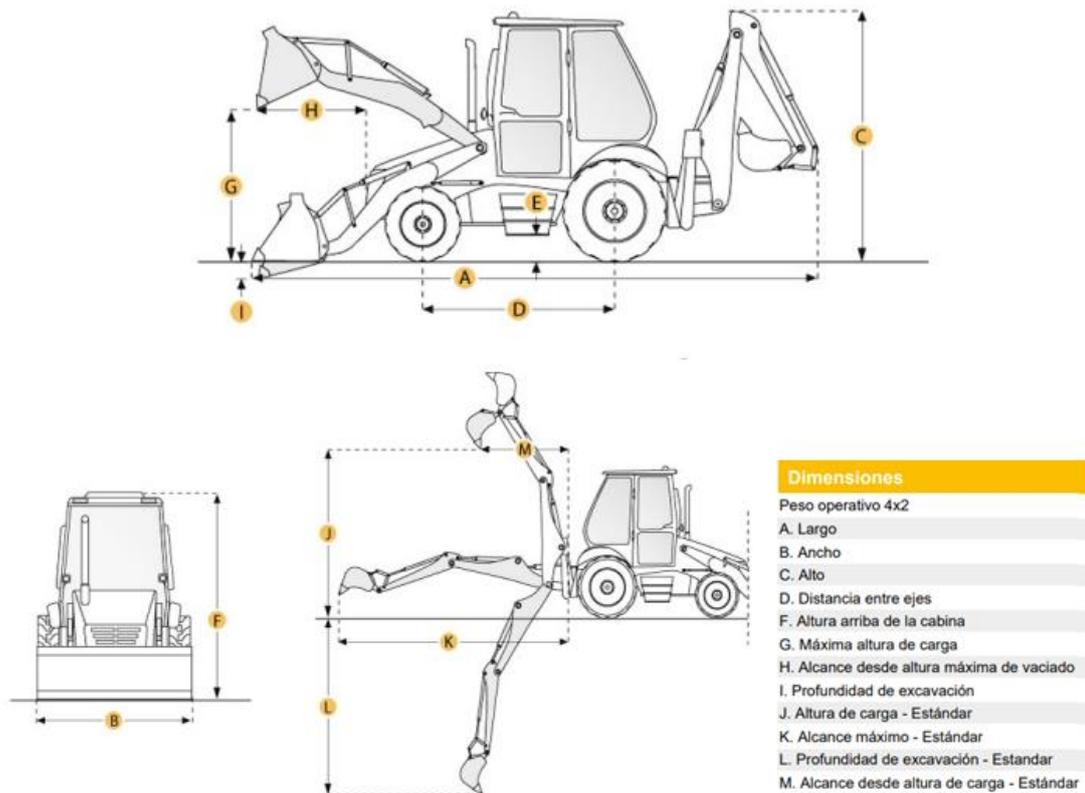


Figura 25. Principales dimensiones de una retroexcavadora
Fuente: (Caterpillar, 2021)

Tabla 11. Características de las retroexcavadoras

Parámetro	Especificación
Potencia	JD: 80; C: 69; JCB: 74,2 [kW]
Torque	JD: 428; JCB: 400 [Nm]
Cilindrada	JD: 4,5; C: 4; JCB: 4,4 [l]
Sistemas hidráulicos	Centro abierto/centro cerrado

Nota.

JD: John Deere

C: Caterpillar

JCB: Joseph Cyril Bamford

Fuente: (Caterpillar, 2021; Deere, s.f.; JCB, s.f.)

Las retroexcavadoras cuentan con una cabina de mando, una cuchara, una pluma, un plano de sustentación, una pala cargadora, un sistema de traslación y un mecanismo de desplazamiento (orugas o rueda); según se expresa en la figura 26.

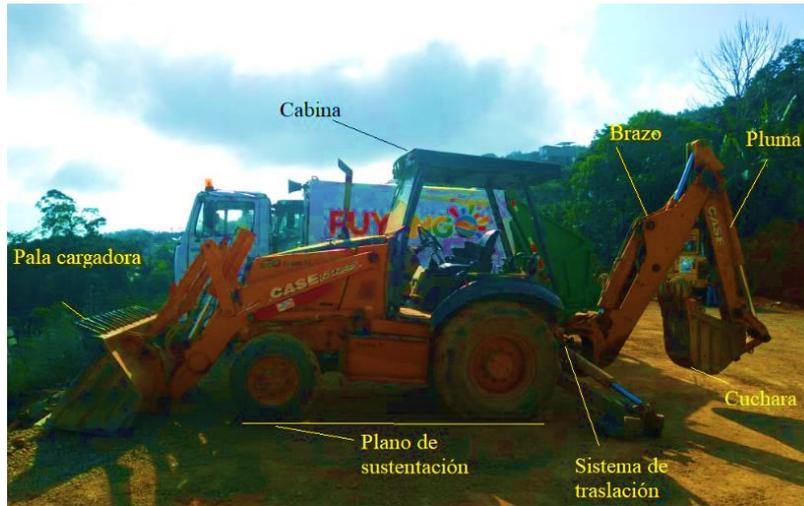


Figura 26. Principales partes de una retroexcavadora
Fuente: Autores

Los tipos aparecen en la tabla 12 y son según su accionamiento, el sistema de traslación y el tipo de operación.

Tabla 12. Tipos de retroexcavadoras

Clasificación general	Subtipos
Accionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • De cable o mecánicas • Hidráulicas
Sistema de traslación	<ul style="list-style-type: none"> • Excavadoras montadas sobre cadenas (orugas) • Excavadoras montadas sobre ruedas o neumáticos. • Excavadoras montadas sobre rieles.

Fuente: (JCB, s.f)

3.7.2 Excavadora de oruga

La tabla 13 da a conocer el número de participación por cada marca, teniéndose un total de 99 unidades.

Tabla 13. Participación por marcas de las excavadoras de oruga

Excavadoras de oruga	99
Caterpillar	39
Komatsu	16
Doosan	10
John Deere	9
Case	6
Otras	19

Fuente: (MTO, 2021)

Generalmente este tipo de maquinaria presenta alta demanda en la construcción y minería, retirando las capas superiores de tierra. En demoliciones reducen la mano de obra; además en la construcción no sólo remueven la carga de desmonte tras la demolición, sino

pueden remover la tierra y los obstáculos del terreno y prepararlo para establecer los cimientos de la construcción. Algunas de las características que proveen son el alcance máximo con el brazo (m), la profundidad máxima de excavación (m) y la altura máxima de descarga (m); según la figura 27. En la tabla 14 se presentan los principales datos técnicos.

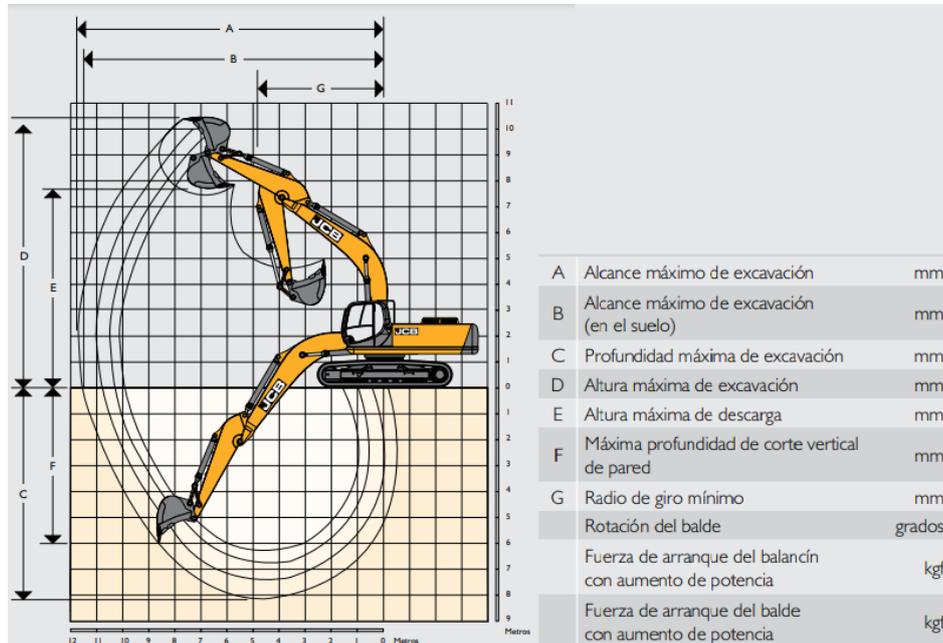


Figura 27. Características funcionales
Fuente: (JCB JS330, 2020)

Tabla 14. Características promedio de las excavadoras de oruga

Parámetro	Especificación
Potencia	C: 106; CS: 70,9; K: 110 [kW]
Cilindrada	C: 4,4; CS:3; K:6 [l]
Sistemas hidráulicos	Centro cerrado, con bomba de pistón de desplazamiento variable

Nota.

C: Caterpillar

CS: Case

K: Komatsu

Fuente: (Komatsu, 2019; Case, 2018)

Las excavadoras de oruga tal como lo indica la figura 28 cuentan con una cabina de mando, una cuchara, un punto de giro, una pluma, un plano de sustentación y un mecanismo de desplazamiento (orugas o ruedas).



Figura 28. Principales partes de una excavadora de oruga
Fuente: (DOSAN, 2020)

Los tipos aparecen en la tabla 15 y son según su accionamiento, el sistema de traslación y el tipo de operación.

Tabla 15. Tipos de excavadoras de oruga

Clasificación general	Subtipos
Accionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • De cable o mecánicas • Hidráulicas
Sistema de traslación	<ul style="list-style-type: none"> • Excavadoras montadas sobre cadenas (orugas) • Excavadoras montadas sobre ruedas o neumáticos. • Excavadoras montadas sobre rieles. • Excavadoras montadas sobre barcos.
Tipo de operación	<ul style="list-style-type: none"> • Excavadoras normal o estándar • Excavadoras de mordazas. • Excavadoras de Tárber • Excavadora de Rosario

Fuente: (Caterpillar, 2021; Pérez, 2018)

3.7.3 Rodillo

Para este tipo de maquinaria se registran 72 unidades, lo cual está indicado en la tabla 16.

Tabla 16. Participación por marcas de los rodillos

Rodillos	72
Ingersoll Rand	19
Bomag	16
Caterpillar	8
Otros	29

Fuente: (MTOP, 2021)

En concordancia, los rodillos también conocidos como apisonadoras, aplanadoras o compactadoras estáticas; producen la densificación del suelo por su peso y por la suma de una carga dinámica por medio de una masa excéntrica que gira alrededor de un eje de rodillo produciendo una vibración. Las aplicaciones aparecen en obras de construcción para compactar diferentes materiales, construcción de carreteras (sub base y mezclas asfálticas).

Las principales especificaciones son el ancho del rodillo (mm), el diámetro del rodillo (mm) y la frecuencia de vibraciones (Hz); tal como se indica en la figura 29. Los sistemas hidráulicos aparecen en el sistema de traslación con motores hidráulicos, también mediante bombas dobles de propulsión para el suministro de flujo hidráulico y válvulas de descarga en los circuitos de propulsión. En complemento, las especificaciones de potencia y cilindrada aparecen en la tabla 17.

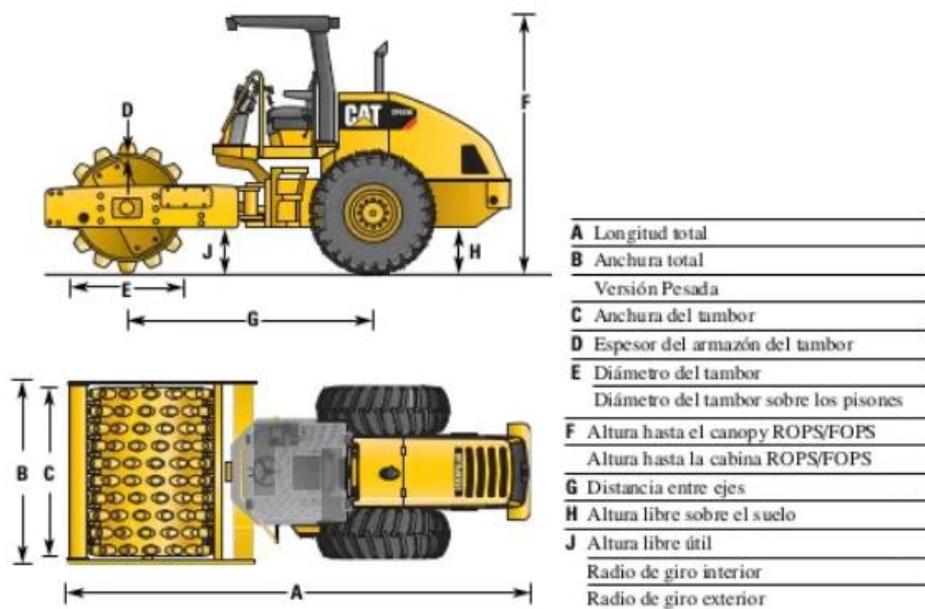


Figura 29. Características funcionales
Fuente: (CAT, 2017)

Tabla 17. Características principales de los rodillos

Parámetro	Especificación
Potencia	IR: 85,8; B: 98; C:97 [kW]
Cilindrada	IR: 3,30 L
Sistemas hidráulicos	Motores hidráulicos, bombas dobles de propulsión y válvulas de descarga

Nota.

IR; Ingersoll Rand

B: Bomag

C: Caterpillar

Fuente: (Bomag, 2020; Ingersoll Rand, 2019; Caterpillar, 2021)

Un rodillo forma parte de las máquinas compactadoras, cuenta con una cabina, un sistema de traslación, un equipo de compactación y un plano de sustentación, como lo indica la figura 30.



Figura 30. Principales partes de un rodillo
Fuente: Autores

La clasificación para este tipo de máquinas se divide en dos grandes grupos: estáticos y vibratorios. A su vez, se presentan una serie de tipologías detalladas en la tabla 18.

Tabla 18. Clasificación de los rodillos

Clasificación general	Subtipos		
Estáticos	De rodillos	Remolcados	<ul style="list-style-type: none"> • Únicos • Múltiples
		Autopropulsados	<ul style="list-style-type: none"> • Monocilíndricos • Tricilíndricos • Tándem • Especiales
	De neumáticos	Remolcados Autopropulsados	Con ruedas lisas o con dibujo
	Mixtos		-
Vibratorios	De tracción mecánica	Remolcados	<ul style="list-style-type: none"> • Lisos • Pata de cabra
		Autopropulsados	<ul style="list-style-type: none"> • Monocilíndricos: lisos y pata de cabra • Tándem: de chasis rígido y de chasis articulado • Mixtos: neumáticos, monocilíndricos • Especiales

Tabla 18. Continuación

Clasificación general		Subtipos	
Vibratorios	De tracción manual	Rodillos y vibrantes	<ul style="list-style-type: none"> • Monocilíndricos • Tándem y dúplex
		Planchas vibrantes	-
		Pisanos vibrantes	-

Fuente: (Acevo y Núñez, 2017)

3.7.4 Minicargadora

La tabla 19 señala un total de 72 unidades, con la respectiva participación por marcas.

Tabla 19. Participación por marcas de las minicargadoras

Minicargadoras	72
Bob Cat	45
Caterpillar	19
Otras	8

Fuente: (MTO, 2021)

En el caso de la figura 31, algunas especificaciones son la capacidad de cuchara (m^3), la longitud de transporte (m), la altura de transporte (m) y la altura de vertido máximo (m). En complemento, algunos sistemas hidráulicos pueden ser de alto caudal o principalmente de tipo simple, dada la sencillez del conjunto. Por la versatilidad que ofrecen, este tipo de maquinarias destacan por su productividad en el transporte de materiales, obras viales, jardinería, movimiento de tierras y remoción de nieve. Algunas de las variantes que pueden encontrarse son la potencia, dimensiones, flujo hidráulico, comodidad del operador, entre otros. Por ejemplo, un equipo pequeño será muy versátil en pequeños espacios cuyas aplicaciones pueden ser en desarrollo del sitio, nivelación final y para proporcionar capas finales de suelo sobre patios, aceras y otras áreas.

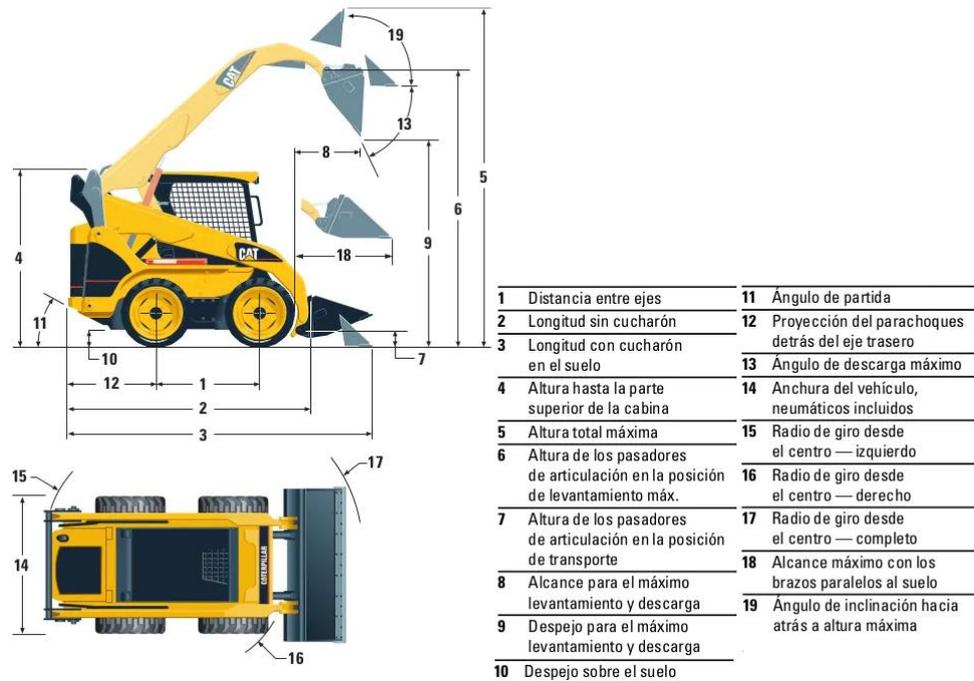


Figura 31. Dimensiones del útil
Fuente: (CAT 252B, 2020)

Del mismo modo, pueden emplearse en estructuras subterráneas gracias a su bajo y relativamente ligero perfil. Una de sus principales ventajas es que pueden equiparse con varios accesorios hidráulicos para trabajos de nivelación, excavación, perforación y trabajos de demolición más grandes. La tabla 20 muestra las características.

Tabla 20. Principales características de las minicargadoras

Parámetro	Especificación
Potencia	BC: 42; C:54 [kW]
Cilindrada	BC:2, 6; C: 3,3 [l]
Sistemas hidráulicos	Sistemas hidráulicos de alto caudal, sistemas hidráulicos simples

Nota.

BC: Bob Cat

C: Caterpillar

Fuente: (Caterpillar, 2021; Bob Cat, 2018)

3.7.5 Cargadora de rueda

Para la presente tipología aparecen 28 unidades expresadas en la tabla 21.

Tabla 21. Participación por marcas de las cargadoras de ruedas

Cargadora de rueda	28
Caterpillar	8
Komatsu	6
SEM	6
Otras	8

Fuente: (MTOPI, 2021)

En complemento, la figura 32 da a conocer algunas características a considerar como: la capacidad del cucharón (m^3), ancho de la pala (mm) y capacidad de elevación (m). De la misma manera, las aplicaciones pueden ser para trabajos de carga y acarreo, excavaciones ligeras y nivelaciones.

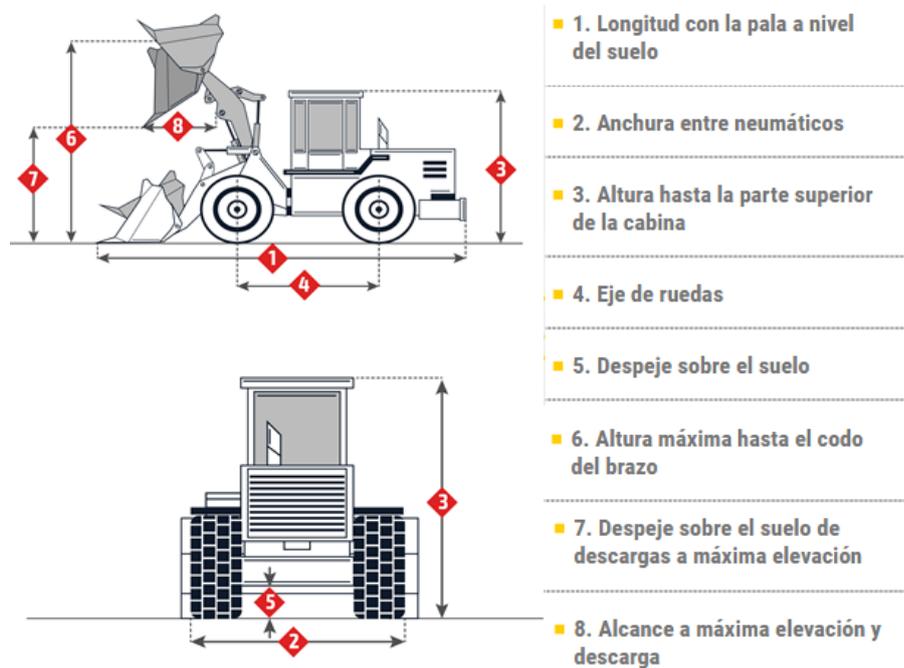


Figura 32. Principales dimensiones
Fuente: (Case, s.f.)

Además, la tabla 22 indica que, en este caso, los sistemas hidráulicos pueden ser bombas de pistones axiales variables, bombas de flujo variable o bombas de piñones.

Tabla 22. Principales características de las cargadoras de rueda

Parámetro	Especificación
Potencia	C:151; K: 117; SE: 197 [kW]
Torque	C: 931 [Nm]
Cilindrada	C:7; K:6,5; SE: 5,88 [l]
Sistemas hidráulicos	Bombas de pistones axiales variables, bombas de flujo variable o bombas de piñones

Nota.

C: Caterpillar

K: Komatsu

SE: SEM

Fuente: (Cat, 2018; Komatsu, 2020; SEM, 2021)

Las minicargadoras al igual que las cargadoras cuentan con una cuchara dispuesta frontalmente y de gran tamaño. Los principales componentes son una cuchara, una cabina, un contrapeso, un sistema de traslación y un plano de sustentación; con base en lo indicado en la figura 33 y figura 34.



Figura 33. Principales partes de una minicargadora
Fuente: Autores



Figura 34. Principales partes de una cargadora sobre ruedas
Fuente: (LOVOL, 2021)

La clasificación para minicargadoras y cargadoras engloba la manera en que se efectúa la descarga y la forma de rodamiento (tabla 23).

Tabla 23. Clasificación de las cargadoras en general

Clasificación general	Subtipos
Forma de efectuar la descarga	<ul style="list-style-type: none"> ● Descarga frontal ● Descarga lateral ● Descarga trasera
Forma de rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ● De neumáticos ● De orugas

Fuente: (Cuiñas, 2015)

3.7.6 Motoniveladora

La presente tipología dispone de 56 unidades en el Azuay, según se indica en la tabla 24.

Tabla 24. Participación por marcas de las motoniveladoras

Motoniveladoras	56
Caterpillar	11
Komatsu	9
John Deere	9
Champion	5
Otras	22

Fuente: (MTOPI, 2021)

Las aplicaciones de esta maquinaria aparecen en procesamientos de materiales y nivelaciones iniciales; específicamente para la construcción de caminos, preparación de sitios y bases para edificación, desgarramiento y escarificación, cortes en talud, nivelación de bancos, corte y limpieza de zanjas, y mantenimiento de caminos. En fin, la figura 35 indica algunas de las características a tener presentes, siendo: profundidad máxima de corte (mm), ancho de la hoja (m) y altura de la hoja (mm). La presencia de sistemas hidráulicos está en bombas de pistones de caudal variable y válvulas de control centro cerrado; cuyas características complementarias aparecen en la tabla 25.

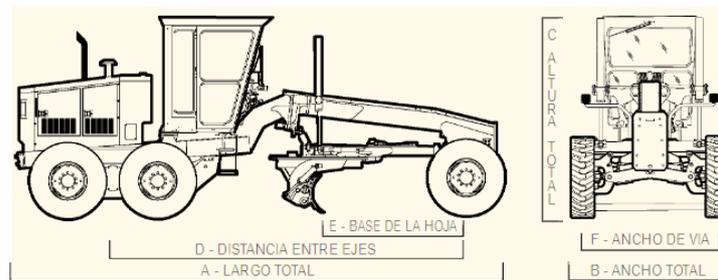


Figura 35. Principales dimensiones

Fuente: (Volvo, s.f)

Tabla 25. Principales características de las motoniveladoras

Parámetro	Especificación
Potencia	C: 93; K: 144; JD: 140 [kW]
Torque	C: 822; K:880; JD: 1 124 [Nm]
Cilindrada (promedio)	C:7; K:6,69; JD:9 [l]
Sistemas hidráulicos	Bomba de pistones de caudal variable, válvula de control centro cerrado.

Nota.

C: Caterpillar

K: Komatsu

JD: John Deere

Fuente: (Caterpillar, 2016; Komatsu, 2018; John Deere, 2020)

Estas máquinas disponen de una cabina, una tornamesa, una barra de tiro, una hoja vertedera, un sistema de traslación; como se visualiza en la figura 36.



Figura 36. Principales partes de una motoniveladora
Fuente: Autores

Generalmente, están clasificadas por su número de ruedas; apareciendo:

- De seis ruedas o tres ejes
- De cuatro ruedas o dos ejes
- Superiores a cuatro ejes

3.7.7 Tractor de oruga

Este tipo de maquinaria presenta 36 unidades en el Azuay, cuya participación por marcas se halla en la tabla 26.

Tabla 26. Participación por marcas de los tractores de oruga

Tractor de oruga	36
Komatsu	14
Caterpillar	13
Otras	9

Fuente: (MTO, 2021)

En tanto, las principales características se encuentran en la capacidad de la hoja (m^3), elevación máxima sobre el suelo (m), caída por debajo del suelo (m) (figura 37); considerándose además el equipamiento *Ripper* de la figura 38.

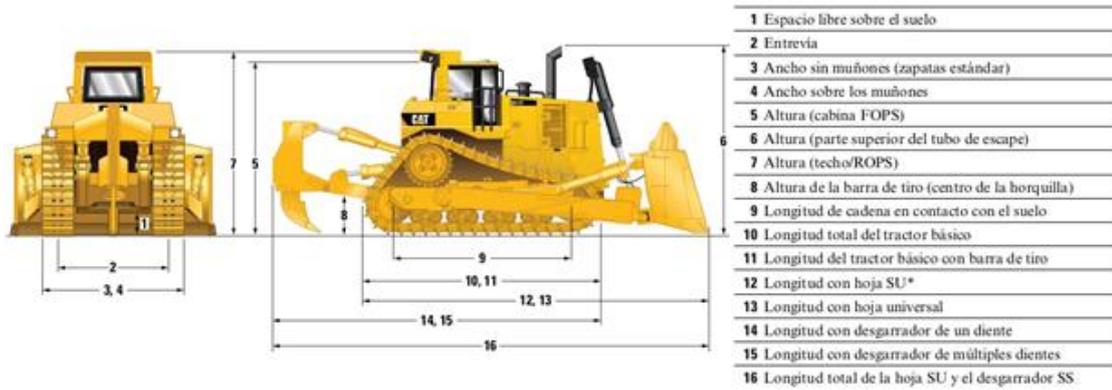


Figura 37. Principales dimensiones
Fuente: (CAT, s.f.)

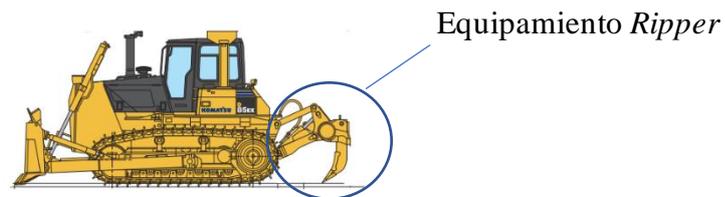


Figura 38. Detalle del equipamiento
Fuente: (Komatsu, 2020)

Los sistemas hidráulicos corresponden a bombas independientes de giro y ejecución, y sistemas de detección de carga. Otras características aparecen en la tabla 27.

Tabla 27. Principales características de los tractores de oruga

Parámetro	Especificación
Potencia	C:104, 4; K: 199; S: 180 [kW]
Cilindrada	C:10, 5; K: 11,04 [l]
Sistemas hidráulicos	Bombas independientes de giro y ejecución, sistemas de detección de carga, bombas de pistones de caudal variable

Nota.

C: Caterpillar

K: Komatsu

S: Shantui

Fuente: (Komatsu, 2020; Caterpillar, 2016)

Están caracterizados por una gran hoja de empuje, además cuentan con una cabina, un sistema de traslación y un plano de sustentación, como se ve en la figura 39.



Figura 39. Principales partes de un tractor de oruga
Fuente: (CAT, n.d.-b)

Estas máquinas se encuentran dentro de una clasificación delimitada por el sistema de traslación y por la forma de movimiento de las hojas (tabla 28).

Tabla 28. Clasificación de los tractores en general.

Clasificación general	Subtipos
Sistema de traslación	<ul style="list-style-type: none"> • De orugas • De ruedas
Movimiento de las hojas	<ul style="list-style-type: none"> • Inclinación lateral • Variación del ángulo de ataque de la hoja • Variación del ángulo de la hoja respecto a la dirección de avance • Elevación y descenso de la hoja

Fuente: (CAT, s.f)

3.7.8 Otros

Dentro de la maquinaria pesada presente en el Azuay, la tabla 29 indica la presencia de otro tipo de vehículos.

Tabla 29. Participación por marcas de otras maquinarias

Marca	Cantidad	Marca	Cantidad
Toyota	4	Hyundai	1
Caterpillar	3	Silla	1
XCMG	3	Faco	1
Broce Broom	2	Cimline	1
Putzmeister	2	Superior Broom	1
Etnyre	2	Komatsu	1
Grove	2	Hyster	1
Bearcat	2	John Deere	1
Bomag	2	Schwing	1
Wirtgen	2	Fraste	1
Yale	2	Adm	1
Italmachine	2	Terex	1
Ingersoll Rand	1	Dieci	1
Cement Tech	1	JCB	1
Rosco	1	Vogele	1
Total		46	

Fuente: (MTOPE, 2021)

Con la información previa, la tabla 30 da a conocer las principales características y sistemas hidráulicos presentes en la categoría “otras maquinarias”.

Tabla 30. Principales características de otras maquinarias

Tipo de maquinaria	Características a considerar	Sistemas hidráulicos
Autohomigonera	Capacidad (m ³) y rendimiento (m ³)	<ul style="list-style-type: none"> Bombas de engranajes círculo abierto, reguladores de velocidad. Bombas de pistones axiales círculo cerrado.
Barredora mecánica	Ancho útil del cepillo (m), ángulo de barrido (°) y velocidad de trabajo (km/h)	<ul style="list-style-type: none"> Bomba de presión compensada
Bomba hormigonera	Alcance del brazo proyector horizontal (m) y vertical (m), ángulo de rotación (°) y volumen de caudal (m ³ /h)	<ul style="list-style-type: none"> Bomba hidráulica de doble pistón
Camión grúa	Altura de la pluma (m), extensión de la pluma (m) y capacidad de levantamiento (kg)	<ul style="list-style-type: none"> Conjuntos de bombas Bancos de válvulas de presión compensada
Distribuidor de agregados	Longitud del esparcidor (m)	<ul style="list-style-type: none"> Bomba de engranajes de tres secciones
Distribuidor de asfalto	Longitud del esparcidor (m), caudal (gal/min)	<ul style="list-style-type: none"> Bomba de pistón hidrostática
<i>Finisher</i> extendedora	o Capacidad de tolva (ton), anchura de tolva (mm), anchura regla de extendido (m)	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas hidráulicos de accionamiento de traslación y compactación dispuestos en circuitos cerrados independientes
Fresadora asfáltadora	Anchura de fresado (mm), profundidad de fresado (mm) y diámetro de círculo de corte (mm), capacidad de carga (ton), pluma (m) y alcance (m)	<ul style="list-style-type: none"> Rascador de apertura hidráulica Sistema de compresión hidráulico Control hidráulico de tracción Bombas variables de pistones axiales con servo pilotaje y regulador de potencia Motor hidráulico de pistones axiales de desplazamiento constante, engranaje planetario Accionamiento de circuito de aceite cerrado
Grúa telescópica	Altura mínima (m), altura máxima (m), radio útil de operación (m), ángulo de elevación (°) y carga de elevación (kg)	<ul style="list-style-type: none"> Bombas de engranajes Bancos de válvulas de control independientes
Montacarga telescópico	Capacidad de elevación (kg) y altura de elevación máxima (m)	<ul style="list-style-type: none"> Control de carga hidráulica Bomba de pistones axiales con detección de carga de caudal variable
Montacargas	Capacidad (kg) y elevación de carga (m)	<ul style="list-style-type: none"> Motor de pistones axial o radial
Perforadora de suelo	Carrera del cabezal de rotación (mm), tiro (N)	<ul style="list-style-type: none"> Bomba de lodo dúplex de alta presión a pistones Bomba tríplex Bomba cuádruplex Bomba de tornillo Válvula de aire hidráulica
Recicladora de pavimento	Anchura de trabajo (mm), profundidad de trabajo (mm), rendimiento (m ² /día), firme de asfalto reciclable (cm),	<ul style="list-style-type: none"> Barra trituradora con ajuste hidráulico Escudo rascador con ajuste hidráulico
Selladora de grietas	Capacidad (L), bombeo de material (L/min)	<ul style="list-style-type: none"> Bomba hidráulica doble (motor sin compresor)

Adaptado por: Autores

3.8 Conclusiones del capítulo

En el año 2020 se registraron 597 equipos matriculados en la dirección distrital del MTOP Azuay, correspondientes a 38 clases. La mayor cantidad de unidades corresponde al período 2001-2010 (182); siendo las retroexcavadoras (30%) las de mayor presencia para todas las edades, seguidas de excavadoras de oruga (17%), rodillos (12%), minicargadoras (12%), motoniveladoras (9%), otros (9%), tractores de oruga (6%) y cargadoras de oruga (5%). Dos marcas predominan la participación con 282 unidades (John Deere y Caterpillar), dejando a otras marcas con una participación inferior a la mitad de la más representativa, y una variedad de fabricantes cuya participación es inferior a 10 unidades (Komatsu, Bob Cat, Case, Ingersoll Rand, Bomag y New Holland).

Los tipos de mayor representación son: retroexcavadoras, excavadoras de oruga, rodillos, minicargadoras, motoniveladoras, tractores de oruga y cargadoras de oruga. Los sistemas oleo hidráulicos de mayor presencia son sistemas de alto caudal, con bombas de pistones de desplazamiento variable, motores hidráulicos, bombas de pistones axiales variables y bombas de engranajes.

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO

El presente capítulo indica los procedimientos de seguridad aplicables al mantenimiento en general de los sistemas oleo hidráulicos, partiendo de la simbología requerida, para adentrarse en las consideraciones para intervenir en el motor y en los sistemas objeto de estudio. Posteriormente, se detallan los principales procedimientos para el mantenimiento de elementos generales como cañerías, mangueras y empalmes; hasta adentrarse en elementos más complejos como bombas, válvulas y actuadores. Igualmente, para los principales tipos de maquinaria se detallan los intervalos de mantenimiento.

4.1 Simbología

La norma DIN ISO 1219 establece la simbología para los sistemas hidráulicos considerando la funcionalidad de los componentes, con lo cual, pueden presentarse uno o varios símbolos funcionales, carecen de una escala específica y no mantienen una posición determinada. Los principales símbolos se resumen en la Tabla 31.

Tabla 31. Principales símbolos

Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo
Línea (conducción de fluido)	—	Accionamiento por carga o descarga de presión		Válvula continua	
Sentido de flujo (hidráulico)		Bomba y motor hidráulico		Válvula de purgado	
Trayecto y sentido del flujo en una válvula		Cilindro hidráulico		Válvula de presión	
Movimiento rotatorio		Acumulador hidráulico sin precompresión		Válvula de flujo (reguladora)	
Resorte		Acumulador hidráulico con precompresión		Tanque ventilado	
Estrangulamiento		Válvulas direccionales		Recipiente de presión	
Tubería flexible		Válvula antirretorno		Filtro	
Accionamiento (símbolo general)		Válvula alternadora		Indicador de presión general	

Fuente: (Morales, 2009)

4.2 Seguridad

El procedimiento de seguridad inicia con la verificación de las recomendaciones de operación, lubricación, mantenimiento y reparación de los manuales o catálogos correspondientes. A continuación, se describe de una manera secuencial los principales procedimientos:

1.- Verificar que el estado de las etiquetas de advertencia sea óptimo y legible; según la figura 40.



Figura 40. Etiqueta de advertencia
Fuente: (CAT, s.f)

2.- Usar el EPP correspondiente: casco, gafas de protección, guantes, zapatos; y protectores auriculares o respiratorios cuando sea necesario.

4.2.1 Seguridad para trabajar en el motor:

1.- Apagar el motor y desconectar equipos eléctricos como baterías y cables de conexión a tierra.

2.- Para la limpieza de componentes, se recomiendan presiones de aire hasta 205 kPa y de agua hasta 275 kPa.

3.- Comprobar la existencia de fugas mediante una superficie sólida rectangular (cartón o madera).

4.- Contener los derrames de fluido mediante los procedimientos recomendados por el fabricante.

5.- Evitar la aspiración de polvos como asbesto.

6.- Eliminar adecuadamente los desechos, especialmente los lubricantes, combustibles, electrolitos de las baterías y otros fluidos con alto potencial contaminante.

7.- Evitar incendios mediante el control de fugas y derrames, realizando el trabajo en zonas adecuadas. Retirar las tapas del cárter del motor durante una parada de emergencia, puede originar fuego repentino.

8.- Evitar cables expuestos y reparar toda cañería o manguera que presente anomalías en sus extremos o en su recorrido.

9.- Los circuitos eléctricos no controlados pueden dañar los cojinetes de bancada, las superficies del muñón del cojinete del cigüeñal y los componentes de aluminio. Los motores que se instalen sin cintas de conexión a tierra entre el motor y el bastidor pueden sufrir daños por descarga eléctrica.

10.- Los siguientes parámetros se pueden supervisar como parte del sistema monitor del motor:

- Altitud de operación
- Nivel del refrigerante del motor
- Temperatura del refrigerante del motor
- Presión de aceite del motor
- Velocidad del motor
- Temperatura del combustible
- Temperatura del aire del múltiple de admisión
- Voltaje del sistema

11.- En motores con sistema de control electrónico, la sincronización de la inyección varía según las condiciones de operación. Los siguientes parámetros puede optimizarse:

- Arranque
- Emisiones
- Ruidos
- Consumo de combustible

12.-Para identificar el motor, buscar en el lado derecho superior del bloque motor (usualmente)

13.- Los principales sensores que envían señales al control electrónico del motor son:

- Sensor de temperatura del aire de admisión
- Sensor de temperatura del refrigerante del motor
- Sensor de presión del aceite del motor
- Sensores de velocidad/sincronización del motor

- Sensor de presión del combustible
- Sensor del nivel del refrigerante

14.- Identificar los códigos de diagnóstico activos del motor, según el módulo de control electrónico.

15.- Algunos parámetros programables por el cliente según el fabricante, pueden ser los descritos en la Tabla 32.

Tabla 32. Parámetros modificables o programables

Parámetros		
• Contraseñas del cliente	• Régimen de cambio de velocidad en toma de fuerza	• Modalidad de vigilancia del motor Identificación del equipo
• Potencia nominal (hp a rpm)	• Velocidad baja en vacío	• Indicador de mantenimiento
• Selección de clasificación	• Velocidad alta en vacío	• Desactivación de parámetros
• Relación de aire/combustible	• Límite superior del motor	
• Límite de par	• Velocidad intermedia	

Fuente: Adaptado por los autores

Por ejemplo, en la figura 41 consta la interfaz del software para configuración de parámetros de la marca *John Deere*, donde dichos parámetros puede modificarse al conectar un escáner automotriz a la entrada OBD II. Así, pueden ejecutarse modificaciones en las propiedades de inyección, sistemas post tratamiento y reprogramación de ECUs.



Figura 41. Software para calibrar parámetros
Fuente (John Deere, s.f)

16.- A temperaturas de 0 a 60°C, el tiempo de calentamiento es de aproximadamente tres minutos. A temperaturas inferiores a 0°C se requiere un tiempo de calentamiento adicional.

4.2.2 Seguridad para trabajar en el sistema hidráulico:

- 1.- La despresurización es importante. Se debe apagar el motor y verificar que el sistema ha liberado toda la presión antes de realizar un trabajo. El giro de las palancas de mando libera la presión durante unos diez a quince movimientos.
- 2.- El sistema debe enfriarse y mantener una temperatura inferior a 40° C.
- 3.- Engrasar los racores de los accesorios según lo establezca el manual. Para ello, todos los accesorios deben desactivarse, la máquina debe estar bloqueada y con la batería desconectada.
- 4.- Asimismo, deben engrasarse los muñones, cilindros de dirección, juntas de deslizamiento, puntos de giro y cilindros de inclinación, como se indica en la figura 42.

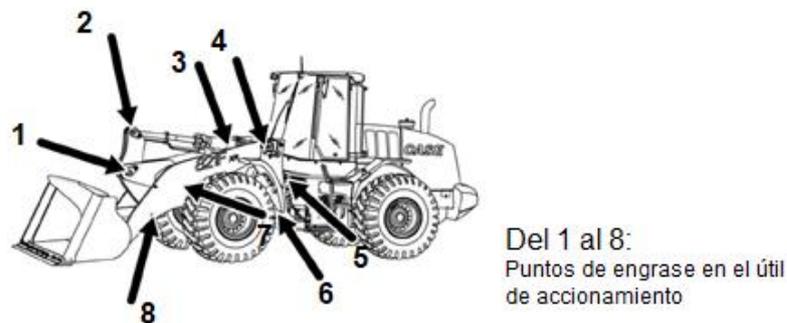


Figura 42. Puntos de engrase de una cargadora sobre ruedas
Fuente: (CAT, 2019)

- 5.- La presión máxima de trabajo puede generar un par excesivo en el eje de accionamiento, además, deben evitarse velocidades excesivas para evitar pérdida de lubricación.
- 6.- Es importante evitar la cavitación, es decir, que un fluido no pueda llenar el espacio existente, especialmente en el ingreso de las bombas. Asimismo, no debería existir vacío en el ingreso. Cuando se da cavitación, existe un ruido particular semejante a la explosión de burbujas.
- 7.- La entrada a las bombas debe ser presurizada, por lo que en casos específicos pueden emplearse bombas de engranajes con válvulas de seguridad ajustada para mantener una superalimentación.
- 8.- Las bombas no entregan presión sino caudal, y la presión se origina por una resistencia al caudal. Cuando las bombas pierden rendimiento lo hacen de manera progresiva.

9.- El funcionamiento lento del sistema puede deberse a una bomba gastada o a una fuga parcial. La potencia derivada del motor se convierte en calor en el punto de fuga, por lo que es importante identificar zonas de calentamiento anormal.

10.- Cuando el caudal es insuficiente, pueden surgir causas como un montaje incorrecto, colocación en sentido inverso, falta de cebado o un eje del motor roto.

11.- Cuando existe ruido, la bomba debe detener su funcionamiento. La cavitación por ejemplo surge cuando se ha restringido la línea de entrada, un filtro de aspiración está sucio o la velocidad de rotación es elevada. El aire también origina ruido y se presenta con niveles bajos de aceite en el depósito, fugas en las líneas de aspiración, fugas en los retenes de los ejes o un arranque de la bomba de aceite.

12.- La prevención de fugas está basada en: diseño de minimización (roscas cilíndricas, montaje sobre placa base o tipos de juntas), control de condiciones de funcionamiento (exposición a condiciones de humedad, salinidad, suciedad u otros contaminantes abrasivos) y una correcta instalación.

13.- Algunas juntas elastómeras generan reacciones químicas al usarse ciertos aceites minerales.

14.- La calidad del aceite influye en la vida útil de las juntas, debiéndose tener presente además condiciones de temperatura y presión (acatar las cargas máximas de levantamiento).

15.- La selección de los aceites debe considerar: aditivos anti desgaste y viscosidad.

16.- La limpieza durante el montaje y cambios de aceite tiene amplia importancia. El uso de aire comprimido limpia eficazmente los racores. No se recomienda usar cinta teflón.

17.- Al utilizar acoplamientos flexibles en ejes de bombas y motores, se deben alinear las mitades de los acoplamientos en una tolerancia de 0,50 mm.

18.- Verificar que el sistema hidráulico no mantenga presión alguna, especialmente al momento de desmontar válvulas, empalmes o actuadores.

19.- La maquinaria debe situarse en un plano completamente horizontal, para evitar desplazamientos durante la intervención.

20.- Deben colocarse bloqueos en las ruedas para evitar desplazamientos.

4.3 Mantenimiento

4.3.1 Procedimientos generales

El mantenimiento de los sistemas oleo hidráulicos debe verificar en un inicio:

- Mangueras
- Cañerías
- Niveles
- Empalmes
- Presiones de operación

Mangueras

Es importante verificar el estado superficial, inspeccionando la existencia de fugas y la calidad de la capa de protección (forro). Este componente debe tener cierta flexibilidad y no mostrar resequedad; caso contrario, se recomienda su reemplazo (Morales, 2009). La figura 43 indica una manguera deteriorada.



Figura 43. Manguera deteriorada
Fuente: (Morales, 2009)

Cañerías

Al igual que en el caso anterior, se debe comprobar la existencia de fugas, inspeccionándose que se mantenga una continuidad de la línea (sin curvaturas o dobladuras).

Niveles

Los niveles pueden comprobarse de dos maneras: la primera a través de las varillas de verificación; la segunda, mediante las cámaras de comprobación o los visores de inspección (Pérez, 2017).

Empalmes

Esta verificación inicia desde la inspección visual de fugas superficiales, hasta el desmontaje y comprobación de los retenes, calidad de las roscas o estado de los neplos (Pérez, 2017).

Presiones de operación

En los manuales de operación o de mantenimiento, aparecen las presiones recomendadas para el óptimo funcionamiento de los sistemas hidráulicos. Mantener los niveles recomendados asegura la inexistencia de fugas, así como el adecuado rendimiento de las bombas.

4.3.2 Válvulas, bombas y actuadores

Válvulas

La inspección del banco de válvulas inicia con el desmontaje del conjunto. Una vez realizada esta acción, cada elemento debe retirarse y verificarse el estado y posición de los retenes de estanqueidad. Usualmente tiende a provocarse un desplazamiento de estos por las altas presiones que se manejan. Con la misma consideración, otras válvulas cuentan con microfiltros, los cuales deben comprobarse que no se encuentren obturados; de igual manera que los muelles accionadores, cuya longitud y elongación deben ser las adecuadas. Para los carretes como el de la figura 44, no deben existir rayaduras profundas, al igual que las bases de los muelles.

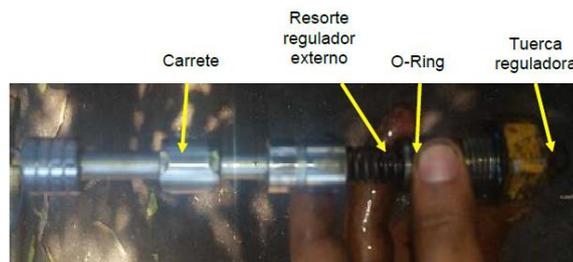


Figura 44. Válvula reguladora de presión
Fuente: (Llerenas, 2017)

Para otros tipos de válvulas como la reguladora de caudal de la figura 45, se debe comprobar el adecuado funcionamiento de la aguja reguladora; comprobándose además que no existan taponamientos ni irregularidades en los orificios.

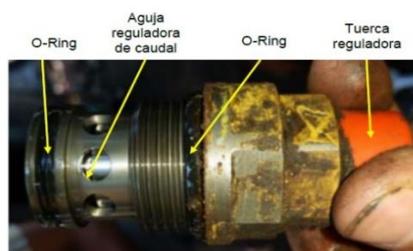


Figura 45. Vista de una válvula reguladora de caudal
Fuente: (Llerenas, 2017)

Bombas

Las bombas hidráulicas se encuentran acopladas a soportes, cañerías, mangueras y otros elementos. De este modo, dependiendo del tipo de bomba, debe comprobarse el estado de los elementos móviles: pistones, paletas o engranajes (figura 46).



Figura 46. Desmontaje de una bomba de pistones
Fuente: (Llerenas, 2017)

La principal acción a tomar en cuenta en el desmontaje es la limpieza, puesto que materiales extraños pueden acarrear averías tempranas. Esta acción debe ser periódica al igual que los cambios de aceite según los manuales de mantenimiento. Los racores deben limpiarse con aire comprimido. Los extremos de los tubos milimétricos deben escariarse para impedir que las rebabas de material restrinjan caudal o creen turbulencias.

Al usar acoplamientos flexibles entre los ejes de las bombas y motores, deben alinearse las mitades de acoplamiento en tolerancias de 0,50 mm, sin apretar los acoplamientos de los ejes. Dichos ejes en sus estrías deben engrasarse con grasa a discreción (figura 42). Previo el cebado del sistema, una fina capa de aceite hidráulico facilita la lubricidad de los componentes.



Figura 42. Estriado del eje de una bomba para excavadora
Fuente: (taoparts.com; 2022)

Las bombas de paletas, no deben ponerse en marcha contra una válvula centro cerrado, un acumulador cargado o un circuito cerrado con un motor hidráulico. Para bombas de pistones y desplazamiento variable, debe ponerse en marcha a la mitad de su desplazamiento máximo, sin carga (debe haberse realizado un purgado previo), jamás debe funcionar con vacío en la entrada, la carcasa debe estar llena de aceite y comprobar el cebado de la bomba en el primer minuto de funcionamiento (Vickers, 2010).

Actuadores

Para estos elementos, debe eliminarse todo material extraño al cuerpo del cilindro, debe activarse la válvula de drenado hasta que escape todo el aire. Cuando salga un flujo constante de aceite sin burbujas de aire, se debe cerrar la referida válvula. Este procedimiento es aplicable una o dos veces hasta eliminar por completo el aire (Vickers, 2010).

4.3.3 Prevención, detección e inspección

En varias referencias se indica como principales factores de consideración a la prevención, detección e inspección.

Prevención

La contaminación es un factor de alta incidencia en las averías de los sistemas oleo hidráulicos, sin embargo, es de fácil intervención. Por la aplicabilidad de los referidos sistemas, la exposición a factores ambientales como polvo, lodo y agua, ejerce una amplia incidencia especialmente en el desgaste abrasivo. La limpieza periódica de los componentes expuestos permitirá prevenir daños mayores por desgaste abrasivo, cizalladuras, entre otros; cuya influencia está marcada por: reducción de eficiencia y acelerado desgaste de los componentes. En algunos casos, las pérdidas de rendimiento llegan hasta el 20%.

Generalmente, los principales contaminantes son partículas, calor aire y agua; englobados en los grupos partículas contaminantes y contaminantes químicos. Para el primer caso, aparecen partículas externas como el polvo o la arena, así como partículas internas metálicas originadas por el desgaste de los propios componentes. Mientras tanto, el segundo caso guarda relación con componentes como el agua, el calor o el aire, los que pueden generar reacciones internas con el aceite, produciendo ácidos y oxidación (Maquinarias Pesadas, s.f).

De manera general, las tolerancias en sistemas oleo hidráulicos abarcan niveles hasta 30 μm , un nivel imperceptible para la visión. A pesar de ello, los contaminantes generan tres formas de afectación: abrasión, fatiga y obstrucción. Consecuentemente, las principales estrategias para evitar desgaste en los mencionados sistemas son:

- Realizar inspecciones diarias
- Mantener lleno el depósito hidráulico
- Proporcionar un adecuado mantenimiento a las válvulas
- Proteger carcasas, manguitos y otros elementos descubiertos.
- Usar aceite hidráulico con un alto contenido de zinc
- Ajustarse a los intervalos recomendados de cambio de aceite y filtros
- Mantener herméticos los envases de aceite

Detección

La mejor forma de conocer el estado interno de los componentes es mediante la toma periódica de muestras de aceite, por lo que el fabricante Caterpillar (2016) contempla tres pruebas:

- Análisis de metal de desgaste: identifica el metal desgastado y la cantidad en el aceite.
- Análisis por infrarrojos: permite identificar el estado del aceite y si la presencia de componentes extraños ha afectado la composición química del aceite.
- Recuento de partículas: cuantifica partículas metálicas y no metálicas no detectadas en el primer análisis.

Inspección

Es la fase más sencilla y puede realizarse indistintamente del tiempo y lugar de operación. Usualmente, el operador de la máquina puede identificar anomalías en cuanto a vibraciones, ruido o fugas. Para ello, es importante regirse al manual de usuario de la máquina.

4.3.4 Períodos de mantenimiento

Para cualquier tipología de maquinaria, usualmente se consideran intervenciones cada diez horas, 250 horas, 500 horas, 1 000 horas y 2 000 horas, tal como da a conocer la tabla 33.

Tabla 33. Mantenimiento recomendado para cualquier maquinaria pesada

Intervalo [c/horas]	Acción
10	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del nivel de fluido hidráulico • Comprobación de pérdidas en bombas y cilindros hidráulicos • Comprobación de pérdidas en mangueras, cañerías y depósitos
250	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del enfriador de aceite hidráulico (pérdidas u obstrucciones) • Comprobación del estado de conexiones en líneas hidráulicas
500	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio del filtro hidráulico • Comprobación del ajuste en los tornillos de fijación de bombas y soportes
1 000	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de la presión del circuito hidráulico • Comprobación de tiempos de ciclo • Comprobación de pérdidas en orificios del desagüe de la bomba
2 000	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazo del aceite hidráulico

Fuente: (Caterpillar, 2020; Komatsu, 2018)

Dependiendo del fabricante, los intervalos también pueden establecerse para periodos cada 50 horas, 100 horas, 3 000 horas o más.

4.3.5 Averías más comunes

Aunque los sistemas oleo hidráulicos presentan numerosas variantes, la tabla 34 resume las principales averías y posibles causas que pueden suscitarse con base de indicadores de inspección.

Tabla 34. Averías según indicadores

Indicador	Causa
Pérdidas de fluido	<ul style="list-style-type: none"> • Culata del cilindro desgastada • Presión excesiva del circuito • Vástagos doblados o dañados • Daños en juntas • Sellado ineficiente de las mangueras • Inadecuado apriete de las mangueras
Ruido excesivo	<ul style="list-style-type: none"> • Averías en el enfriador de aceite • Bajo nivel de aceite • Obstrucción en filtros • Desgaste en bombas • Avería en válvulas de seguridad

Tabla 34. Continuación

Indicador	Causa
Calentamiento excesivo	<ul style="list-style-type: none"> • Avería en el enfriador de aceite • Bajo nivel de aceite • Obstrucción en filtros • Desgaste en bomba • Válvula de seguridad averiada • Viscosidad inadecuada del fluido • Obstrucción en el sistema • Inadecuada operación de la maquinaria
Juntas de cilindro sueltas	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste en vástagos o cilindros • Desgaste en bomba
Ciclos de trabajo lentos	<ul style="list-style-type: none"> • Daño en los vástagos de los cilindros • Averías en las válvulas • Nivel de fluido deficiente • Desgaste en la bomba
Daños en las mangueras	<ul style="list-style-type: none"> • Daño del material de revestimiento • Incorrecta alineación y acoplamiento de mangueras • Aireación o cavitación

Fuente: Adaptado por los autores

Mientras tanto, en la tabla 35 se presentan las principales averías que se suscitan en los elementos de mayor importancia: bombas y válvulas

Tabla 35. Averías en bombas y válvulas

Elemento	Avería	Causa
Bombas	Desgaste abrasivo	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por partículas finas (especialmente en placas de presión, lumbreras del cuerpo y cojinetes del eje) • Retenes desgastados
	Desgaste abrasivo y rayaduras	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por partículas gruesas (rayaduras en placas de presión, ejes del cojinete)
	Aireación y cavitación	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de vapor y aire en el circuito • La aireación surge por entrada de aire ante conexiones flojas, fugas o agitación del aceite en el depósito • La cavitación aparece por restricciones en la línea de succión de la bomba
	Falta de fluido	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo nivel en el depósito • Excesivo aire en la línea • Funcionamiento en pendientes pronunciadas • Suciedad o conexiones flojas
	Presión excesiva (roturas en los ejes de las bombas)	<ul style="list-style-type: none"> • Daños en las válvulas de alivio • Inadecuada regulación de la válvula de alivio
	Tolerancias insuficientes	<ul style="list-style-type: none"> • No ajustarse a las indicaciones de los manuales de mantenimiento
	Elevada temperatura del fluido (endurecimiento de anillos y sellos)	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas bloqueadas • Válvula de alivio incorrectamente calibrada

Tabla 35. Continuación

Válvulas	Válvula de dirección o carrete: mal funcionamiento de la hoja o cucharón	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas entre carrete y cuerpo • Desgaste en sellos
	Válvula de dirección o carrete: Atascamiento del cilindro	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales extraños obstruyendo • Incorrecto ensamblaje
	Válvula de alivio simple: baja presión	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste del muelle • Asiento desgastado • Materiales extraños que causan atascamiento • Laminas incorrectas
	Válvula de alivio simple: alta presión	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales extraños que causan atascamiento • Laminas incorrectas
	Válvula de alivio operada por piloto: regulación de alta presión	<ul style="list-style-type: none"> • Excesivas laminas • Falla en el muelle • Flujo excesivo
	Válvula de alivio operada por piloto: regulación de baja presión	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales extraños que causan atascamiento • Laminas incorrectas • Fugas de la cámara de sobrecarga • Asiento de válvula desgastado • Desgaste en muelle
	Válvula de alivio operada por piloto: operación desequilibrada	<ul style="list-style-type: none"> • Obstrucción en válvula de sobrecarga • Desgaste en válvulas piloto
	Válvula compensadora	<ul style="list-style-type: none"> • Obstrucción
	Válvula de control de flujo: no se limita el flujo	<ul style="list-style-type: none"> • Atascamiento en el cuerpo
	Válvula de control de flujo: flujo reducido	<ul style="list-style-type: none"> • Muelle deteriorado • Atascamiento del vástago
	Válvula de control de flujo: no se limita el flujo	<ul style="list-style-type: none"> • Atascamiento en el cuerpo
	Válvula de control de flujo: flujo reducido	<ul style="list-style-type: none"> • Muelle deteriorado • Atascamiento del vástago
	Válvula divisora de flujo:	<ul style="list-style-type: none"> • Atascamiento de válvula • Inadecuado ajuste de las válvulas de alivio
	Válvula diferencial de presión: menor presión	<ul style="list-style-type: none"> • Falla en el muelle • Fugas de aceite
	Válvula diferencial de presión: menor presión	<ul style="list-style-type: none"> • Falla en el muelle • Obstrucción de válvula

Fuente: (Ortega, 2014)

4.3.6 Mantenimiento en retroexcavadoras

La tabla 36 da a conocer los requerimientos generales para el mantenimiento de retroexcavadoras; donde la presión de inflado de los neumáticos debe ser el primer punto a

considerar, así como la viscosidad del lubricante. También es importante tener presente el alivio de presión del circuito.

Tabla 36. Consideraciones de mantenimiento para retroexcavadoras

Elemento	Especificación	Observaciones
Presión de inflado de los neumáticos	Ver en manual presión en [kPa] y carga máxima en [kg]	El desplazamiento hacia lugares de congelación desde temperaturas promedio de -20°C varía la presión de los neumáticos
Viscosidad del lubricante y llenado	Verificar grado SAE (ejemplo: SAE 5W-40)	Considerar temperaturas de trabajo. Los grados de viscosidad deben ser específicos para: transmisiones de mando, ejes de tracción y mandos finales, sistemas hidráulicos, depósitos de freno y ejes posteriores
Grasa	Considerar carga y velocidad	Estimar los ciclos de trabajo (largos, cortos) y las aplicaciones (livianas, medianas, grandes)
Capacidades de llenado	Litros [l] o galones [gal]	Contemplar que el trabajo en pendientes pronunciadas puede afectar el nivel
Alivio de presión	Presión hidráulica Presión de la válvula de traba Presión de dirección	Bloquear las ruedas, desconectar las conexiones al sistema de implemento, remover interruptores y sensores.

Fuente: (Parker, 2020)

Cada diez horas

Este mantenimiento debe lubricar los acopladores y los cojinetes de la pluma y el cucharón. Se requieren comprobaciones de los niveles de aceite del sistema hidráulico, de la transmisión y del motor. Caso similar debe hacerse para el refrigerante.

Cada 50 horas

En este período se requiere una obtención de muestra del aceite del motor, y una comprobación del filtro de la cabina.

Cada 250 horas

En este caso se requiere una obtención de muestra de aceite del motor, lubricación o reemplazo de los respiraderos y una comprobación del aceite del diferencial y de los mandos.

Cada 500 horas

Período que requiere la obtención de una muestra de refrigerante, reemplazo del aceite del motor; obtención de muestras de aceite del diferencial y transmisión; y reemplazo de los filtros de combustible, del sistema hidráulico, de la transmisión y del motor.

Cada 1 000 horas

Intervalo de reemplazo del aceite de la transmisión, del diferencial y de los mandos; así como la comprobación de las válvulas del motor.

Cada 2 000 horas

Lapso en el que se requiere el reemplazo del refrigerante, la lubricación o reemplazo de los respiraderos y el reemplazo del aceite de los sistemas hidráulicos.

Cada 3 000 horas

Tiempo de lubricación o reemplazo del termostato.

Los períodos de intervalos de mantenimiento para las retroexcavadoras constan en el Anexo 2.

4.3.7 Mantenimiento en excavadoras de oruga

Entre los lineamientos generales, la tabla 37 precisa algunos aspectos a considerar en cuanto al combustible, arranque en frío o características de los lubricantes.

Tabla 37. Consideraciones para el mantenimiento de excavadoras de oruga

Elemento	Especificación	Observaciones
Viscosidad del lubricante y llenado	Verificar grado SAE (ejemplo: SAE 5W-40)	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de servicio API CE • Clasificación API CD • Clasificación de servicio API CC • Aceite ACEA secuencia E2
Combustible	Índice cetánico (<40), contenido de azufre (ppm), lubricidad del combustible (según ASTM D6079 o ISO 12156-1)	Se recomienda basarse en las normas EN 590 o ASTM D975. Algunos casos toleran biodiésel en el rango (B5-B20)
Mezcla de lubricantes	Evitar mezcla entre marcas	Evitar mezcla entre aceites libres de zinc y aquellos con zinc
Aceite hidráulico	Libre de zinc	
Refrigerantes	Verificar la norma ASTM D6210	Usar entre 40% y 60% de refrigerante durante la mezcla con agua

Fuente: (Parker, 2020)

Cada 10 horas

En este caso es necesario comprobar el nivel de refrigerante, aceite del motor y aceite del sistema hidráulico. El acoplador debe recibir lubricación.

Cada 50 horas

En este período se debe drenar el depósito de combustible y el filtro de combustible.

Cada 100 horas

Es importante lubricar los pivotes y comprobar la cadena de oruga.

Cada 250 horas

En este caso se requiere una obtención de muestra de aceite del motor, drenar el sistema hidráulico y comprobar el aceite de la transmisión.

Cada 500 horas

Período que requiere la lubricación de juntas pasadoras y de los engranajes de los rodamientos. También es necesario comprobar el aceite del motor, el filtro de la cabina y la correa serpentina. Se debe drenar el aceite del motor y reemplazar el filtro del mismo.

Cada 1 000 horas

Intervalo de comprobación del refrigerante y de la correa serpentina; reemplazo del aceite de la transmisión, de los mandos, el filtro del sistema hidráulico y el filtro de aire. Además, se debe drenar el aceite de los engranajes de la bomba.

Cada 2 000 horas

Lapso en el que se requiere el reemplazo del aceite de los engranajes de la bomba y la comprobación de las válvulas del motor.

Cada 5 000 horas

Tiempo para drenar el aceite del sistema hidráulico y reemplazar el filtro respectivo.

Cada 6 000 horas

En este período se debe drenar el refrigerante.

Los períodos de intervalos de mantenimiento para las excavadoras de oruga constan en el Anexo 3.

4.3.8 Mantenimiento en rodillos

Algunas de las consideraciones generales de mantenimiento pueden verse en la tabla 38, donde es importante seleccionar adecuadamente los lubricantes según la viscosidad, comprobar la admisión de aire del motor y las barras de limpieza del tambor.

Tabla 38. Principales consideraciones para el mantenimiento de los rodillos

Elemento	Especificación	Observaciones
Viscosidad del lubricante y llenado	Verificar grado SAE (ejemplo: SAE 5W-40) y volumen [l] o [gal]	Comprobar en tambor, depósito hidráulico y motor
Admisión de aire del motor	Comprobar los filtros	-
Barras de limpieza del tambor	Ajustar o reemplazar	-

Fuente: (Parker, 2020)

Cada diez horas

Período en el que es necesario comprobar el sistema de aspersion, el rascador, el refrigerante, el aceite del motor y el aceite del sistema hidráulico.

Cada 50 horas

Para las primeras 50 horas se debe reemplazar el aceite del motor, el aceite de engranajes del rodillo, el aceite del sistema hidráulico y el filtro del motor. Asimismo, se debe verificar el recortador lateral, el filtro de la cabina y el filtro de aire; para finalmente drenar el filtro de combustible.

Cada 250 horas

Intervalo en el que se debe reemplazar el aceite y filtro de motor.

Cada 500 horas

Período en el que se debe comprobar el estado de los respiradores y el aceite de los tambores. También se requiere lubricar el cojinete del asiento y los cojinetes de los pivotes. En complemento, es necesario el reemplazo del filtro de combustible.

Cada 1 000 horas

Intervalo de comprobación del aceite y válvulas del motor. Además, se debe reemplazar el aceite de los tambores, el filtro del sistema hidráulico, el filtro de la cabina y el filtro de aire.

Cada 2 000 horas

Lapso en el que se requiere el reemplazo del aceite del sistema hidráulico, la comprobación de las articulaciones y el drenaje del depósito de combustible.

Los períodos de intervalos de mantenimiento para los rodillos constan en el Anexo 4.

4.3.9 Mantenimiento en cargadoras sobre ruedas y minicargadoras

Dentro del mantenimiento, se debe tener presente consideraciones generales como el entorno de trabajo, el combustible, la despresurización del sistema hidráulico y la viscosidad del aceite; tal como lo expresa la tabla 39.

Tabla 39. Consideraciones de mantenimiento para cargadoras

Elemento	Especificación	Observaciones
Mantenimiento periódico variable	Según entornos de trabajo	Determinados equipos y herramientas auxiliares podrían ejercer más tensión en el sistema hidráulico, los engranajes conductores, los motores o los filtros
Combustible	Refrigerante y prefiltro	Evitar la presencia de partículas y promover el cebado del circuito
Sistema hidráulico	Despresurización	-
Viscosidad del lubricante y llenado	Verificar grado SAE (ejemplo: SAE 5W-40) y volumen [l] o [gal]	Comprobar en motor, sistema hidráulico, transmisión y ejes

Fuente: (Parker, 2020)

Para cargadoras sobre ruedas**Cada diez horas**

Comprobación del aceite del motor.

Cada 50 horas

Es necesario comprobar el refrigerante, el aceite del sistema hidráulico y el aceite de la transmisión. Se debe lubricar los racores de engrase de la cuchara.

Cada 100 horas

Las primeras 100 horas es necesario el reemplazo del aceite y filtro del motor, del filtro del sistema hidráulico, el filtro del motor y la lubricación de los racores de engrase de la cuchara.

Cada 250 horas

Intervalo en el que se debe lubricar las juntas de deslizamiento y comprobar el filtro de la cabina.

Cada 500 horas

En este momento se debe reemplazar el aceite y filtro del motor, el filtro de combustible; comprobar el aceite del eje y drenar el depósito de combustible.

Cada 1 000 horas

Intervalo de lubricación de los racores de engrase de la cuchara, de los puntos de giro y de los respiradores. comprobación del aceite y válvulas del motor. Igualmente es necesario reemplazar el filtro del sistema hidráulico y el filtro de la cabina.

Cada 2 000 horas

En esta etapa se debe reemplazar el refrigerante, el aceite y filtro del sistema hidráulico, el filtro de aire; y comprobar las válvulas del motor.

Los períodos de intervalos de mantenimiento para las cargadoras sobre ruedas constan en el Anexo 5.

Para minicargadoras

Cada diez horas

Comprobación de los puntos de giro y verificación del nivel en el radiador. Igualmente se debe comprobar el refrigerante, el aceite del motor y del sistema hidráulico.

Cada 50 horas

Es necesario comprobar el aceite y filtro del motor, así como el filtro de aire.

Cada 250 horas

Intervalo en el que se debe comprobar el refrigerante; reemplazar el aceite y filtro del motor, y el filtro de combustible. Además, es necesario drenar el depósito de combustible.

Cada 500 horas

Reemplazar el aceite del sistema hidráulico y el filtro de combustible.

Cada 1 000 horas

Período para drenar el radiador y el refrigerante. También se debe reemplazar el aceite y filtro del sistema hidráulico y el aceite de la transmisión. En complemento, comprobar las válvulas del motor.

Los períodos de intervalos de mantenimiento para las cargadoras sobre ruedas constan en el Anexo 6.

4.3.10 Mantenimiento en motoniveladoras

El mantenimiento debe considerar algunas generalidades como las detalladas en la Tabla 40.

Tabla 40. Principales consideraciones para el mantenimiento de una motoniveladora

Elemento	Especificación	Observaciones
Viscosidad del lubricante y llenado	Verificar grado SAE (ejemplo: SAE 5W-40) y volumen [l] o [gal]	Comprobar en motor, sistema hidráulico, transmisión, tandem, mando del círculo y ejes
Cuchillas, cantoneras y hojas	Verificar estado	-
Líquido refrigerante	Capacidad [l]	-

Fuente: (Parker, 2020)

Cada diez horas

Se requiere la comprobación de la hoja, el riel de la hoja, el refrigerante, el aceite del motor, el aceite del sistema hidráulico, el aceite de la transmisión y el filtro de aire. Se

debe lubricar los bujes y patines de la grúa, los cilindros de desplazamiento y los de inclinación de la hoja.

Cada 50 horas

Es necesario lubricar el círculo y la horquilla de inclinación. Se debe comprobar el aceite del círculo y del sistema de transmisión, así como el filtro de combustible.

Cada 250 horas

Intervalo en el que se debe reemplazar el aceite del motor, el filtro de combustible, el filtro del aceite de la transmisión, el filtro del motor; y se deben lubricar las articulaciones.

Cada 500 horas

En este momento se debe reemplazar el filtro de combustible y el filtro de aceite de la transmisión.

Cada 1 000 horas

Intervalo de reemplazo del refrigerante, y del aceite y filtro del sistema hidráulico.

Cada 2 000 horas

En esta etapa se debe reemplazar el aceite del sistema hidráulico, el aceite del círculo, el aceite del tándem y lubricar los cojinetes.

Los períodos de intervalos de mantenimiento para las motoniveladoras constan en el Anexo 7.

4.3.11 Mantenimiento en tractores de oruga

El mantenimiento debe tener presente factores como la viscosidad de los lubricantes, la calidad del combustible, el tipo de grasa en las uniones y el uso de filtros; según lo indica la tabla 41.

Tabla 41. Principales consideraciones para el mantenimiento de tractores de oruga

Elemento	Especificación	Observaciones
Combustible	Refrigerante y prefiltro	Evitar la presencia de partículas y promover el cebado del circuito
Sistema hidráulico	Despresurización	-
Viscosidad del lubricante y llenado	Verificar grado SAE (ejemplo: SAE 5W-40) y volumen [l] o [gal]	Comprobar en motor, sistema hidráulico, transmisión, embrague de giro, caja de mando y ejes
Calidad de combustible	Nivel de azufre	Afecta los intervalos de cambio de aceite de motor (0,5% -1%: la mitad del intervalo; 1% -1,5%: cuarta parte del intervalo regular)

Fuente: (Parker, 2020)

Cada 10 horas

Se requiere la comprobación del aceite del motor, refrigerante, aceite de transmisión y del aceite de embrague de la dirección.

Cada 50 horas

Es necesario drenar el depósito de combustible.

Cada 250 horas

Intervalo en el que se debe lubricar el pasador central, el vástago de inclinación, el cilindro de inclinación, el cilindro de inclinación de la hoja y revisar el filtro de la cabina. En complemento, se debe comprobar el aceite del sistema hidráulico y el filtro de la transmisión. Además, es necesario reemplazar el aceite y filtro del motor.

Cada 500 horas

En este momento se debe reemplazar el filtro de combustible.

Cada 1 000 horas

Intervalo de reemplazo de los respiradores, del aceite de la transmisión y del aceite del embrague de la dirección. Se debe lubricar la unión universal y verificar el filtro de aceite de la transmisión. Es necesario comprobar las válvulas del motor.

Cada 2 000 horas

En esta etapa se debe añadir anticorrosivo al refrigerante, reemplazar el aceite y filtro del sistema hidráulico; y comprobar las válvulas del motor y el amortiguador de vibración.

Los períodos de intervalos de mantenimiento para las motoniveladoras con stan en el Anexo 8.

4.4 Conclusiones del capítulo

Las principales condiciones para preservar el rendimiento y vida útil de los sistemas oleo hidráulicos se resumen en la calidad de los aceites, la viscosidad del lubricante, las capacidades de llenado, el engrase de los componentes y el cumplimiento de los intervalos de mantenimiento detallados generalmente para: 10 horas, 50 horas, 100 horas, 250 horas, 500 horas, 1 000 horas, 2 000 horas, 4 000 horas y 6 000 horas. Los procedimientos precisan desde el uso de EPP hasta criterios inherentes al entorno e indicadores de operación (análisis de partículas, obtención de muestras).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Cada fabricante dispone de especificaciones para el mantenimiento y seguridad de los sistemas oleo hidráulicos en maquinaria pesada. En si, es importante planificar que los intervalos de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo; cumplan un número de horas de funcionamiento tendientes a variaciones o restricciones según las condiciones de operación. Es por ello que, aunque las variantes de tipos de maquinaria y los sistemas oleo hidráulicos que se emplean son diversos, consideraciones como la altitud de operación, calidad del combustible, niveles y temperatura del refrigerante del motor, presión de aceite del motor, velocidad del motor, temperatura del combustible, temperatura del aire del múltiple de admisión y voltaje del sistema tienen una incidencia común.

Por ejemplo, la figura 43 indica los requerimientos de par para diversos tipos de maquinarias. Tal es el caso de los tractores de oruga que precisan un par pequeño, con un requerimiento de multiplicación menor a cinco (<5:1). Máquinas aplanadoras requieren entre cinco y doce veces una multiplicación de par denominada media (5:1-10:1); en tanto que una multiplicación de par elevada aparece en cargadoras y excavadoras, con niveles de multiplicación mayores a 10 (>10:1). En concordancia, este tipo de referencias permiten seleccionar las máquinas propicias para la tarea que será desempeñada, así como facilitan la elección de los principales componentes oleo hidráulicos como bombas, actuadores y elementos de seguridad y control (válvulas).



Figura 43. Requerimientos de par para varias maquinarias

Fuente: (Vickers, 2014)

Además, en los sistemas oleo hidráulicos, la selección de aceites adecuados en viscosidad y aditivos, así como la capacidad de elevación de carga a la que es sometida la máquina; son factores de común recomendación en los manuales de mantenimiento. Asimismo, se debe evitar la cavitación, verificar las fugas y la calidad de las juntas. La figura 44 indica un gráfico referencial para la óptima selección del aceite según la temperatura de funcionamiento según el grado SAE. Es importante mencionar que, dependiendo del fabricante, los manuales también mencionan grados API u otros registrados por la marca. En el medio, el aceite de mayor uso corresponde al tipo SAE 15W40, dado que las temperaturas mínimas tienen valores hasta 0°C, siendo el que más se ajusta al siguiente gráfico.

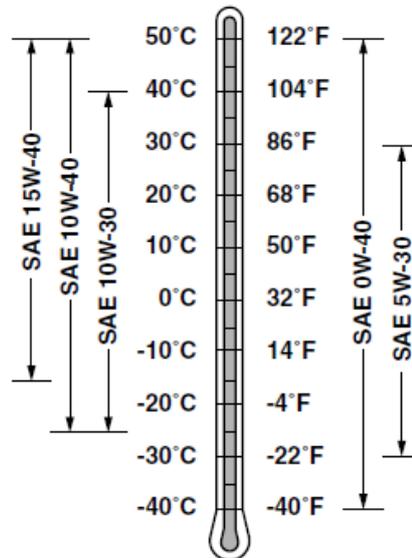


Figura 44. Recomendaciones de aceites grado SAE según la temperatura
Fuente: (Volvo, s.f.)

Otro de los aspectos a tener presente es la gestión de los residuos y las emisiones contaminantes. Para el primer caso, es importante el adecuado manejo de los productos derivados del petróleo conocidos por su alto nivel contaminante, especialmente cuando tienen contacto con el agua. De este modo, el Código Orgánico del Ambiente determina a la Autoridad Ambiental Nacional como entidad rectora de la política ambiental nacional, las competencias ambientales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados y la implementación del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental (Código Orgánico del Ambiente, 2018). Para este fin, las principales normas ecuatorianas están regidas mediante dos mecanismos: INEN y TULSMA. Algunos lineamientos pueden encontrarse en la Norma INEN 2266:2013, donde constan los requisitos y precauciones a

considerar durante el transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos (INEN, 2013). La norma INEN 2288:2000 indica el protocolo a seguir para la preparación de etiquetas de precaución de productos químicos peligrosos bajo las condiciones operacionales de la industria (INEN, 2000). Por otro lado, en el TULSMA constan normas como: Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso Agua, Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación de suelos contaminados. Para el segundo caso está presente la Norma de calidad ambiental del recurso aire y los límites máximos permitidos por los motores de combustión interna; aunque los fabricantes de manera común mencionan acatar regulaciones internacionales como EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América) o EURO (Normativa Europea para la Regulación de Emisiones en Vehículos Gasolina y Diésel); aunque si se trata de adoptar un modelo de gestión ambiental, la norma ISO 14 001 es el principal estándar internacional.

En consecuencia, es posible concluir que el presente estudio determinó que la normativa para maquinaria pesada a nivel nacional, está basada en adopciones de normas ISO; es decir, una traducción idéntica de las especificaciones planteadas para una aplicación nacional. La principal norma que puede identificarse es la ISO 6746, con las principales dimensiones, sistema de planos referencial y caracterización de largo, ancho y alto; características que sirven como punto de partida para el diseño de los sistemas vehiculares. En complemento, 56 normas fueron identificadas en torno a la tipología de maquinaria objeto de estudio; encajando dentro de los grupos: Maquinaria para Equipos de Mantenimiento para Materiales, Maquinaria para Movimiento de Tierras, y Vehículos Agrícolas.

Con relación a esto, toda maquinaria y equipo pesado, sus partes y accesorios; deben ser registrados y catastrados por el MTOP. Las actividades requeridas son construcción, minería, aprovechamiento y movilización de productos forestales o afines. En tanto, la ANT está en la capacidad de autorizar a las Escuelas de Conducción, Institutos Técnicos de Educación Superior, Universidades, Escuelas Politécnicas, SECAP y FEDESOMECA; la emisión de certificados y títulos de conductor no profesional y profesional. Para el caso de maquinaria agrícola, maquinaria pesada, equipos camineros (tractores, motoniveladoras, retroexcavadoras, montacargas, palas mecánicas y otros); requieren de una licencia profesional tipo “G”.

Asimismo, la ANT debe certificar el equipamiento de rastreo satelital para este tipo de vehículos, a más de compartir con el MTOP, la Agencia de Regulación y Control Minero y la Dirección Nacional Forestal; la base de datos que contenga los reportes de matriculación de las maquinarias, equipos pesados y vehículos comerciales de carga pesada que consten en su registro, por medio de una clave de acceso al SITOP.

Algunos criterios técnicos como la clasificación, emisiones contaminantes y procedimientos de revisión técnica vehicular que engloban este tipo de maquinaria, no constan en la normativa aplicable para otros tipos de vehículos; con lo cual, se generan numerosos documentos complementarios que pretenden delimitar especificaciones, por lo que, en muchas ocasiones no se dispone de herramientas concretas para la consulta o aplicación de procedimientos; sino se produce una dispersión de información y procesos que en muchos casos genera ambigüedad o falta de especificidad desde terminología hasta requisitos y especificaciones. Sin embargo, la clasificación de esta maquinaria puede encontrarse en el Registro Oficial No. 415-2017 y en el Registro Oficial 938-2017, donde en total el presente estudio determinó 40 clases de maquinaria definidas para los sectores minero, forestal y en general.

En lo concerniente al lugar de estudio, en el año 2020 se registraron 597 equipos matriculados en la dirección distrital del Azuay, correspondientes a 38 clases cuya antigüedad data desde el año 1977 hasta el año 2020. En complemento, la mayor cantidad de unidades corresponde al período 2001-2010 (182); siendo las retroexcavadoras (30%) las de mayor presencia para todas las edades, seguidas de excavadoras de oruga (17%), rodillos (12%), minicargadoras (12%), motoniveladoras (9%), otros (9%), tractores de oruga (6%) y cargadoras de oruga (5%). Dos marcas predominan la participación con 282 unidades, dejando a otras marcas con una participación inferior a la mitad de la más representativa y una variedad de fabricantes cuya participación es inferior a 10 unidades.

El presente estudio se enfocó en los tipos de mayor representación: retroexcavadoras, excavadoras de oruga, rodillos, minicargadoras, motoniveladoras, tractores de oruga y cargadoras de oruga. Los sistemas oleo hidráulicos de mayor presencia son sistemas de alto caudal, con bombas de pistones de desplazamiento variable, motores hidráulicos, bombas de pistones axiales variables y bombas de engranajes. Todos estos sistemas otorgan características de funcionalidad específicas a cada tipo de maquinaria, por lo que se deben tener presentes, por ejemplo: capacidad máxima del cargador (m^3),

profundidad máxima de excavación (m), altura de transporte (m) y la altura de vertido máximo (m) o geometría del útil (cuchilla, pala, rodillo). Estas características, así como la adecuada evaluación de las prestaciones del motor (potencia, cilindrada, torque); permitirán que el rendimiento de la maquinaria satisfaga los requerimientos para la finalidad deseada: construcción, minería, forestal u otros.

Finalmente, los períodos y tipos de mantenimiento son especificados por cada fabricante en los manuales correspondientes, aunque en muchas ocasiones la dificultad para el acceso de los mismos deriva en procedimientos carentes de normas básicas de seguridad y otros requerimientos técnicos. A pesar de ello, el presente estudio recogió la información de varios manuales de operación y mantenimiento de múltiples fabricantes, resumiendo la información específica para los siete tipos de maquinaria más representativos en la provincia del Azuay. Las principales condiciones para preservar el rendimiento y vida útil de los sistemas oleo hidráulicos están englobadas en la calidad de los aceites, la viscosidad del lubricante, las capacidades de llenado, el engrase de los componentes y el cumplimiento de los intervalos de mantenimiento detallados generalmente para: 10 horas, 50 horas, 100 horas, 250 horas, 500 horas, 1 000 horas, 2 000 horas, 4 000 horas y 6 000 horas. Los procedimientos precisan desde el uso de EPP hasta criterios inherentes al entorno e indicadores de operación.

RECOMENDACIONES

Ante el análisis descrito, se recomienda que la normativa referente a maquinaria pesada debe mantener una estructura más precisa e informada, puesto que la variedad de disposiciones crea herramientas transitorias cuya búsqueda y aplicación genera ambigüedad y falta de especificidad. Igualmente, se recomienda generar nuevos estudios específicos para maquinaria pesada, donde se evalúen las implicaciones que generan la calidad de los combustibles, las propiedades de los aceites, las condiciones ambientales, la calidad en el mantenimiento, las horas de trabajo, las capacidades de carga y otras condiciones de operación; con influencia en el rendimiento, consumo energético, emisiones contaminantes y gestión de residuos.

BIBLIOGRAFÍA

- ANT. (2021). *Licencia G*. http://www.ant.gob.ec/?page_id=2226
- Arinaga, S., Yoshida, K., Takada, S., Noda, M., & Inoue, K. (2016). The Latest Trends in oil pump rotors for automobiles. *SEI Technical Review*, 82, 59–65.
- Asamblea del Ecuador. (2014). LOTTTSV. *Ley 1*, 17. <http://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/LEY-ORGANICA-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIAL.pdf>
- Asamblea del Ecuador. (2016). Reglamento a Ley De Transporte Terrestre. In *Ley* (pp. 1–91).
- Ley del Sistema Ecuatoriano de La Calidad (2014). Congreso del Ecuador. http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_sistema.pdf
- ATLAS COPCO. (2021). *La industria de maquinaria pesada y equipos y el rápido ritmo de la industria 4.0*.
- Aucancela, C., & Criollo, L. (2017). Instalación de sistema de dirección hidráulica en la camioneta Ford F100. *Universidad Nacional de Chimborazo*, 112. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- Bardahl. (2021). *Breve Historia de la Maquinaria de Construcción*. <https://www.bardahlindustria.com/breve-historia-de-la-maquinaria-de-construccion/>
- Berladir, K. (2020). Modern materials for automotive industry. *Journal of Engineering Sciences*, 4(December 2017), 12. [https://doi.org/10.21272/jes.2017.4\(2\).f8](https://doi.org/10.21272/jes.2017.4(2).f8)
- Berrondo, A., Mongelos, B., & Idoia, P. (2007). *SISTEMAS NEUMÁTICOS Y OLEOHIDRÁULICOS Oleohidráulica*.
- BobCat. (2018). Cargadores de dirección deslizante <https://www.bobcat.com/la/loaders/skid-steer-loaders/models>
- Bomag. (2022). Rodillos de suelo y compactadores de tierra: Equipos construidos para las necesidades de sus proyectos. <https://www.bomag.com/sa->

es/maquinaria/categorias/rodillos-autopropulsados-y-compactadores-de-tierra/

Case. (s.f). *921 C*. <https://www.lectura-specs.es/es/modelo/maquinaria-para-la-construccion-y-obras-publicas/cargadoras-de-ruedas-case/921-c-990291>

Case. (2022). *Excavadoras grandes modelos cx220c serie 2*.
<https://www.casece.com/latam/es-la/productos/excavadoras/excavadoras-grandes/modelos/cx220c-serie2>

CAT. (s.f). Grupo de Etiquetas de Seguridad
https://www.cat.com/es_US/consumer/products/new/home-and-outdoor-power/service-parts/films-group/1000026779.html

CAT. (2018). *Cargadores De Ruedas*
https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/wheel-loaders.html

CAT. (2019). *Caterpillar 252B Series 3*
<https://www.lecturaspecs.es/es/modelo/maquinaria-para-la-construccion-y-obras-publicas/minicargadoras-caterpillar/252b-series-3-11688666>

CAT. (s.f.-a). *D11T*. https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/dozers/large-dozers/15969853.html

CAT. (s.f.-b). *TRACTOR-DE-ORUGAS-CAT-D6R*.
<http://maquqam.com/tecnicas/construccion-4089/caterpillar/d6r.html>

Caterpillar. (2016). *Motoniveladoras*
https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/motor-graders.html

Caterpillar. (2016). *Tractores topadores*.
https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/dozers.html

Caterpillar. (2021). *Caterpillar Innovation*.
<https://www.caterpillar.com/en/company/innovation.html>

Caterpillar. (2021). *Excavadoras de oruga*.
https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/excavators.html

Caterpillar (2021). *Rodillos*.
https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/compactors.html

Caterpillar. (2021). Cargadoras Compactas

https://www.cat.com/es_ES/products/new/equipment/skid-steer-and-compact-track-loaders/skid-steer-loaders.html

Caterpillar. (2022). Retroexcavadoras - cargadoras.

https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/backhoe-loaders.html

Chariguaman, N., & Vargas, L. (2014). *Repotenciación de un elevador electrohidráulico tipo dos columnas, para la implementación en el taller de la escuela de ingeniería automotriz*. 120.

Código Orgánico del Ambiente. (2018). *CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*.

https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Constitución de la República del Ecuador (2008). [https://www.defensa.gob.ec/wp-](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)

[content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)

Cuñas, M. (2015). *Diseño Y Construcción De Una Plataforma Hidráulica Para Elevar Autos De Hasta 1000 Kg Para Proyecto Previo a La Obtención Del Título De Ingeniero Mecánico Autora*.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11248/1/CD-6428.pdf>

Deere, J. (s.f.). *Retroexcavadoras*. [https://www.deere.com/latin-](https://www.deere.com/latin-america/es/retroexcavadoras/)

[america/es/retroexcavadoras/](https://www.deere.com/latin-america/es/retroexcavadoras/)

Dershowitz, A. M. (2013). Física Universitaria. *How Can You Represent Those People?*,

65–71. https://doi.org/10.1057/9781137311955_5

DOSAN. (n.d.). *DOOSAN EXCAVADORA SOBRE ORUGA - DX260LCA - COWDIN S.*

ESPAE, & ESPOL. (2017). Industria de Servicios Logísticos. *Estudios Industriales. Orientación Estratégica Para La Toma de Decisiones*.

ESPOL. (2017, May). *Industria Automotriz*. <http://www.espae.espol.edu.ec/wp-content/uploads/2017/06/industriaautomotriz.pdf>

European Union. (2017). *Vehicle Design & Manufacturing Expert group report*.

- Exner, H., Freitag, R., Geis, H., Lang, R., Oppolzer, J., Schwab, P., & Sumpf, E. (2015). *Fundamentos y Componentes de la Oleohidráulica. Rexroth Bosch Group.*
- Fernández. (2007). *Sistema hidráulico*. https://eac.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2021/06/Sistema_hidraulico.pdf
- Finnig. (2003). *Hidráulica*. https://www.finning.com/es_BO/parts/new/hydraulics.html
- Gobierno del Ecuador. (2017a). *Registro Oficial*. Registro Oficial No. 938
- Gobierno del Ecuador. (2017b). *Registro Oficial 415*. Registro Oficial No. 415
- Gobierno Provincial del Azuay. (2021). *Provincia del Azuay*. <https://www.azuay.gob.ec/>
- INEN. (s.f). INEN 2266: TRANSPORTE, ETIQUETADO, ALMACENAMIENTO Y MANEJO DEMATERIALES PELIGROSOS. REQUISITOS. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2266.pdf
- INEN. (2000). NTE INEN 2288:2000: Productos químicos industriales peligrosos. Etiquetado de precaución. Requisitos. <https://www.prosigma.com.ec/pdf/gso/INEN2288Productos-Quimicos-Industriales-Etiquetado.pdf>
- INEN. (2015). *NTE INEN-ISO 7134. MAQUINARIA PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS -- MOTONIVELADORAS -- TERMINOLOGÍA Y ESPECIFICACIONES COMERCIALES (ISO 7134:2013, IDT)*.
- INEN. (2016). *Norma NTE INEN 2656: CLASIFICACIÓN VEHICULAR*. 31.
- INEN. (2021). *Catálogo de normas INEN 2021*. <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/>
- Ingersoll Rand. (2019). <https://www.ingersollrand.com/es-ec>
- ISO (2013). *Earth-moving machinery — Graders — Terminology and commercial specifications*. <https://www.iso.org/standard/51832.html>
- ISO. (s.f.) ISO 1219: *Simbología gráfica*. https://dc-br.resource.bosch.com/media/br/training/treinamentos_2020/arquivos_2/Simbologia_Grafica_ISO1219_ES.pdf

- ISO. (2021). *ISO 6746*. <https://www.iso.org/standard/23688.html>
- JCB. (s.f.). *Retroexcavadora / 3cx/4cx eco*. <https://www.jcb.com/es-pa/products/retroexcavadoras/4cx-eco>
- John Deere. (2020). *Motoniveladoras*. <https://www.deere.com/latin-america/es/motoniveladoras/>
- Komatsu. (2018). *Motoniveladoras*.
https://www.komatsulatinamerica.com/ecuador/categoria_productos/motor-graders/
- Komatsu. (2020). *D85ex-15*. 1–16.
<https://www.komatsulatinamerica.com/mexico/productos/d85ex-15e0/>
- Komatsu. (2020). *WA320-5* <https://www.komatsulatinamerica.com/uruguay/wp-content/uploads/sites/41/2016/09/WA320-5-ESP.pdf>
- Komatsu. (2020). *Tractores sobre orugas*.
https://www.komatsulatinamerica.com/ecuador/categoria_productos/tractores-sobre-orugas/
- KYB. (2015). *Hydraulic Component Catalog*.
https://www.kyb.co.jp/media/hydraulics_products_guide_en.pdf
- Le, Q. H., Lee, J. W., & Yang, S. Y. (2017). Remote control of excavator using head tracking and flexible monitoring method. *Automation in Construction*, 81(April), 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.06.015>
- Lee, B. (2020). *Futuro hidráulico en la industria*.
- Llerenas. (2017). *MANTENIMIENTO AL SISTEMA HIDRAULICO Y PRUEBAS A LOS CILINDROS HIDRÁULICOS EN RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 416B*".
- LOTTTSV (2021). Ley Orgánica Reformativa a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. https://www.ant.gob.ec/?page_id=4587
- LOVOL. (2021). *Lovol*. <https://lovolmx.com/>
- Maquinarias Pesadas. (n.d.). *Sistemas Hidráulicos*.
<https://www.maquinariaspesadas.org/s/sistemas-hidraulicos>

- Mekler, M. (2020). *¿Cómo impactan las nuevas tecnologías en maquinaria pesada?*
<https://revistaconstruir.com/ha-la-mejora-productividad-eficiencia-maquinaria-pesada/>
- Morales. (2009). “*MAQUINARÍA DE CONSTRUCCIÓN.*” 5185.
https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-24_05-58-1397499.pdf
- MTOP. (2012). *Registro Nacional de Equipos y Maquinarias del MTOP* (pp. 1–10).
<https://www.gob.ec/regulaciones/reglamento-registro-nacional-equipos-maquinaria>
- MTOP. (2021). *Maquinaria Pesada en el Azuay*. Obtención de información mediante solicitud
- Nájera. (s.f.). *Número de Reynolds*. <https://es.slideshare.net/euch00/numero-de-reynolds>
- Ojeda, M. (2018). *Importancia del sector automotriz del Ecuador sobre la economía, antes y después de la dolarización*. 99.
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7836/1/140967.pdf>
- Ortega, I. E. F. (2014). *Manual de operación y mantenimiento*. No.
[http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_Sica/Modulos/FTA/SECCION IV/4.14/407616810_MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO-PDF.pdf](http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_Sica/Modulos/FTA/SECCION_IV/4.14/407616810_MANUAL_DE_OPERACION_Y_MANTENIMIENTO-PDF.pdf)
- Parker. (2020). *Hidráulica móvil*.
<https://www.parker.com/literature/Hydraulics%20Group%20Europe/PDF%20files/HY02-8023-ES.pdf>
- Pérez, R. (2018). *Sistemas hidráulicos en la maquinaria agrícola*.
<http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2019-09-19-151331-83%20Sistemas%20hidraulicos.pdf>
- Registro Oficial del Ecuador. (2015). *Segundo Suplemento -- Registro Oficial N° 417 -- Jueves 15 de enero de 2015 -- 3. 3–8.*
- SEM. (2021). *Acerca De SEM*. <https://www.caterpillar.com/es/brands/sem.html>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2020). *Misión y Valores Institucionales – Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN*.
- Sohipren. (2005). *Manual basico de Oleohidraulica*. 48.

Torres, J. (2012). *Dinámica de Fluidos - Universidad de Granada*. 18–37.

<https://www.ugr.es/~jtorres/t7.pdf>

Universidad de Alcalá. (2020). *Normas técnicas*.

http://www3.uah.es/bibliotecaformacion/BPOL/FUENTESDEINFORMACION/normas_tcnicas.html

Vickers. (2010). *Manual de Oleohidráulica móvil*.

<https://www.yumpu.com/es/document/view/61707377/manual-oleohidraulica-movil>

Volvo. (s.f.). Motoniveladora VOLVO. *Education*, 34–35. [https://www.volvoce.com/-](https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/global-site/product-archive/documents/10-motor-graders/07-volvo/all-common/v-g700b-famb-3364341053-0501.pdf?v=jiEyPw)

[/media/volvoce/global/global-site/product-archive/documents/10-motor-graders/07-volvo/all-common/v-g700b-famb-3364341053-0501.pdf?v=jiEyPw](https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/global-site/product-archive/documents/10-motor-graders/07-volvo/all-common/v-g700b-famb-3364341053-0501.pdf?v=jiEyPw)

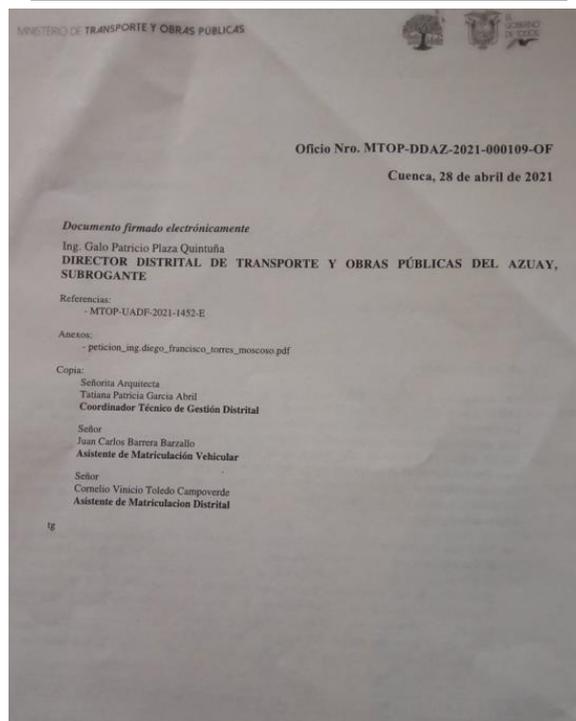
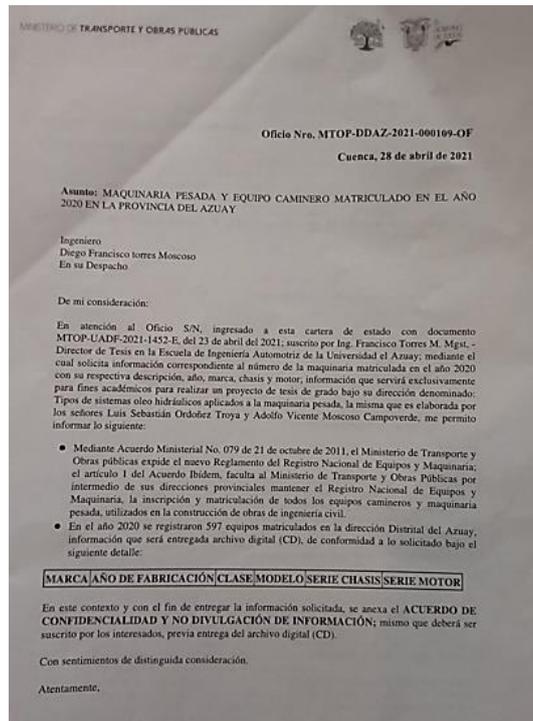
Xiao, Q., Luo, Z., Liu, Y., & Du, B. (2015). *Hydraulic System Design of Engineering*

Vehicle Based on the Distributed Control. January. <https://doi.org/10.2991/isci-15.2015.163>

Young y Freedman. (2009). *Física Universitaria*. ISBN VERSIÓN IMPRESA: 978-607-

442-288-7. 2 Ed. Vol. 1.

ANEXO 1



Acuerdo de entrega de información por parte del MTOP

ANEXO 2

Tabla de mantenimiento para una retroexcavadora

Elemento	Tiempo [horas]						
	C/10 h	C/ 50 h	C/ 250 h	C/ 500 h	C/ 1 000 h	C/ 2 000 h	C/ 3 000 h
Cojinetes de pluma	L	-	-	-	-	-	-
Cojinetes cucharón	L	-	-	-	-	-	-
Aceite depósito freno	C	-	-	-	-	-	-
Refrigerante	C	-	-	O	-	R	-
Aceite motor	C	O	O	R	-	-	-
Acopladores	L	-	-	-	-	-	-
Respiradores	-	-	L/R	-	-	L/R	-
Aceite sistema hidráulico	C	-	-	-	-	R	-
Aceite transmisión	C	-	-	O	R	-	-
Aceite diferencial	-	-	C	O	R	-	-
Aceite mandos	-	-	C	-	R	-	-
Filtro combustible	-	-	-	R	-	-	-
Filtro sistema hidráulico	-	-	-	R	-	-	-
Filtro aceite de transmisión	-	-	-	R	-	-	-
Filtro cabina	-	C	-	-	-	-	-
Filtro motor	-	-	-	R	-	-	-
Válvulas motor	-	-	-	-	C	-	-
Termostato	-	-	-	-	-	-	L/R
<p><i>Nota:</i> L: Lubricar/verificar nivel D: Drenar O: Obtener C: Comprobar R: Reemplazar</p> <p>Las especificaciones indicadas son referenciales. Cada fabricante puede variar los periodos descritos. Consultar con el manual del fabricante para mayor exactitud</p>							

ANEXO 3

Tabla de mantenimiento para una excavadora de oruga

Elemento	Tiempo [horas]								
	C/10 h	C/ 50 h	C/100 h	C/ 250 h	C/ 500 h	C/ 1 000 h	C/ 2 000 h	C/ 5 000 h	> 3 000 h
Juntas pasadoras	-	-	-	-	L	-	-	-	
Engranajes rodamientos	-	-	-	-	L	-	-	-	
Refrigerante	C	-	-	-	C	C	-	-	D (c/6 000 h)
Aceite motor	C	-	-	O	D	-	-	-	
Acopladores	-	-	-	-	-	-	-	-	
Respiradores	-	-	-	-	-	-	-	-	
Aceite sistema hidráulico	C	-	-	D	-	-	-	D	
Aceite transmisión	-	-	-	C	-	R	-	-	
Aceite engranajes bomba	-	-	-	-	-	D	R	-	
Aceite mandos	-	-	-	-	-	R	-	-	
Filtro combustible	-	D	-	-	-	-	-	-	
Filtro sistema hidráulico	-	-	-	-	-	R	-	R	
Filtro aceite de transmisión	-	-	-	-	-	-	-	-	
Filtro cabina	-	-	-	-	C	-	-	-	
Filtro motor	-	-	-	-	R	-	-	-	
Filtro de aire	-	-	-	-	-	R	-	-	
Válvulas motor	-	-	-	-	-	-	C	-	
Termostato	-	-	-	-	-	-	-	-	
Acoplador hidráulico	L	-	-	-	-	-	-	-	
Depósito combustible	-	D	-	-	-	-	-	-	
Pivotes	-	-	L	-	-	-	-	-	
Cadenas de oruga	-	-	C	-	-	-	-	-	
Correa serpentina	-	-	-	-	C	C	-	-	

Nota:
L: Lubricar/verificar nivel D: Drenar O: Obtener
C: Comprobar R: Reemplazar

Las especificaciones indicadas son referenciales. Cada fabricante puede variar los periodos descritos. Consultar con el manual del fabricante para mayor exactitud

ANEXO 4

Tabla de mantenimiento para un rodillo vibrador

Elemento	Tiempo [horas]						
	C/10 h	C/ 50 h	C/100 h	C/ 250 h	C/ 500 h	C/ 1 000 h	C/ 2 000 h
Sistema de aspersión	C	-	-	-	-	-	-
Rascador	C	-	-	-	-	-	-
Refrigerante	C	-	-	-	-	C	-
Aceite motor	C	R (primeras)	-	R	-	-	-
Recortador lateral	-	C	-	-	-	-	-
Respiradores	-	-	-	-	C	-	-
Aceite sistema hidráulico	C	-	-	-	-	-	R
Aceite transmisión	-	-	-	-	-	-	-
Aceite engranajes rodillo	-	R(primeras), C	-	-	-	-	-
Aceite tambores	-	-	-	-	C	R	-
Filtro combustible	-	D	-	-	R	-	-
Filtro sistema hidráulico	-	R(primeras)	-	-	-	R	-
Filtro aceite de transmisión	-	-	-	-	-	-	-
Filtro cabina	-	C	-	-	-	R	-
Filtro motor	-	R(primeras)	-	R	-	-	-
Filtro de aire	-	C	-	-	-	R	-
Válvulas motor	-	-	-	-	-	C	-
Articulación	-	-	-	-	-	-	C
Cojinete de asiento	-	-	-	-	L	-	-
Depósito combustible	-	-	-	-	-	-	D
Cojinetes pivotes	-	-	-	-	L	-	-
<i>Nota:</i> L: Lubricar/verificar nivel D: Drenar O: Obtener C: Comprobar R: Reemplazar							
Las especificaciones indicadas son referenciales. Cada fabricante puede variar los periodos descritos. Consultar con el manual del fabricante para mayor exactitud							

ANEXO 5

Tabla de mantenimiento para una cargadora sobre ruedas

Elemento	Tiempo [horas]						
	C/10 h	C/ 50 h	C/100 h	C/ 250 h	C/ 500 h	C/ 1 000 h	C/ 2 000 h
Racores de engrase de la cuchara	-	L	L	-	-	L	-
Juntas de deslizamiento	-	-	-	L	-	-	-
Refrigerante	-	C	-	-	-	-	R
Aceite motor	C	-	R (primeras)	-	R	-	-
Puntos de giro	-	-	-	-	-	L	-
Respiradores	-	-	-	-	-	L	-
Aceite sistema hidráulico	-	C	-	-	-	-	R
Aceite transmisión	-	C	-	-	-	-	-
Aceite eje	-	-	-	-	C	-	-
Aceite tambores	-	-	-	-	-	-	-
Filtro combustible	-	-	L	-	R	-	-
Filtro sistema hidráulico	-	-	R (primeras)	-	-	R	R
Filtro aceite de transmisión	-	-	-	-	-	-	-
Filtro cabina	-	-	-	C	-	R	-
Filtro motor	-	-	R (primeras)	-	R	-	-
Filtro de aire	-	-	-	-	-	-	R
Válvulas del motor	-	-	-	-	-	-	C
Depósito combustible	-	-	-	-	D	-	-
<i>Nota:</i>							
L: Lubricar/verificar nivel		D: Drenar		O: Obtener			
C: Comprobar		R: Reemplazar					
Las especificaciones indicadas son referenciales. Cada fabricante puede variar los periodos descritos. Consultar con el manual del fabricante para mayor exactitud							

ANEXO 6

Tabla de mantenimiento para una minicargadora

Elemento	Tiempo [horas]					
	C/10 h	C/ 50 h	C/100 h	C/ 250 h	C/ 500 h	C/ 1 000 h
Puntos de giro	L	-	-	-	-	-
Radiador	L					D
Refrigerante	C	-	-	C		D
Aceite motor	C	C	-	R	-	-
Respiradores	-	-	-	-		-
Aceite sistema hidráulico	C	-	-	-	-R	R
Aceite transmisión	-	-	-	-	-	R
Aceite engranajes	-					
Filtro combustible	-			R	R	-
Filtro sistema hidráulico	-			-	-	R
Filtro aceite de transmisión	-	-				
Filtro cabina	-					
Filtro motor	-	C	-	R	-	-
Filtro de aire	-	C	-	-	-	
Válvulas motor	-	-	-	-	-	C
Articulación	-	-	-	-	-	-
Depósito combustible	-	-	-	D	-	-
<p><i>Nota:</i> L: Lubricar/verificar nivel D: Drenar O: Obtener C: Comprobar R: Reemplazar</p> <p>Las especificaciones indicadas son referenciales. Cada fabricante puede variar los periodos descritos. Consultar con el manual del fabricante para mayor exactitud</p>						

ANEXO 7

Tabla de mantenimiento para una motoniveladora

Elemento	Tiempo [horas]						
	C/10 h	C/ 50 h	C/100 h	C/ 250 h	C/ 500 h	C/ 1 000 h	C/ 2 000 h
Hoja	C	-	-	-	-	-	-
Riel de hoja	C	-	-	-	-	-	-
Bujes y patines de guía	L	-	-	-	-	-	-
Cilindro de desplazamiento lateral	L	-	-	-	-	-	-
Cilindro de inclinación de la hoja	L	-	-	-	-	-	-
Círculo	-	L	-	-	-	-	-
Horquilla inclinación	-	L	-	-	-	-	-
Radiador	-	-	-	-	-	-	-
Refrigerante	C, L	-	-	-	-	R	-
Aceite motor	C	-	-	R	-	-	-
Respiradores	-	-	-	L	-	-	-
Aceite sistema hidráulico	C	-	-	-	-	R	R
Aceite transmisión	C	-	-	-	-	-	-
Aceite círculo	-	C	-	-	-	-	R
Aceite Tandem	-	-	-	-	-	-	R
Filtro combustible	-	C	-	R	L	-	-
Filtro sistema hidráulico	-	-	-	-	-	R	-
Filtro aceite de transmisión	-	C	-	R	L	-	-
Filtro cabina	-	-	-	-	-	-	-
Filtro motor	-	-	-	R	-	-	-
Filtro de aire	C	-	-	-	-	-	-
Articulación	-	-	-	L	-	-	-
Cojinetes	-	-	-	-	-	-	L
<i>Nota:</i>							
L: Lubricar/verificar nivel D: Drenar O: Obtener							
C: Comprobar R: Reemplazar							
Las especificaciones indicadas son referenciales. Cada fabricante puede variar los periodos descritos. Consultar con el manual del fabricante para mayor exactitud							

ANEXO 8

Tabla de mantenimiento para un tractor de orugas

Elemento	Tiempo [horas]						
	C/10 h	C/ 50 h	C/100 h	C/ 250 h	C/ 500 h	C/ 1 000 h	C/ 2 000 h
Pasador central para ángulo de inclinación	-	-	-	L	-	-	-
Vástago inclinación	-	-	-	L	-	-	-
Cilindro de inclinación	-	-	-	L	-	-	-
Cilindro de inclinación de la hoja	-	-	-	L	-	-	-
Unión universal	-	-	-	-	-	L	-
Refrigerante	C, L	-	-	-	-	-	Añadir anticorrosivo
Aceite motor	C	-	-	R	-	-	-
Respiradores	-	-	-	-	-	R	-
Aceite sistema hidráulico	-	-	-	C	-	-	R
Aceite transmisión	C	-	-	-	-	R	-
Aceite embrague dirección	C	-	-	-	-	R	-
Filtro combustible	-	-	-	-	R	-	-
Filtro sistema hidráulico	-	-	-	-	-	-	R
Filtro aceite de transmisión	-	-	-	C	-	L	-
Filtro cabina	-	-	-	L	-	-	-
Filtro motor	-	-	-	R	-	-	-
Filtro de aire	-	-	-	-	-	-	-
Válvulas de motor	-	-	-	-	-	C	C
Amortiguador de vibración	-	-	-	-	-	-	C
Depósito de combustible	-	D	-	-	-	-	-
Bomba de agua	-	-	-	-	-	-	Desde las 4 000 h
<i>Nota:</i>							
L: Lubricar/verificar nivel		D: Drenar		O: Obtener			
C: Comprobar		R: Reemplazar					
Las especificaciones indicadas son referenciales. Cada fabricante puede variar los periodos descritos. Consultar con el manual del fabricante para mayor exactitud							

ANEXO 9

	A	B	C	D	E	F	G
1	N ^o	MARCA	AÑO DE FABRIC	CLASE	MODELO	SERIE CHASK	SERIE MOTC
2	1	CATERPILLAR	2016	RETROEXCAVADORA	416 F2	CAT0416FKLBF01911	GAD56630
3	2	SEM	2018	MOTONIVELADORA	SEM 319	SEM00919PS9R01039	D9193003246
4	3	JOHN DEERE	2018	RETROEXCAVADORA	410 L	IT0410LXLJC331478	PE4045J008251
5	4	JOHN DEERE	2013	RETROEXCAVADORA	410K-CAB	IT0410KXPDC233042	PE4045G902436
6	5	CATERPILLAR	2000	MOTONIVELADORA	120 H-VHP	4MK00746	36234655
7	6	JOHN DEERE	2005	RETROEXCAVADORA	410G	T0410GX345223	PE4045T431607
8	7	KOMATSU	2003	TRACTOR-ORUGA	D65EX-12	65452	6D125-90154
9	8	JOHN DEERE	2014	RETROEXCAVADORA	410K	IT0410KXCEC266031	PE4045G945819
10	9	CASE	2006	RETROEXCAVADORA	590	N6C420386	46623439
11	10	CASE	2008	EXCAVADORA ORUGA	CX210	DAC210K5N8SAH2057	436165
12	11	CATERPILLAR	2007	RETROEXCAVADORA	416 E	CAT0416EVSHA03702	G4D18508
13	12	NEW HOLLAND	2017	MOTONIVELADORA	RG170B	HBZNO170KHAF06580	6166526
14	13	NEW HOLLAND	2012	RETROEXCAVADORA	B110B	FNHB110BNCHH01084	J102-00358144
15	14	JOHN DEERE	2006	RETROEXCAVADORA	410 G	T0410GX358060	PE4045T571988
16	15	JOHN DEERE	2004	RETROEXCAVADORA	310 G	T0310SG940056	PE4045T371600
17	16	JOHN DEERE	2006	RETROEXCAVADORA	310SG	T0310SG962249	PE4045T622979
18	17	JOHN DEERE	2004	RETROEXCAVADORA	410 G	T0410GX337477	PE4045T359772
19	18	HYSTER	1999	MONTACARGAS	H360HD	E019E02107A	3991790
20	19	TOYOTA	2004	MONTACARGAS	7FGU25	62762	4Y2053595
21	20	TOYOTA	2005	MONTACARGAS	7FGU25	79975	4Y2205765
22	21	TOYOTA	2008	MONTACARGAS	8FGU32	13832	4Y2317256
23	22	TOYOTA	2004	MONTACARGAS	7FGU25	70206	4Y2136330
24	23	CATERPILLAR	2010	MONTACARGAS	DP70-D	T20C64479	S6S-073844

Datos iniciales para el filtrado en Excel