



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

**COSTOS Y RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO PARA LA
CONSTRUCCIÓN, EN EL ÁREA METROPOLITANA GUATEMALTECA**

Estuardo Geovanni Orellana Chojolán

Asesorado por el Ing. Néstor Américo Del Valle Santisteban

Guatemala, marzo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COSTOS Y RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO PARA LA
CONSTRUCCIÓN, EN EL ÁREA METROPOLITANA GUATEMALTECA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ESTUARDO GEOVANNI ORELLANA CHOJOLÁN

ASESORADO POR EL ING. NÉSTOR AMÉRICO DEL VALLE SANTISTEBAN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

COSTOS Y RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO PARA LA CONSTRUCCIÓN, EN EL ÁREA METROPOLITANA GUATEMALTECA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de octubre de 2013.

Estuardo Geovanni Orellana Chojolán

Guatemala, 27 de Octubre de 2015

Ingeniero Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador del Área de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por medio de la presente informo, que he revisado, supervisado y aprobado, el trabajo de graduación (tesis) titulado **"COSTOS Y RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO PARA LA CONSTRUCCIÓN, EN EL ÁREA METROPOLITANA GUATEMALTECA"** elaborado por el estudiante de Ingeniería Civil, Estuardo Geovanni Orellana Chojolán, quien se identifica con el número de carné 2000-11424, para dar cumplimiento a lo estipulado en el reglamento de trabajos de graduación.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Néstor Américo Del Valle Santisteban
Ing. Civil, Col. 3,906
Asesor

Ing. Néstor del Valle
COLEGIADO 3906



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
25 de enero de 2016

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **COSTOS Y RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO PARA LA CONSTRUCCIÓN, EN EL ÁREA METROPOLITANA GUATEMALTECA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Estuardo Geovanni Orellana Chojolán, quien contó con la asesoría del Ing. Nestor Américo Del Valle Santisteban.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Guillermo Francisco Melini Satguero
Jefe Del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





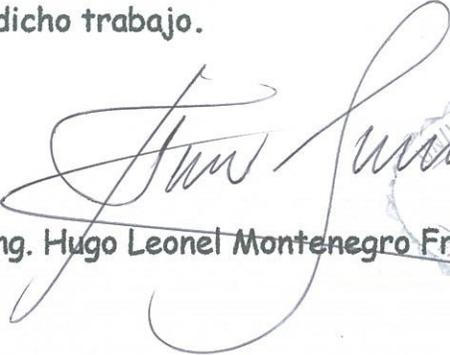
USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Nestor Américo Del Valle Santisteban y del Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Estuardo Geovanni Orellana Chojolán, titulado **COSTOS Y RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO PARA LA CONSTRUCCIÓN, EN EL ÁREA METROPOLITANA GUATEMALTECA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2016
 /mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.105.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **COSTOS Y RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO PARA LA CONSTRUCCIÓN, EN EL ÁREA METROPOLITANA GUATEMALTECA**, presentado por el estudiante universitario: **Estuardo Geovanni Orellana Chojolán**, y después haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, marzo de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Fuente de fuerza y sabiduría, me acompaña para lograr y finalizar cada una de mis metas.
- Mi madre** Elizabeth Chojolán, ha luchado duro, para que sus hijos tengan valores morales bien fundamentados, para lograr su propia superación, gracias madre.
- Mi esposa** Jessica Segura, cielo, estás siempre a mi lado, te amo y te valoro, eres el pilar en mi vida.
- Mi hijo** Michael, eres la inspiración y motivación, para realizar cada una de las metas trazadas.
- Mi padre** Manuel Orellana, que en el tiempo que estuvo con nosotros, trabajó y dio su mayor esfuerzo, gracias.

Mis abuelas

Concepción Par (q. e. p. d.), fue parte fundamental en mi vida, me apoyó con lo que más necesitaba, eternamente agradecido y Francisca Gutiérrez me da su querer y consejos, siempre muy útiles.

Mis hermanos

Debemos apoyarnos siempre.

Mis sobrinos

Son la alegría de la familia, gracias.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por su gran poder y misericordia, me ha dado la oportunidad de lograr una meta tan importante, sé que me dará la fortaleza y bendición para mis demás compromisos.
Mi madre	Elizabeth Chojolán, porque yo le prometí este éxito y hoy se lo cumplo, este éxito es para usted, madre.
Mi esposa	Jessica Segura, por tu apoyo, comprensión, por estar a mi lado y caminar juntos.
Mi hijo	Michael, por darle más alegría y motivación a mi vida. Hijo esto va por ti.
Facultad de Ingeniería	Por ser la mejor de todas, crea los mejores profesionales y nos enseña a cómo mover el mundo.
Mis amigos	Por ser la familia que yo he escogido, están en las buenas y las malas, siempre cuento con su apoyo.

Mi asesor

Por la colaboración e interés de ayudar a formar buenos profesionales, para un mejor país, Ing. Néstor A. del Valle S.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. SELECCIÓN Y CLASE DE EQUIPO A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN	1
1.1. Historia de la maquinaria de construcción	3
1.2. Trabajo u operación específica a realizar	5
1.3. Identificación del equipo para construcción	6
1.4. Versatilidad del equipo	7
1.5. Capacidad del operador con el equipo	8
2. DEFINICIÓN DEL EQUIPO PESADO	9
2.1. Excavadoras	9
2.2. Tractores de orugas	11
2.3. Motoniveladora	14
2.4. Rodos compactadores.....	16
2.5. Retroexcavadoras	18
2.6. Minicargadores	20
2.7. Cargadores frontales	23
2.8. Compactadores	26
2.9. Transporte del equipo pesado	31

2.10.	Mantenimiento del equipo pesado	32
2.11.	Seguridad industrial.....	34
3.	COSTO, RENDIMIENTO Y CONTROL DEL EQUIPO.....	39
3.1.	Costos de operación del equipo	39
3.1.1.	Cargos por concepto de operador	40
3.1.2.	Costo de combustible y lubricantes	40
3.1.3.	Costo de reparaciones y ajustes menores	41
3.2.	Costos de propiedad del equipo.....	41
3.2.1.	Depreciación	42
3.3.	Rendimiento de equipo, calculado en campo.....	44
3.3.1.	Excavadoras.....	52
3.3.2.	Tractores de oruga	53
3.3.3.	Motoniveladora.....	54
3.3.4.	Rodos compactadores	55
3.3.5.	Retroexcavadoras	55
3.3.6.	Minicargador.....	56
3.3.7.	Cargadores frontales.....	57
3.3.8.	Compactadores	57
3.4.	Vida económica.....	58
3.5.	Mantenimiento del equipo de construcción	58
3.6.	Arrendamiento de equipo pesado	59
3.6.1.	Arrendamiento simple	59
3.6.2.	Arrendamiento con opción a compra.....	60
4.	COSTOS DE ARRENDAMIENTO DE EQUIPO.....	63
4.1.	Costos unitarios de arrendamiento de equipo pesado	67
4.2.	Comparación de resultados	86

CONCLUSIONES 93
RECOMENDACIONES 95
BIBLIOGRAFÍA 97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Excavadora	9
2.	Tractor de oruga.....	11
3.	Motoniveladora.....	14
4.	Rodos compactadores	17
5.	Retroexcavadora	19
6.	Minicargadores.....	21
7.	Cargadores frontales.....	24
8.	Rodillo liso	26
9.	Rodillo pata de cabra	27
10.	Rodillo liso vibratorio	28
11.	Rodillo neumático.....	29
12.	Compactadores de impacto	30

TABLAS

I.	Rendimientos de excavadoras	52
II.	Rendimientos de tractores de oruga	53
III.	Rendimientos de motoniveladora.....	54
IV.	Rendimientos de rodos compactadores.....	55
V.	Rendimientos de retroexcavadoras.....	55
VI.	Rendimiento de minicargadores.....	56
VII.	Rendimientos de cargadores frontales.....	57
VIII.	Rendimientos de compactadores.....	57

IX.	Tabla explicativa de simbología utilizada para el cálculo de cargos fijos, en hojas de costos de arrendamiento de equipo.....	63
X.	Tabla explicativa para cálculos, utilizada en hojas de costos de arrendamiento de equipo.....	64
XI.	Integración de costo de arrendamiento excavadora 428 hp.....	67
XII.	Integración de costo de arrendamiento excavadora 247 hp.....	68
XIII.	Integración de costo de arrendamiento excavadora 128 hp.....	69
XIV.	Integración de costo de arrendamiento tractor de oruga 210 hp	70
XV.	Integración de costo de arrendamiento tractor de oruga 160 hp	71
XVI.	Integración de costo de arrendamiento tractor de oruga 70 hp	72
XVII.	Integración de costo de arrendamiento motoniveladora 220 hp	73
XVIII.	Integración de costo de arrendamiento motoniveladora 140 hp	74
XIX.	Integración de costo de arrendamiento rodo compactador 145 hp	75
XX.	Integración de costo de arrendamiento retroexcavadora 95 hp	76
XXI.	Integración de costo de arrendamiento retroexcavadora 80 hp	77
XXII.	Integración de costo de arrendamiento minicargador 60 hp.....	78
XXIII.	Integración de costo de arrendamiento cargador frontal 220 hp	79
XXIV.	Integración de costo de arrendamiento cargador frontal 160 hp	80
XXV.	Integración de costo de arrendamiento cargador frontal 98 hp ...	81

XXVI.	Integración de costo de arrendamiento rodillo liso simple 103 hp....	82
XXVII.	Integración de costo de arrendamiento rodillo pata de cabra 145 hp	83
XXVIII.	Integración de costo de arrendamiento rodillo liso doble 145 hp	84
XXIX.	Integración de costo de arrendamiento rodillo neumático 100 hp....	85
XXX.	Cuadro de financiamiento de maquinaria.....	87
XXXI.	Cuadro de análisis de arrendamiento de maquinaria.....	89
XXXII.	Cuadro análisis, compra <i>versus</i> arrendamiento mensual	90

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cm	Costo de la máquina
D	Depreciación
HR	Hora
Hea	Horas efectivas al año
HP	<i>Horsepower</i> = caballo de fuerza
Im	Inversión
Mn	Mantenimiento
M2	Metros cuadrados
M2/HR	Metros cuadrados sobre hora
M3	Metros cúbicos
M3/HR	Metros cúbicos sobre hora
%	Porcentaje
Ko	Porcentaje de mantenimiento
r'	Porcentaje de rescate
Sm	Seguros
i	Tasa de interés
S	Tasa de seguro
Vm	Valor de la máquina
Pn	Valor de las llantas
Pa	Valor de las piezas especiales
Vr	Valor rescate
V	Vida económica años
Ve	Vida económica total en horas

GLOSARIO

Costo	Valor monetario de los consumos de factores, que supone el ejercicio de una actividad económica, destinada a la producción de un bien o servicio.
Ensayo proctor	Prueba para determinar el grado de compactación óptima, con relación a su humedad.
Horómetro	Dispositivo que registra el número de horas que un motor o un equipo, generalmente eléctrico o mecánico, ha funcionado.
Mantenimiento predictivo	Serie de acciones que se toman y las técnicas que se aplican, con el objetivo de evitar fallas y defectos de maquinaria, para que las fallas no se manifiesten durante la operación, evitando que provoquen paros de emergencia y tiempos muertos, causando impacto financiero negativo.
Odómetro	Instrumento de medición que calcula la distancia total o parcial recorrida por un vehículo.
Planeación	Proceso de toma de decisiones para alcanzar un futuro deseado, teniendo en cuenta la situación actual, los factores internos y externos, que pueden influir en el logro de los objetivos.

Productibilidad	Relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados, para obtener dicha producción.
Proyecto	Conjunto de varias ideas para llevarlas a cabo, emprendimiento que tiene lugar durante un tiempo limitado, que apunta a lograr un resultado único.
Rendimiento	Fruto o utilidad de una cosa en relación con lo que cuesta, con lo que gasta y con lo que en ello se ha invertido.
Roturación	Acción de arar o labrar la superficie del terreno.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene información del equipo pesado para la construcción, en él se desprenden datos históricos, así como el origen, la invención y utilización de las máquinas, con las que actualmente se cuentan. Se detalla una lista de operaciones y aplicaciones por máquina, esto con el fin de tener mejores conocimientos a la hora de rentar o comprar una o varias máquinas.

Asimismo, se describen tablas de rendimiento de cada una de las máquinas que se contemplan dentro del equipo pesado para la construcción, tablas que fueron realizadas de acuerdo a las investigaciones de campo; como también, información proporcionada por cada una de las empresas que apoyaron este estudio, al permitir ingresar a su departamento de maquinaria y control de costos.

Se presentan hojas de integración de costos, que dan como resultado un precio de renta, el cual está dentro del rango que se cotiza en el área metropolitana guatemalteca. Es muy importante saber que cada arrendador calcula su precio, de acuerdo al porcentaje de ganancia, más el costo que incluye el mantenimiento de su equipo pesado y los gastos de administración aplicables.

Por lo anteriormente expuesto, al terminar de leer este trabajo de graduación, usted como planificador, ejecutor, propietario de maquinaria o persona que se dedique a la obra civil, tenga un mejor conocimiento de cada

máquina que engloba el equipo pesado para la construcción, y así poder obtener una mayor utilidad a su proyecto.

OBJETIVOS

General

Proporcionar al ramo de la construcción una guía de costos y rendimientos del equipo pesado, utilizado en el área metropolitana guatemalteca.

Específicos

1. Conocer las operaciones y aplicaciones de cada una de las máquinas, para su mejor utilización en el proyecto.
2. Elaborar tablas comparativas para calcular el costo y el rendimiento del equipo pesado.
3. Comparar el valor de inversión entre renta y compra de equipo para la mejor toma de decisiones desde el punto de vista de rentabilidad.

INTRODUCCIÓN

El estudio contiene una descripción teórica y técnica del equipo pesado que se utiliza en la construcción en el área metropolitana guatemalteca; el cual es utilizado en diferentes áreas de la ingeniería civil como las siguientes: urbanizaciones, edificios, carreteras, movimiento de tierras, drenajes, entre otros.

Asimismo, se describe por separado, cada unidad que conforma el equipo pesado, pues cada uno tiene su propio costo, así como uso específico, se hará énfasis en el rendimiento, ya que es lo más importante al momento de evaluar el costo de uso. Debido a las necesidades de cada proyecto, se podría tomar una decisión de compra o solamente arrendamiento por un tiempo definido.

En el capítulo I se da a conocer la reseña histórica sobre el equipo pesado y cómo surge la necesidad de su invención, donde se mencionan términos esenciales para la selección y utilización adecuada.

En el capítulo II se detallan las máquinas que conforman el equipo pesado, su descripción teórica, técnica y datos importantes para su uso.

En el capítulo III se describen conceptos sobre costos, rendimientos y control del equipo, entre ellos se tomará en cuenta: operadores, combustibles, reparaciones, mantenimiento y, por último, arrendamientos existentes en el mercado guatemalteco.

En el capítulo IV se presentan cuadros de costos unitarios por concepto de arrendamiento, los cuales incluyen: el equipo, todo lo necesario para su funcionamiento y costo por operador.

Por último, se hace mención de las conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía que sirvió de consulta para la realización de este trabajo de graduación.

1. SELECCIÓN Y CLASE DE EQUIPO A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN

Todo trabajo que se relaciona con la construcción, se involucra equipo pesado, el cual tiene que ser de buena calidad, así como de un óptimo rendimiento.

Todos los proyectos se inician desde el trabajo de gabinete, donde la buena planeación es la base y el objetivo del mismo, esto incluye el uso de equipo pesado, por lo que debe planificarse con mucho cuidado, pues es uno de los renglones en los cuales no se debe titubear en cuanto al tiempo de su utilización, como se observará más adelante, el costo es alto y podría incrementarse el proyecto respecto al presupuesto con el que se cuenta.

Como coordinador de proyectos, se debe tener en mente cada una de las cualidades del equipo pesado que se solicite para su utilización, dónde y cómo se deben emplear, para tener los beneficios y rendimientos acordes a lo que se planifica en gabinete, y si se pudiera por los conocimientos respecto al tema, sacar mayor beneficio económico, así como la reducción del tiempo en la ejecución.

Los factores más importantes al hacer la selección del equipo para realizar una obra, son sus costos de adquisición, operación y de mantenimiento.

Es decir, se escoge al equipo que pueda hacer el trabajo, al mínimo costo y máximo rendimiento. Los aspectos a considerar son:

- Operatividad del equipo, en función al trabajo a ejecutar.
- Especificaciones de la construcción.
- Influencia de las condiciones atmosféricas en el funcionamiento del equipo.
- Tiempo programado para hacer el trabajo.
- Balanceo del equipo interdependiente.
- Versatilidad y adaptabilidad del equipo a otras máquinas.
- Efectividad del operador con el equipo.

La rapidez de desarrollo y la variedad de máquinas aumenta constantemente, las técnicas para aprovechar su uso se hacen cada vez más complicadas, por lo que se debe tener especial cuidado, utilizarlas para lo que fueron diseñadas.

Tratando de recopilar la mayor información útil y necesaria, y que este estudio pueda ser una guía, para las personas que se dediquen al uso de equipo pesado.

1.1. Historia de la maquinaria de construcción

Los Estados Unidos de América fueron los primeros en desarrollar innovaciones para ahorrar mano de obra, primero en agricultura, después en construcción, los dos encajándose en una vigorosa tradición de mecanización. El Reino Unido y Europa se hallaban en considerable atraso en ambos sectores, probablemente debido a la abundancia de recurso humano y la menor escala de las obras para realizar, lo que llevó a una dilución del ímpetu hacia una mayor productividad.

Los manufactureros norteamericanos de equipamientos, pioneros en la obsolescencia planificada, al contrario del principio europeo de la construcción duradera, también alimentaron el proceso de cambio, además de que los lazos entre los fabricantes y los usuarios, siempre estuvieron estrechos, así permitieron que lecciones de operación se incorporaran en la evolución de diseño.

La historia del mejoramiento en el diseño de máquinas, que se dio principalmente en los Estados Unidos de América, enseña que la función es más importante que la forma o figura de la máquina. La especialización del equipamiento de mover tierra, esencialmente como función de la distancia de acarreo, hizo aparecer la niveladora, el raspador, el buldócer, la compactora, el cargador y el tractor agrícola. Este proceso se dio más o menos alrededor de 1880, hasta el final de la Primera Guerra Mundial.

El diseño elegante y utilitario del tractor de hacienda cambió poco en noventa años. Las primeras niveladoras, raspadores y compactoras eran de tracción animal, pero el esfuerzo de tracción necesario requería de equipos de un tamaño excesivo (se mencionaron equipos de hasta dieciséis mulas),

entonces, rápidamente el tractor y luego el asentador de vías, fueron adaptados para poder jalarlos. Después se motorizaron.

La adición de la cuchara del buldócer al tractor de arrastreador, una innovación clave para desplazar tierra sobre cortas distancias, llegó un poco más tarde. En la medida en que la tracción por vapor no dominaba como era el caso, donde la indestructibilidad (las máquinas de vapor victorianas quedaron en servicio por medio siglo y más) era sin duda un freno al desarrollo de maquinaria relativamente ligera y ágil, el motor a combustión interna fue adoptado rápidamente. El hecho de que fuera tan compacto y práctico estimuló mucho el diseño.

A pesar de que no fuera una tarea trivial, encender un motor a petróleo, en temperaturas de congelamiento, a principios de siglo, los procedimientos para arrancar una máquina de vapor ocupaban las primeras horas de cada día.

Después del desarrollo rápido de los treinta años antes de la Primera Guerra Mundial, se consolidó el diseño en los años 1920 y 1930. El tamaño y la potencia de los motores incrementaron, los motores diesel se volvieron bastante universales, así como los sistemas hidráulicos. Al umbral de la Segunda Guerra Mundial, la maquinaria de construcción había llegado grosso modo a su forma actual.

1.2. Trabajo u operación específica a realizar

El término maquinaria proviene del latín *machinariŭs* y se relaciona con todo el conjunto de máquinas, elementos y distintos instrumentos o piezas pesadas que tiene la capacidad de realizar una determinada tarea mediante dos formas:

- La estrictamente planeada
- La que se efectúa por la automatización

El trabajo a efectuar será el siguiente:

- Movimiento de tierras
- Compactación de materiales
- Manipulación de cargas
- Preparación de materiales
- Transporte de materiales
- Demolición y derribo
- Mediciones y ensayos

La capacidad de carga:

- Baja
- Media
- Alta

El área disponible de trabajo

- Sin rotación, giro limitado
- Con rotación, tipo tornamesa

El tren de propulsión

- Montaje sobre llantas
- Montaje sobre orugas

En muchos proyectos existen limitaciones de espacio, porque no todos son de grandes dimensiones, esto indica que el planificador debe tener en cuenta el tamaño real, como: largo, ancho y en ocasiones especiales alturas de trabajo, la topografía es un factor de suma importancia, esto con el objetivo de que pueda, de acuerdo a sus conocimientos, elegir la mejor maquinaria del equipo pesado que se utilizará en el transcurso del proyecto.

1.3. Identificación del equipo para construcción

Existen variedades y diversos tipos, como unidades de equipo para construcción, que se necesita que sean identificados de manera conveniente.

Una forma de clasificación sería considerar el trabajo que realiza el equipo en cuestión, o bien, teniendo en cuenta el tipo de construcción que se ejecuta.

La clasificación inicial o básica son una base a los trabajos que realizan y estas son:

- Maquinaria ligera
- Maquinaria pesada

Maquinaria ligera: estos equipos son utilizados en obras civiles de diferentes magnitudes, como las siguientes: construcción de casas o fraccionamientos, edificios, bodegas, talleres, maquiladoras y obras de servicios como parques, plazas, áreas deportivas y distracción pública.

Algunas de las máquinas usadas en estas obras son las revolvedoras, bombas y vibradores para concreto, compresores, bombas de agua, equipos de soldadura, diferentes tipos de cortadoras y dobladoras de varillas, entre otras.

Maquinaria pesada: la construcción pesada abarca una variedad de obras, con grandes movimientos de tierras, como: carreteras, presas, desmontes; también la perforación de túneles y de trincheras, dragado, excavaciones y cimentaciones profundas.

Los principales equipos utilizados en este tipo de trabajos, son las excavadoras, tractores, motoniveladoras, compactadores, retroexcavadoras, minicargadores, equipos de acarreo, compresores, perforadoras y otras más.

1.4. Versatilidad del equipo

Versátil es un término que procede del latín *versatilis* y que hace referencia a algo que puede adaptarse con rapidez y facilidad a distintas funciones. Por lo tanto, es una característica muy valorada.

El desarrollador de proyectos debe tener conocimiento sobre el equipo que rentará o comprará, no solo le servirá para una tarea específica. Esta persona tendrá presente cada una de las funciones, para poder involucrarlo en las diferentes y necesarias tareas que requiera el proyecto, con esto se debe decir, que una máquina puede servir para la labor principal para la cual está diseñada, como para suplir otra necesidad que sea acorde a ella.

1.5. Capacidad del operador con el equipo

En los incisos anteriores se ha mencionado la maquinaria que corresponde al equipo pesado, historia, operación, identificación y versatilidad, pero no se puede ni se debe dejar de incluir un tema muy importante como el operador.

El operador debe ser una persona que cuente con la capacidad adecuada, mucho influirá el tiempo de experiencia que tenga en el campo, para que pueda dar el rendimiento que se estima desde la planificación, y si fuera posible, dar mayores beneficios, para acortar tiempo y trabajo.

Con esto se indica que el operador debe conocer todo lo correspondiente a la máquina que va a utilizar, por ejemplo: controles, movimientos, cualidades de su equipo, dimensiones y capacidades, él será la pieza clave para que se logren los objetivos. Un punto relevante respecto al mismo, es que deberá ser mentalmente sano y con buenos valores morales y éticos, pues él tendrá en sus manos una gran responsabilidad.

2. DEFINICIÓN DEL EQUIPO PESADO

2.1. Excavadoras

Máquina autopropulsada sobre ruedas o cadenas, con una superestructura capaz de efectuar una rotación de 360°, que excava, carga, eleva, gira y descarga materiales, por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín, sin que el chasis o la estructura portante se desplace. La definición anterior, precisa que si no gira una vuelta completa, no es considerada como excavadora. La precisión de los órganos de trabajo, tales como pluma, balancín, estructura portante, entre otros, fijan y unifican los criterios clasificadores.

Figura 1. Excavadoras



Fuente: kilómetro 18, ruta al Atlántico, carretera CA-9, Guatemala.

El tamaño del cucharón es proporcional al de la máquina, puede variar desde 0,18 hasta 4,40 metros cúbicos de capacidad, que son más utilizadas en obras civiles, existen de mayores dimensiones, estas son específicas para trabajos como la minería o similares.

En cuanto al consumo de combustible, también varía por tamaño de máquina, pero están entre los rangos de 1,32 a 11,10 galones por hora.

El tema de rendimiento se describirá en el capítulo 3.

- Operaciones
 - Movimiento de elevación: la cuchara es arrastrada a través del material que excava.
 - Movimiento de avance o ataque: se empuja la cuchara dentro del material que se excava.
 - Movimiento hacia atrás de cuchara o retroceso: proporciona movimiento de vaivén, que ayuda a disgregar el material que se excava, permite regular el espesor que debe extraerse durante la excavación.
 - Movimiento de giro y descarga de material.

- Aplicaciones
 - Excavación de zanjas.
 - Dragado de cauces de ríos.
 - Peinado de taludes encima del plano de sustentación de la máquina.
 - Excavación para cimentación de estructuras.

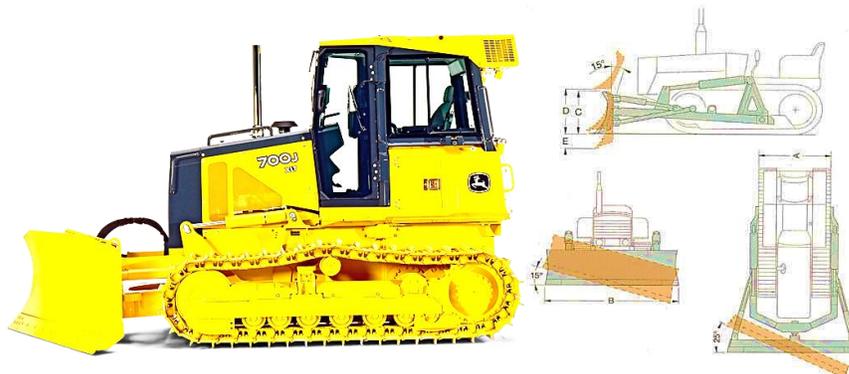
- Excavación en bancos de préstamo.

Profundidad óptima de corte: es la distancia más corta que el cucharón, se debe mover hacia arriba en un banco para tomar su carga. Esta profundidad suele ser la distancia vertical, desde el eje de pivoteo hasta el nivel del suelo. Esta varía según el tipo de material, ya que para materiales duros se necesita una pluma o brazo más corto.

2.2. Tractores de oruga

Es un vehículo con motor de gran tamaño y potencia, transforma la energía del tractor a tracción. Sus principales funciones son el empuje y corte de material (suelo), es el equipo más utilizado en las labores de cortar y extraer materiales, como para conformar la explanación de la vía. Otro uso de este es la remoción de la capa vegetal, limpieza, desmonte, destronque de áreas y tiene la posibilidad de empujar o apoyar a otras máquinas cuando estas lo necesiten.

Figura 2. Tractores de oruga



Fuente: John Deere. www.deere.com/es_LA/products/equipment/crawler_dozers/700j/700j.page? Consulta: 15 de abril de 2014.

El cucharón varía en tamaños y es proporcional a la máquina, la capacidad se encuentra desde 1,15 hasta 2,87 metros cúbicos, son más utilizadas en obras civiles, existen de mayores dimensiones.

En cuanto al consumo de combustible, también varía por tamaño de máquina, pero están entre los rangos de 1,85 a 7,40 galones por hora.

El tema de rendimiento se describirá en el capítulo 3.

- Operaciones
 - Grandes excavaciones a cielo abierto
 - Excavación en banco de préstamo
 - Limpieza y desbroce
 - Apertura de vías
 - Roturación del terreno
 - Empuje de materiales sueltos
 - Nivelación y recebo de pistas
 - Excavaciones en línea recta
 - Extendido de tierras por capa y compactación superficial
 - Rellenos
 - Formación de pilas o montones
 - Realización de terraplenes
 - Remolque de grandes cargas o de otras máquinas

- Clasificación por su envergadura
 - Pequeños
 - Medianos

- Grandes
- Por la forma en que mueve su hoja
 - *Bulldozer*: es en una hoja empujadora recta o ligeramente curva, en la parte delantera del tractor, en posición fija, perpendicular al eje de la máquina.
 - *Angledozer*: una hoja al frente, pero susceptible de colocarse a distintas alturas por medio de dispositivos hidráulicos y en diferentes ángulos respecto al eje de la máquina.
 - *Pushdozer*: un vocablo de empujadores.
 - *Rippers*: desgarradores para suelos duros, tipo de arado, recto o curvo, en la parte trasera del tractor.
- Algunas ventajas y desventajas
 - Mayor tracción (fuerza)
 - Funciona bien en grandes volúmenes de tierra
 - Trabaja bien en suelos arcillosos, mojados
 - En un río se deteriora la oruga
 - Tiene que ser transportado en un camión
 - Distancia máxima económica = 100mt
- Aplicaciones
 - Fuerza de impacto
 - Movimiento de tierras y de piedras de gran tamaño
 - Arranque de raíces de árboles
 - Desmonte o despeje de área

- Desgarramiento

2.3. Motoniveladora

Es una máquina de construcción que cuenta con una larga hoja metálica empleada para nivelar terrenos. En algunos países hispanoamericanos se refiere también con este término a la quitanieves. Generalmente presentan tres ejes: la cabina y el motor se encuentran situados en la parte posterior, sobre los dos ejes tractores, y el tercer eje se localiza al frente de la misma, estando localizada la hoja niveladora entre el eje frontal, y los dos ejes traseros.

En ciertos países como Finlandia, la mayoría están equipadas con una segunda cuchilla, localizada frente al eje delantero.

Figura 3. Motoniveladora



Fuente: kilómetro 18, ruta al Atlántico, carretera CA-9, Guatemala.

La cuchilla varía en tamaños y es proporcional a la máquina, sus dimensiones se encuentran desde 3,70 hasta 7,30 metros de longitud y de 0,61 metros de alto, estas son más utilizadas en obras civiles.

En cuanto al consumo de combustible, también varía por tamaño de máquina, pero están entre los rangos de 3,43 a 7,13 galones por hora.

El tema de rendimiento se describirá en el capítulo 3.

- Operaciones
 - Extender y nivelar terrenos
 - Modelar
 - Retorno
 - Refinar taludes
 - Peinado de taludes
 - Construcción de cunetas
 - Escarificado
 - Dar la pendiente necesaria al material en que se trabaja

Una de las características de gran versatilidad en esta máquina, es que es capaz de realizar el refinado de taludes con distintas inclinaciones. El trabajo de la motoniveladora, suele complementar al realizado previamente por otra maquinaria de construcción, como excavadoras o escarificadoras.

La potencia puede variar de los 115 a los 225 HP, con velocidad de hasta 45 km/h., están equipadas con 8 velocidades hacia delante y 6 detrás, con el fin de que sea el operador el que, para cada trabajo elija la más idónea. Consiguen unos 40 km/h hacia delante y unos 25 km/h atrás, el número de ruedas varían y

estas son: de seis o tres ejes, de cuatro o dos ejes en modelos pequeños y actualmente existen más grandes de cuatro ejes.

- Aplicaciones
 - Nivelación y refinado de taludes y terrenos.
 - Extendido de materiales sueltos (pequeñas cantidades a poca distancia).
 - Apertura y limpieza de zanjas y cunetas.
 - Escarificado (tierra, raíces, asfalto).
 - Estabilizaciones “*in situ*” con cemento o cal.
 - Empuje y extendido de material.
 - Afinación de la superficie de las diferentes capas de un pavimento.

2.4. Rodos compactadores

Consiste fundamentalmente, en el proceso artificial que se sigue para lograr el aumento en la densidad de un suelo natural o de relleno, a fin de obtener la mayor estabilidad de él. Este se realiza mediante el empleo de equipos mecánicos o manuales y la adición de agua que fuere necesaria.

Cuatro factores inciden en el logro de una buena compactación y son estos:

- Tipo de material que se va a compactar (comportamiento físico – mecánico).
- Contenido óptimo de humedad del material (ensayo proctor).
- Correcta elección de los equipos que se van a utilizar.
- Técnicas que se van a emplear.

Figura 4. **Rodo compactador pata de cabra**



Fuente: calzada La Paz, zona 5, Guatemala, Guatemala.

El tambor compactador al igual que todas las demás máquinas, varía en dimensiones, se encontrará desde 0,66 a 2,13 metros de ancho, el diámetro y el peso es proporcional a los requerimientos de la máquina.

La capacidad en peso se encuentra entre 1 a 12 toneladas, el consumo de combustible es de 0,90 a 13,97 galones, todo dependerá de que tan grande sea la máquina.

El tema de rendimiento se describirá en el capítulo 3.

- Operaciones
 - Compactar

- Aplicaciones
 - Compactación del terraplén de la base y subbase en carreteras.
 - Compactación de acabado, simulación de tráfico en la carpeta asfáltica.

- La elección de maquinaria para la compactación depende del tipo de suelo.
 - Rodillos lisos: se utilizan en gravas y arenas mecánicamente estables.
 - Rodillos neumáticos: se usa en arenas uniformes y suelos cohesivos, humedad cercana a límite plástico.
 - Rodillos pata de cabra: suelos finos, humedad entre 7 a 20 % por debajo del límite plástico.
 - Rodillo vibratorio: se utiliza especialmente en suelos granulares.

2.5. Retroexcavadora

Es una máquina en la cual la pluma baja y sube en cada operación; la cuchara, unida a ella, excava tirando hacia el carretón, es decir para atrás.

Es fundamental que el transporte del material esté organizado de manera tal, que no se produzca espera alguna; la capacidad de estos debe ser múltiplo de la cuchara, para evitar que una carga tenga que vaciarse en elementos distintos; un buen sistema, siempre que sea posible en la práctica, consiste en situar los camiones alternativamente a un lado y al otro, lo más cerca del frente de ataque.

Figura 5. **Retroexcavadoras**



Fuente: kilómetro 18, ruta al Atlántico, carretera CA-9, Guatemala.

El cucharón varía en tamaños y es proporcional a la máquina, la capacidad se encuentra desde 0,76 hasta 1,34 metros cúbicos, que son más utilizadas en obras civiles.

En cuanto al consumo de combustible, también varía por tamaño de máquina, pero están entre los rangos de 1,59 a 3,4 galones por hora.

El tema de rendimiento se describirá en el capítulo 3.

- Operaciones
 - Excavar: Es la mejor máquina para excavar taludes verticales por debajo del plano de sustentación de la máquina.
 - Cargar
 - Girar
 - Desplazar

- Movilizar y desmovilizar
- Aplicaciones
 - Excavación de zanjas con taludes verticales: roca dura disgregada previamente. La excavación se realiza por debajo del nivel de sustentación de la excavadora sin importar el nivel freático.
 - Excavaciones de cimientos.
 - Excavación de canales.
 - Limpieza y nivelación.
 - Desmonte, carga y descarga de materiales.
 - Relleno de cimientos y zanjas.
- Tipos
 - Retroexcavadoras de cable o mecánicas
 - Retroexcavadoras hidráulicas
 - Retroexcavadoras a rieles
 - Retroexcavadoras montadas sobre orugas

2.6. Minicargadores

Un minicargador es un equipo de marco rígido, potenciado por un motor de gasolina o diesel, existen sobre ruedas y orugas.

Estos equipos tienen la capacidad de realizar trabajos de carga y un sin número de labores, gracias a una gran variedad de aditamentos, los que se enganchan en los brazos móviles. Algunos accesorios se pueden accionar hidráulicamente desde la cabina del operador.

Figura 6. **Minicargador**



Fuente: Centro Histórico, zona 1, Guatemala, Guatemala.

El minicargador fue inventado en el año 1958. En ese tiempo los equipos eran distintos a los que ahora se conocen, tenían tres ruedas, dos delanteras las cuales le daban la tracción y una posterior la que le daba dirección. Hoy en día cuentan con transmisión hidrostática y tracción en los cuatro neumáticos. La dirección se logra cambiando la velocidad y/o sentido de giro de ambos lados y con cabina protectora.

El terreno, clima y altitud son factores importantes a considerar, por ello existen mini cargadores con distintas características. Por ejemplo, para trabajos en altura considerable se recomienda que los equipos tengan turbo; los minicargadores sobre orugas son ideales para terrenos muy accidentados, con pendientes pronunciadas, fofos y suelos donde se debe ejercer poca presión. Hay que tener en cuenta, que los motores de combustión pierden un 10 % de su fuerza, por cada 1 000 metros sobre el nivel de mar de altitud del terreno en que se opera la máquina.

El cucharón por lo regular, por ser una máquina pequeña pero muy útil, tiene una capacidad de 0,50 hasta 1,00 metros cúbicos.

En cuanto al consumo de combustible, estará entre los rangos de 2,50 a 5,00 galones por hora.

El tema de rendimiento se describirá en el capítulo 3.

- Operaciones

Su tamaño compacto y su giro, prácticamente sobre su propio eje, permiten que este equipo sea el único capaz de ejecutar labores, donde el espacio y transporte del mismo es un factor esencial a considerar.

- Aplicaciones

- Carga de agregados o desmontes
- Remoción de escombros
- Demolición con espacio reducido
- Trabajos en interiores de túneles
- Limpieza
- Instalación de postes

- Aditamentos

- Martillo hidráulico: ideal para realizar demoliciones, ruptura de pistas, veredas, entre otros.

- Brazo excavador: permite profundidades de excavación de hasta 3,5 m, con lo cual no será necesario gastar en comprar o alquilar una retroexcavadora.
- Uñas porta *pallets*: convierte al equipo en un montacarga, apoyando para la descarga de materiales en obra, traslado de materiales.
- Barredoras: las hay abiertas y encajonadas. Las primeras sirven para realizar limpieza en zonas donde no afecta a nadie cuando el polvo o cualquier material se esparcen por el aire. Las segundas, también llamadas cerradas, se utilizan para trabajos de aseo en donde se necesita que lo barrido quede dentro de la barredora.
- Ahoyador: ideal para las labores de instalación de postes de luz, estacas, entre otros.
- Rodillo vibratorio: ideal para trabajos de compactación.

2.7. Cargadores frontales

Es un equipo tractor montado en orugas o en ruedas, tiene un cucharón de gran tamaño en su extremo frontal. Los cargadores son equipos de carga y acarreo, en el caso de acarreo solo se recomienda realizarlo en distancias cortas.

El uso de cargadores da soluciones modernas a un problema de acarreo y carga de materiales, con la finalidad de reducir los costos y aumentar la producción. En el caso de excavaciones con explosivos, la buena movilidad le permite moverse fuera del área de voladura rápidamente y con seguridad; antes de que el polvo de la explosión se disipe, el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega del material.

Figura 7. Cargador frontal



Fuente: calzada La Paz, zona 5, Guatemala, Guatemala.

Los cucharones del cargador frontal varían en tamaño, desde 0,80 hasta 5,96 metros cúbicos, lo más típico de uso en obras civiles. Existen con capacidades mayores de hasta 19,00 M3 colmados, pero son utilizadas en grandes movimientos de tierras, como la minería o similares. Las dimensiones del cucharón están estrictamente relacionadas con la proporción de la máquina.

En cuanto a consumo de combustible, se encuentra en un rango de 1,98 a 11,62 galones por hora, esto para máquinas de uso normal.

El tema de rendimiento se describirá en el capítulo 3.

Se aplica en construcciones donde exista amplio espacio para maniobrar, se utiliza en toda obra que requiere de carga, acareo y descarga de medianos y grandes volúmenes de material.

- Operaciones
 - Excavar
 - Cargar
 - Descargar
 - Acarrear o transportar

- Aplicaciones
 - Carga de materiales.
 - Mezcla de materiales.
 - Apilado de material y carga de material suelto.
 - Deposita el material suelto, ya sea en una planta (chancadora, de hormigón, asfalto, recicladora) o en un lugar de desecho.

- Tipos
 - De acuerdo a la forma de efectuar la descarga
 - ✓ Frontal
 - ✓ Lateral
 - ✓ Trasera

 - De acuerdo a la forma de rodamiento
 - ✓ De neumáticos (bastidor rígido o articulado)
 - ✓ De orugas

2.8. Compactadores

- Rodillo liso

El rodillo liso proviene del diseño original romano, que consistía en un cilindro de piedra halado por tracción animal, actualmente es de acero, con una determinada carga que compacta el material por presión, su peso oscila desde 4 a 12 toneladas.

Inicialmente, el cilindro era llevado por un tractor u otro equipo automotriz, hasta que se diseñó el actual modelo autopropulsado.

Figura 8. **Rodillo liso**



Fuente: calzada La Paz, zona 5, Guatemala, Guatemala.

- Rodillos especiales con salientes o pata de cabra

Los rodillos especiales con salientes son compactadores que consisten en un gran tambor de acero, esta particularidad da justamente su nombre. Combina el efecto de mazado producido por las patas, con el impacto (efecto dinámico) originado por su alta velocidad, que produce una cierta rotura del material, cuando este está en forma de bolos. Si la humedad es excesiva, las patas al remover el terreno originan una aireación en los huecos que dejan.

Figura 9. **Rodillo pata de cabra**



Fuente: kilómetro 18, ruta al Atlántico, carretera CA-9, Guatemala.

La dimensión de las salientes varía según el fabricante así como su forma. El tambor puede ser hueco o agregando un lastre, se aumenta el peso, con el propósito de producir una presión de contacto mayor.

Originalmente, los primeros rodillos tenían salientes con forma de pata de cabra (*sheepfootroller*) y de allí nació el nombre, que es como se les llama generalmente. Posteriormente se desarrollaron salientes con otras formas cónicas o de tronco de cono, que dieron origen a los compactadores de pisones

(*tampingfoot*), sin embargo, en Latinoamérica, se han llamado usando el mismo término original, pata de cabra, pero que no es lo más adecuado.

- Rodillo liso vibratorio

Es un rodillo liso provisto de un movimiento excéntrico en el interior del cilindro, que le proporciona vibración. Pueden usarse para la compactación de suelos granulares, con tamaños de partículas que van desde grandes fracciones rocosas hasta arena fina.

Figura 10. **Rodillo liso vibratorio**



Fuente: kilómetro 15, calzada Roosevelt, Mixco.

Su uso en suelos semicohesivos será siempre y cuando más del 10 % del material tenga un índice de plasticidad (IP) de 5. Los rodillos más grandes pueden ser muy eficientes en capas de roca de hasta 90 cm, entre sus cualidades destaca que se puede hacer vibrar un rodo y el otro se deja estático, cuando no se utiliza el sistema de vibración sirven para operaciones de acabado o sello de capas.

- **Rodillo neumático**

Son modelos formados, básicamente por una caja lastrable, hueca y de acero, que constituye el cuerpo principal de la compactadora y por dos ejes de ruedas, uno trasero con llantas motrices y uno delantero de dirección, con motor diesel, permite desarrollar una velocidad máxima de veinticinco kilómetros por hora.

Figura 11. **Rodillo neumático**



Fuente: kilómetro 18, ruta al Atlántico, carretera CA-9, Guatemala.

Usualmente se utilizan en la compactación final de la capa superficial de terracerías, base, subbases, capas de rodadura de pavimento flexible y revestimiento de arcillas y limos.

- Compactadores de impacto

Estos utiliza ruedas no circulares para comprimir, frotar, amasar, e impactar periódicamente los materiales rocosos del suelo de forma estática, después de este compactador, serán más elásticos y la profundidad de compactación de algunos de ellos puede llegar a 1,50 metros.

Figura 12. **Compactadores de impacto**



Fuente: Longji. www.shlongji.com.es/impact-compactador.html. Consulta: 5 de mayo de 2014.

Estos son una buena solución para resolver problemas de seguridad y calidad de la capa superficial de las carreteras, cuando se tiene gran cantidad de rocas.

- Sus ventajas son:
 - ✓ Evitar efectivamente los asentamientos posteriores a la construcción y aumentar el grado de consolidación del terraplén.

- ✓ La compactación suplementaria de rodillos asegura la intensidad y la uniformidad de las calzadas y terraplenes en los pavimentos.
- ✓ El impacto y la compactación de rodillos del material para lograr un terreno blando y cumplir los requisitos de capacidad de carga y estabilidad.

A continuación se detallan los temas de transporte, mantenimiento y seguridad industrial, que aplica al equipo pesado mencionado anteriormente.

2.9. Transporte del equipo pesado

La maquinaria, en caso de no poder transportarse sola, por su magnitud en dimensiones y sus propias características físicas, será transportada en *lowboy*, si la máquina cuenta con llantas apropiadas y lo recomienda el fabricante, podrá conducirse ellas mismas, no debiendo ser largas distancias.

En el caso de los minicargadores, por ser compactos, podrán ser transportados por medio de un remolque de 2 ejes, o bien por un camión de dimensiones y características adecuadas, se deben contemplar rampas y seguros como cinchos para agarre.

Toda máquina que sea transportada sobre un tipo de transporte, debe bloquearse adecuadamente, para evitar movimiento durante el viaje.

2.10. Mantenimiento del equipo pesado

Toda maquinaria requiere mantenimiento, estos son los tipos de mantenimientos que se debe realizar a la mayoría de máquinas, así como algunos casos especiales a ciertas unidades:

- Preventivo
 - Verificación de lubricantes, grasa y refrigerante antes de salir
 - Verificación de combustible
 - Revisar la hoja de mantenimiento preventivo
 - Existencia de filtros en los almacenes
 - Tipo de lubricante en máquina
 - Verificar puntos de engrase
 - Aumentos y cambios de aceite
 - *Ralenty*: calentamiento del motor progresivamente

- Predictivo
 - Toma de muestra del cambio de aceite
 - Verificación de recomendaciones mecánicas en máquina
 - Si el equipo es a ruedas control de la presión de aire de las llantas
 - Ubicar el laboratorio dónde se va hacer el análisis

- Correctivo
 - Prever el cambio de uñas o garras.
 - Acondicionamiento de cuchara.
 - Cambio de partes.

- Tablero de control.
- Lista de repuestos que se usan más en la máquina, con costos estimados y proveedores.
- Instalaciones en taller o posta.
- Camión lubricador.
- Camión maestranza.

Para el caso de minicargador, el primer mantenimiento se debe realizar a las primeras 50 horas de operación. En este servicio se da por única vez y se debe cambiar el aceite y filtro del mismo, los cuales han servido para lubricar y limpiar las impurezas del motor de combustión, propias de su ensamble.

El segundo mantenimiento se da a las primeras 250 horas de operación y se debe cambiar el filtro y aceite del motor de combustión, filtro de combustible, filtro de aire exterior y filtro de líquido hidráulico.

El tercer mantenimiento se da a las primeras 500 horas de operación y se sigue el mismo procedimiento que el de las 50 horas.

El cuarto mantenimiento se da a las primeras 750 horas de operación y es el mismo procedimiento que el de las 250 horas.

En el mantenimiento de las primeras 1 000 horas hay que cambiar el filtro y el aceite del motor de combustión, filtro de combustible, filtro de aire exterior e interior, filtro con su sello y líquido hidráulico, filtro del motor del ventilador y aceite de caja de cadenas.

Es importante tener en cuenta en todo momento que, toda máquina tiene partes móviles, las cuales deben ser revisadas y engrasadas periódicamente.

Lo que nunca se debe dejar de hacer es postergar los mantenimientos preventivos, ya que son necesarios para mantener óptimo el funcionamiento del equipo y alargar su vida útil.

2.11. Seguridad industrial

Antes de iniciar cualquier trabajo es preciso conocer las reglas y recomendaciones del contratista del mismo, asimismo, deben seguirse las indicaciones especiales que realice el encargado de la obra, sin dejar de seguir las instrucciones que cada fabricante de maquinaria indica en su respectivo manual de seguridad industrial.

- Consejos para el conductor
 - No ingerir bebidas alcohólicas antes y durante el trabajo.
 - No tomar medicamentos sin prescripción facultativa, especialmente tranquilizantes.
 - No realizar carreras, ni bromas a los demás conductores.
 - Estar únicamente atento al trabajo.
 - No transportar a nadie en cualquier parte de la máquina.
 - Cuando alguien debe guiar al maquinista, este no lo perderá nunca de vista.
 - No dejar nunca que el ayudante toque los mandos.
 - Encender los faros al final del día para ver y ser visto.

- Notas sobre elementos de protección personal
 - Casco protector: habitualmente el puesto del operador está protegido con cabina, pero es indispensable el uso del casco protector, cuando se abandona la misma para circular por la obra.
 - Botas de seguridad antideslizante: el calzado de seguridad es importante, debido a las condiciones en las que se suele trabajar en la obra, estas muchas veces son barro, agua, aceite, grasas y similares.
 - Protección de los oídos: cuando el nivel de ruido sobrepase el margen de seguridad establecido y en todo caso, cuando sea superior a 80 dB, será obligatorio el uso de auriculares o tapones.
 - Guantes: el conductor deberá disponer de guantes adecuados, por posibles emergencias durante el trabajo.

- Ropa de trabajo
 - No se debe utilizar ropa de trabajo suelta, que puedan ser atrapadas por elementos en movimiento.
 - Eventualmente cuando las condiciones atmosféricas lo ameriten y el puesto de mando carezca de cabina, el conductor deberá disponer de ropa que le proteja de la lluvia.

- Protección del aparato respiratorio
 - En trabajos con tierras que tengan partículas muy finas, se deberá hacer uso de mascarillas.

- En la zona de trabajo
 - Colocar la máquina en terreno llano.
 - Bloquear las ruedas o las cadenas.
 - Colocar la cuchara apoyada en el suelo, si se debe mantener la cuchara levantada se inmovilizará adecuadamente, cuando corresponda.
 - Desconectar la batería para impedir un arranque súbito de la máquina.
 - No quedarse entre las ruedas o sobre las cadenas, bajo la cuchara o el brazo.
 - No colocar nunca una pieza metálica encima de los bornes de la batería.
 - Utilizar un medidor de carga para verificar la batería.
 - No utilizar nunca un mechero o cerillas para ver dentro del motor.
 - Aprender a utilizar los extintores.
 - Conservar la máquina en buen estado de limpieza.

- En el taller
 - Antes de empezar las reparaciones, es conveniente limpiar la zona a reparar.
 - No limpiar nunca las piezas con gasolina. Trabajar en un local ventilado.
 - No fumar.
 - Antes de empezar las reparaciones, quitar la llave de contacto, bloquear la máquina y colocar letreros indicando que no se manipulen los mecanismos.

- Si varios mecánicos trabajan en la misma máquina, sus trabajos deberán ser coordinados y conocidos entre ellos.
- Dejar enfriar el motor antes de quitar el tapón del radiador.
- Bajar la presión del circuito hidráulico antes de quitar el tapón de vaciado, asimismo, cuando se realice el vaciado del aceite, vigilar que no esté quemando.
- Si se tiene que dejar elevado el brazo y la cuchara, se procederá a su inmovilización antes de empezar el trabajo.
- Realizar la evacuación de los gases del tubo de escape, directamente al exterior del local.
- Antes de arrancar el motor, comprobar que no se haya dejado ninguna herramienta encima del mismo.

3. COSTO, RENDIMIENTO Y CONTROL DEL EQUIPO

El éxito del ingeniero que tiene a cargo un proyecto consiste en obtener los mejores resultados en operación, que den un excelente producto final, de acuerdo a lo planificado con anterioridad y si se pudiera lograr mejoras tanto en ejecución y producción, esto incurriría reducción de tiempo y por supuesto costos.

Cuando se habla de costos en la planificación, para la ejecución, respecto al tema del equipo pesado, estos abarcan inversión original, el costo de renta y de operación, este último es el relacionado con todo accesorio o mantenimiento que se le deba dar a la maquinaria, para que esté en óptimas condiciones al momento de su empleo.

Al momento de obtener en propiedad maquinaria, se pueden definir tiempos, los cuales se marcan y el propietario, debe de reconocer por razones de costo, uno es cuando el equipo está funcionando, por lo mismo produciendo, generando ganancias y el otro cuando no produce o tiempo ocioso y no genera ingresos a su dueño.

3.1. Costos de operación del equipo

Son los gastos que se deben cargar a la maquinaria cuando está en producción, por ejemplo: operador, combustible, lubricantes, reparaciones menores y otros en común. Esto indica que este costo depende del tiempo productivo real.

3.1.1. Cargos por concepto de operador

Es referente a salarios, bonos, trabajos extras, extraordinarios, incentivos, seguros, prestaciones hacia los trabajadores operadores del equipo. Es necesario e imprescindible conocer respecto a las políticas laborales de Guatemala, como: tipo de pago, jornadas de trabajo, todo esto con el fin de poder cumplir a cabalidad con las responsabilidades legales hacia el trabajador.

3.1.2. Costo de combustible y lubricantes

El costo de combustible está relacionado con la duración del tiempo, en la cual la máquina está en operación efectiva, este por lo regular se dará por hora. Se debe llegar a saber la cantidad que consume un motor de combustión interna en una hora, el consumo depende del promedio de la potencia suministrada, es importante el cálculo de la potencia real para estos motores, esta tiene una variación entre el 50 al 90 % de la máxima.

Existen varios regímenes para el consumo de combustible, entre los más usados para un buen cálculo están:

- Combustible consumido por caballo de potencia al freno, por hora, a toda carga = 0,040 gal/hora hasta 0,060 gal/hora.

Con estos parámetros se podría hacer el cálculo del combustible, necesario para la operación de un motor, con toda su carga a una velocidad constante y en condiciones favorables. Puede haber variaciones, por condiciones especiales del lugar donde se trabaje.

En cuanto al costo de lubricantes, es importante referirse al servicio del equipo, como: cambios periódicos de aceite, filtros, accesorios, mangueras sencillas, esto con respecto al motor, caja de transmisión, cojinetes, todo con su respectiva mano de obra.

Estos costos se deben estimar en proporción a las horas de operaciones reales, se considera dependiente de la frecuencia de los servicios de mantenimiento.

3.1.3. Costo de reparaciones y ajuste menores

Estos costos se deberán de distinguir de las reparaciones mayores, ya que estas entran en el renglón de gastos de propiedad del equipo. Se realizan en el campo, son arreglos menores, los cuales no toma más tiempo que un cuarto de hora, para poder suplirlas, son aquellas alteraciones de fácil ejecución en el proyecto que ya se deberían de contemplar al momento del uso de la máquina, ya que el fabricante proporciona información de ellas.

3.2. Costos de propiedad del equipo

Son gastos que se aplican a la maquinaria cuando no está en producción (tiempo ocioso), son atribuibles al propietario, estos deben cargarse repartidos en un período estimativo.

Cuando se adquiere equipo se debe tener en cuenta estos costos, ya que servirán para la evaluación y protección de la inversión realizada. Existen elementos o términos que se deben manejar al momento de ser propietario, entre estos están: interés y seguros, estos son variables, pues los impone cada casa que los provee.

3.2.1. Depreciación

Este término se refiere, en el ámbito de la contabilidad y economía, a una reducción periódica del valor de un bien material o inmaterial. Esta puede derivarse de tres razones principales: el desgaste debido al uso, el paso del tiempo y la obsolescencia.

En el caso del equipo pesado se estipula un cargo horario por depreciación, se puede hallar dividiendo el valor de la maquinaria a depreciar dentro de las horas previstas de vida útil.

El equipo pesado tiene un alto costo en mercado, es sumamente alta la inversión en la adquisición, por este motivo se tiene que determinar el valor por el cual será revendido, y así saber qué cantidad monetaria será obtenida por su propietario, pudiendo así obtener el importe de la inversión neta despreciable.

Cuando se desea obtener maquinaria que no sea nueva, pero que funcione en perfectas condiciones, a este evento se denomina: compra de segunda mano.

Cuando pasa este evento de compra, se debe considerar en el equipo:

- Las horas en que ha estado en servicio.
- Tipo de trabajo efectuado.
- Condiciones de operación en que se utilizó.

Todo esto da como resultado, el estado actual del equipo.

Valor de rescate, es el valor que se asigna a un activo depreciado al momento que se evalué, este valor se aplica a los cálculos de depreciación de activos, sobre todo cuando es usado el método de “línea recta con valor de rescate”.

No siempre se vende un activo completamente depreciado a su valor de rescate, sino al precio que su propietario convenga con el comprador.

Para el cálculo del valor de rescate, existen métodos, entre los cuales están:

- De línea recta con valor de rescate
- De los numero dígitos
- Del resto declinable
- Del fondo de amortización

Se puede usar uno o varios, todo depende del área de contabilidad y políticas de cada empresa.

En cuanto al tema de depreciación, existen dos tipos importantes, siempre se deben de diferenciar, los cuales son: costo de operación y fiscal, esta última es de índole impositiva.

Existen empresas que no compran al contado su equipo pesado, en el mercado existe un contrato financiero denominado *leasing* es una palabra en idioma inglés que significa arriendo y sirve para denominar a una operación de financiamiento de máquinas u otros bienes. Esta consiste en una renta, por parte de una empresa especializada, en la que un cliente puede o no comprar la máquina que haya arrendado, al término del plazo de arrendamiento.

Este tipo de contratación, también se denomina: arrendamiento con opción a compra.

Cuando se da este tipo de contrato, la forma más usual para el cálculo de depreciación es trabajar mediante la aplicación de porcentajes, los cuales ya están establecidos por la ley en el Decreto 10-2012 del Congreso de la República de Guatemala, artículo 28, aquí es donde se usa el método de línea recta, que se calcula tomando el costo de la inversión menos su valor de recuperación, dividido entre el número de años de vida útil, este porcentaje es del 20 % sobre la cantidad que resulte anualmente.

Un ejemplo de la utilización del método de línea recta con valor de rescate, se presenta en la tabla X y de forma numérica, para mejor comprensión, en el inciso a.

3.3. Rendimiento de equipo, calculado en campo

- Factores que influyen en el rendimiento
 - Resistencia al rodamiento: es la fuerza que opone el terreno al giro de las ruedas. El vehículo no se moverá mientras no se venza. Mucho dependerá del tipo de suelo y de la cantidad de presión que tenga el aire que infla las llantas.
 - Resistencia por pendiente: debido a la fuerza de gravedad que actúa sobre el vehículo, la inclinación del terreno ofrece resistencia al movimiento en el ascenso. Al descender una pendiente, es favorable y se denomina ayuda de pendiente.

- Eficiencia de operación: es el porcentaje de tiempo que la maquinaria efectivamente trabaja durante las horas que dura la jornada. Este factor lo determina cada dueño o contratista y, por lo general es de 5/6 que significa que la máquina labora 50 de cada 60 minutos lo que es equivalente al 83 %.
- Condiciones climáticas: las horas de trabajo efectivas de un equipo se ven afectadas por la lluvia, viento y condiciones climáticas desfavorables.
- Efectos de la altura sobre el nivel de mar: tomar en cuenta que al aumentar la altura sobre el nivel del mar, disminuye la presión atmosférica y baja la potencia de todo motor.

En cuanto a rendimiento, la eficiencia en el trabajo es uno de los factores más complicados, pues depende del factor humano (la administración y los operadores) tales como: la experiencia, la dedicación, disponibilidad y destreza para efectuar determinada labor. Existen variables que se aplican para el cálculo de esta, la organización y tamaño de la obra, cuyos valores varían dependiendo de los criterios utilizados.

- Cálculo de rendimiento

La eficiencia de una máquina es la relación entre rendimiento y gastos, que dé como resultado el costo más bajo posible por unidad de trabajo. Influyen directamente en la productividad factores tales como: peso-potencia, en el caso de maquinaria de movimiento de algún material, la capacidad, el tipo de transmisión, las velocidades y los costos de operación.

Existen otros factores menos directos que influyen en el funcionamiento y productividad de las máquinas, como la facilidad de servicio, la seguridad, la disponibilidad de piezas y las conveniencias para el operador, lo cual no es posible mostrarlos en tablas, ni gráficas y dependerán del criterio y la experiencia de las personas relacionadas con el cálculo de estas productividades.

Se puede saber el rendimiento, debiéndose tener el cuidado necesario para aplicar el valor obtenido con cualquiera de ellos, pues varía unos respecto a otros. La mejor manera de conocer la producción de una máquina la determinará la experiencia.

- Procedimientos para cálculo de rendimientos
 - Investigar directamente con un operador de confianza: tomando en cuenta las características de la máquina y del proyecto. Este método es empírico y se basa únicamente en la experiencia. Tener cuidado, con la información obtenida por este medio, pues si bien son datos reales, no significa que sean confiables, pues el operador no toma todos los factores que intervienen en el rendimiento.
 - Generando un banco de información con base a los proyectos ejecutados anteriormente: esto es, basarse en datos históricos de cada una de las máquinas, puede resultar el más confiable de todos, aunque hay que considerar las diferencias entre los proyectos ejecutados anteriormente y los que están por realizar.

- Consultar tablas y manuales del fabricante de la máquina específica: esta información es muy útil, sobre todo cuando no se tienen los datos de los dos primeros métodos mencionados. Se debe tomar en cuenta, sin embargo, que todos se basan en un 100 % de eficiencia en las operaciones, lo cual no es posible conseguir de modo consistente, ni aun en condiciones óptimas.

Por lo tanto, al utilizar los datos sobre operación y productividad, es necesario rectificar los resultados de las tablas, usando factores adecuados a fin de compensar la menor eficiencia en el proyecto, la habilidad del operador, las características de los materiales a trabajar, altitud y otros ya comentados, que puedan reducir la producción en un trabajo determinado.

- Método general para cálculo de rendimiento
 - Capacidad volumétrica de la máquina

$$CV = (m^3/ciclo)$$

- Tiempo de ciclo

$$T = t_f + t_v$$

t_f = tiempo fijo, que es aquel que no cambia para un mismo tipo de máquina y trabajo (duración pequeña) maniobras, carga y descarga.

t_v = tiempo variable. Es aquel que depende de la distancia a recorrer, de las características de

las otras máquinas que interactúan y de la velocidad.

- Número de ciclos por hora

$$NC = \frac{60 \text{ (min/hora)}}{T \text{ (min/ciclo)}} = \text{(ciclos/hora)}$$

- Rendimiento teórico

$$RT = CV \text{ (m}^3\text{/ciclo)} \times NC \text{ (ciclo/hora)} = \text{(m}^3\text{/hora)}$$

- Resumen de eficiencias

$$RE = \frac{\text{producto de factores}}{\text{Factor de expansión}}$$

- Factores

- Factor de expansión: "Aumento de volumen del material extraído en excavaciones, debido a la suma de porcentaje de vacíos, que varía por el tipo de suelo y puede ser desde 1,07 (ceniza) a 1,81 (caliche)" ¹.

¹ CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 131.

- Factor por tipo de suelo: “El suelo puede ser de material suelto o roca, esto hará que la máquina tenga mayor o menor maniobrabilidad, a la hora de ser empleada, para tierra suave sin roca, será 1,00 hasta caminos mal conservados con superficie de grava compactada, igual a 0,70”².
- Factor por tipo de trabajo o factor de acarreo: “Este está condicionado a la función de la máquina, dependiendo sus operaciones y aplicaciones”².
- Factor por pendiente: “La gravedad ejerce una fuerza sobre la máquina, cuando la inclinación del terreno es en subida ofrece resistencia y al bajar es favorable al movimiento, a nivel será 1,00, 15 % de pendiente, igual a 0,70”².
- Factor por operación o tiempo efectivo: “Es el porcentaje de tiempo que la máquina trabaja, durante la jornada prevista, por lo general será de 5/6 (0,83)”³.
- Factor por tipo de operador: “Cada operador tiene experiencia en la máquina que utilizada, se utilizará un factor aproximado del 0,90 y disminuirá si la experiencia es menor”³.
- Factor de carga: “Es referente a la carga se aplica a los cucharones, dentro del límite especificado por el fabricante será 1,00, sobrecarga al 20 % será 0,80, 40 % deberá ser 0,50”².

² MÉNDEZ ÁLVAREZ, José L. *Maquinaria para construcción*. p. 19.

³ MÉNDEZ, Op. cit., págs. 50-55.

Es lógico que no todos los factores se apliquen a todas las máquinas del equipo pesado, deben seleccionarse de acuerdo a las condiciones de trabajo que se presenten para cada una de ellas.

El método descrito anteriormente está basado en análisis de gabinete, el cual no fue utilizado para fines didácticos en este trabajo de graduación, únicamente se menciona como parte de un proceso que existe, para definir esta variable.

Para fines de este trabajo de graduación, se realizaron cuadros de rendimientos, basados en investigación de campo, los datos se tomaron propiamente de operadores y registros de las empresas que fueron consultadas.

- Tiempo o duración del ciclo

El tiempo necesario para hacer un viaje de ida y vuelta se denomina ciclo. En cualquier trabajo de movimiento de tierras o materiales, las máquinas se adaptan a operaciones de carga, acarreo, descarga y retorno al lugar original, con algunas variaciones en ciertos casos. Este es el que invierte una máquina para llevar a cabo todas estas operaciones.

Una vez que se planifica el proyecto y se inicia el trabajo es relativamente simple determinar el ciclo para cualquiera de las unidades, con solo medir varias veces el tiempo invertido por la máquina, en completar una tarea y luego obtener un promedio.

La razón más importante para calcular el ciclo es la posibilidad de reducirlo, por medio de una mejor planeación u organización del trabajo, pues las horas que se economizan en una obra con equipo pesado aumentan las ganancias netas.

El ciclo consiste en dos partes ya mencionadas, tiempo fijo y variable. El primero es el que invierte una máquina, en todo aquello que sea cargar, descargar y maniobrar en el curso del trabajo, esto casi siempre es constante. El segundo es el que se necesita para el acarreo o en otras palabras, lo invertido en el camino acarreando el material y regresando vacío, varía con la distancia a recorrer, y la velocidad de las máquinas.

El argumento para distribuir el ciclo en dos partes, es que este sistema simplifica enormemente el procedimiento de cálculo. Por ejemplo, en los cargadores frontales, el tiempo para cargar, descargar, retornar, hacer los cambios de velocidad, frenar y otros similares, son casi siempre constantes y no hay razón para calcular por separado cada unidad, a no ser que existan circunstancias especiales.

3.3.1. Excavadoras

A continuación, en la tabla I se presenta el cuadro de rendimientos de la excavadora, según su potencia.

Tabla I. Rendimientos de excavadoras

POTENCIA	TIPO DE TRABAJO	CAPACIDAD CUCHARÓN	RENDIMIENTO
90 HP	Excavación en tierra	0,70 M3	90 M3/HR
	excavación material heterogéneo		50 M3/HR
	excavación roca con voladura		30 M3/HR
	Excavación en tierra	0,90 M3	100 M3/HR
	excavación material heterogéneo		60 M3/HR
	excavación roca con voladura		40 M3/HR
125 HP	Excavación en tierra	1,10 M3	130 M3/HR
	excavación material heterogéneo		70 M3/HR
	excavación roca con voladura		50 M3/HR
195 HP	Excavación en tierra	1,30 M3	150 M3/HR
	excavación material heterogéneo		90 M3/HR
	excavación roca con voladura		60 M3/HR
	Excavación en tierra	1,50 M3	170 M3/HR
	excavación material heterogéneo		100 M3/HR
	excavación roca con voladura		70 M3/HR
	Excavación en tierra	1,70 M3	200 M3/HR
	excavación material heterogéneo		110 M3/HR
	excavación roca con voladura		80 M3/HR
	Excavación en tierra	1,90 M3	220 M3/HR
	excavación material heterogéneo		130 M3/HR
	excavación roca con voladura		90 M3/HR

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Tractores de oruga

A continuación, en la tabla II se presenta el cuadro de rendimientos del tractor de oruga, según su potencia.

Tabla II. Rendimientos de tractores de oruga

POTENCIA	TIPO DE TRABAJO	RENDIMIENTO
140 HP	Excavación en tierra	30 M3/HR
	excavación material heterogéneo	30 M3/HR
	excavación roca con voladura	20 M3/HR
200 HP	Excavación en tierra	50 M3/HR
	excavación material heterogéneo	40 M3/HR
	excavación roca con voladura	30 M3/HR
300 HP	Excavación en tierra	80 M3/HR
	excavación material heterogéneo	60 M3/HR
	excavación roca con voladura	50 M3/HR
400 HP	Excavación en tierra	80 M3/HR
	excavación material heterogéneo	70 M3/HR
	excavación roca con voladura	50 M3/HR
460 HP	Excavación en tierra	160 M3/HR
	excavación material heterogéneo	130 M3/HR
	excavación roca con voladura	100 M3/HR

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Motoniveladora

A continuación, en la tabla III se presenta el cuadro de rendimientos de motoniveladora, según su potencia.

Tabla III. Rendimientos de motoniveladora

POTENCIA	TIPO DE TRABAJO	ESPESOR (CM)	RENDIMIENTO
125 HP	Acabado de subrasante		400 M2/HR
	Conformacion de terraplén	30	130 M3/HR
	Subbase seleccionada	15	350 M2/HR
	Subbase seleccionada	20	320 M2/HR
	Base granular	15	310 M2/HR
	Base granular	20	290 M2/HR
	Escarificado		430 M2/HR
140 HP	Acabado de subrasante		430 M2/HR
	Conformacion de terraplén	30	140 M3/HR
	Subbase seleccionada	15	380 M2/HR
	Subbase seleccionada	20	340 M2/HR
	Base granular	15	330 M2/HR
	Base granular	20	300 M2/HR
	Escarificado		460 M2/HR
180 HP	Acabado de subrasante		450 M2/HR
	Conformacion de terraplén	30	150 M3/HR
	Subbase seleccionada	15	400 M2/HR
	Subbase seleccionada	20	360 M2/HR
	Base granular	15	350 M2/HR
	Base granular	20	320 M2/HR
	Escarificado		490 M2/HR

Fuente: elaboración propia.

3.3.4. Rodos compactadores

A continuación, en la tabla IV se presenta el cuadro de rendimientos de rodos compactadores, según su potencia.

Tabla IV. Rendimientos de rodos compactadores

POTENCIA	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (TONELADAS)	RENDIMIENTO
101 HP	LISO	6,58	160 M3/HR
125 HP	LISO	9,40	210 M3/HR
127 HP	LISO	9,00	210 M3/HR
108 HP	PATA DE CABRA	7,40	140 M3/HR
125 HP	PATA DE CABRA	11,10	180 M3/HR
140 HP	DOBLE RODO COMPACTADOR	10,10	180 M3/HR

Fuente: elaboración propia.

3.3.5. Retroexcavadoras

A continuación, en la tabla V se presenta el cuadro de rendimientos de retroexcavadoras, según su potencia.

Tabla V. Rendimientos de retroexcavadoras

POTENCIA	CAPACIDAD DE CUCHARÓN M3	TIPO DE TRABAJO	RENDIMIENTO	UNIDAD
90 HP	0,70	Material suelto	71,25	M3/HR
		Roca suelta	6,25	M3/HR
		Roca fija con voladura	31,25	M3/HR
	0,90	Material suelto	82,50	M3/HR
		Roca suelta	51,25	M3/HR
		Roca fija con voladura	36,25	M3/HR

Continuación de la tabla V.

125 HP	1,10	Material suelto	112,50	M3/HR
		Roca suelta	68,75	M3/HR
		Roca fija con voladura	47,50	M3/HR
195 HP	1,30	Material suelto	132,50	M3/HR
		Roca suelta	81,25	M3/HR
		Roca fija con voladura	56,25	M3/HR
	1,50	Material suelto	153,75	M3/HR
		Roca suelta	93,75	M3/HR
		Roca fija con voladura	65,00	M3/HR
	1,70	Material suelto	173,75	M3/HR
		Roca suelta	106,25	M3/HR
		Roca fija con voladura	73,75	M3/HR
	1,90	Material suelto	195,00	M3/HR
		Roca suelta	117,50	M3/HR
		Roca fija con voladura	82,50	M3/HR

Fuente: elaboración propia.

3.3.6. Minicargador

A continuación, en la tabla VI se presenta el cuadro de rendimientos de minicargador, según su potencia.

Tabla VI. Rendimiento de minicargador

POTENCIA	CAPACIDAD DE CUCHARÓN M3	TIPO DE TRABAJO	RENDIMIENTO	UNIDAD
60 HP	0,50	Material suelto	50,00	M3/HR
		Roca suelta	5,00	M3/HR
		Remoción de escombros	23,00	M3/HR
		Demolición	8,00	M3/HR
		Limpieza	125,00	M3/HR

Fuente: elaboración propia.

3.3.7. Cargadores frontales

A continuación, en la tabla VII se presenta el cuadro de rendimientos de cargadores frontales, según su potencia.

Tabla VII. Rendimientos de cargadores frontales

POTENCIA	TIPO DE TRABAJO	RENDIMIENTO	UNIDAD
100 HP	Material suelto	68,75	M3/HR
	Roca suelta	60,00	M3/HR
	Roca fija	53,75	M3/HR
155 HP	Material suelto	93,75	M3/HR
	Roca suelta	82,50	M3/HR
	Roca fija	76,25	M3/HR
200 HP	Material suelto	116,25	M3/HR
	Roca suelta	100,00	M3/HR
	Roca fija	87,50	M3/HR

Fuente: elaboración propia.

3.3.8. Compactadores

A continuación, en la tabla VIII se presenta el cuadro de rendimientos de compactadores, según su potencia.

Tabla VIII. Rendimientos de compactadores

POTENCIA	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (TONELADAS)	RENDIMIENTO
101 HP	LISO	6,58	160 M3/HR
125 HP	LISO	9,40	210 M3/HR
127 HP	LISO	9,00	210 M3/HR
108 HP	PATA DE CABRA	7,40	140 M3/HR
125 HP	PATA DE CABRA	11,10	180 M3/HR
140 HP	DOBLE RODO COMPACTADOR	10,10	180 M3/HR

Fuente: elaboración propia.

3.4. Vida económica

También llamada vida útil es la duración estimada que un determinado activo dará servicio efectivo y cumplirá correctamente con la función para el cual ha sido creado, contribuirá a los ingresos normales de la empresa, normalmente se calcula en horas.

Algunos equipos por el tipo de uso que se haga de ellos, pueden tener mayor vida útil que otros, en el caso de equipo pesado se considera una duración de 10 años, estos valores, claro está, no son siempre reales, puesto que habrá maquinaria que dure más tiempo y otras menos, igual que cualquier otro activo.

La vida útil es tomada como referencia para la depreciación del equipo pesado, así mismo puede extenderse si se le hacen reparaciones y adicciones, como por ejemplo cuando se repotencia un motor.

3.5. Mantenimiento del equipo de construcción

Para que la inversión sea beneficiosa para la empresa es muy importante que el equipo este en perfectas condiciones, para las cuales fue diseñado.

Cuando el equipo pesado esté sin laborar por descomposturas, se pierden ingresos, esto significa que se tendrán inmóviles las máquinas, también a operadores, ayudantes y todo lo relacionado con la operación.

Los tipos de mantenimientos que se realizan al equipo pesado, están a detalle en la página 32, allí indica lo necesario para mantener adecuadamente cada una de las máquinas.

Se deben realizar programaciones de mantenimientos, esto evitará hacer gastos grandes o innecesarios, a su vez se garantiza tener un equipo en condiciones óptimas, al momento de su arrendamiento o su uso personal. Una máquina confiable y disponible, es aquella que garantice entre un 90 a 100 % de funcionalidad eficaz.

3.6. Arrendamiento de equipo pesado

A continuación, se describirá dos tipos de opciones de arrendamiento existente en el mercado guatemalteco, que servirán para la toma de decisión con respecto al equipo pesado.

3.6.1 Arrendamiento simple

Es una operación por contrato que establece el uso o goce temporal de un bien, con la característica de que no existe opción de compra al término de la vigencia. Por lo tanto, la arrendadora no contrae obligación del importe de la venta que se haga del bien a un tercero. El arrendador asume la cuota del arrendamiento, y a su vez, los gastos corrientes de mantenimiento y reparaciones menores que conlleva la conservación en buen estado del equipo.

Es necesario que la persona que rentará, tenga los conocimientos necesarios o que pueda asesorarse de la mejor manera, para el uso del equipo pesado, esto con el fin, de poder seleccionar adecuadamente la maquinaria que necesita emplear, las horas justas e indicadas, según el trabajo que ha de realizar conocido por la planificación ya hecha.

El arrendador del equipo, ya sea empresa o persona individual, tendrá establecido el tipo de arrendamiento que se le da a una maquinaria

determinada, como tiempo mínimo, horas mínimas diarias, plan de trabajo, traslados, seguros y otros.

Cuando se renta equipo se debe proveer el transporte de este, pues tiene que ver mucho el lugar hacia donde se dirigirá la maquinaria, si es accesible poder poner al pie del proyecto, o si necesita traslado de diferentes formas, ya sea por trasbordo o por la misma máquina en sí, en este tema se involucran seguros, pues el dueño siempre debe estar protegido por cualquier incidente.

Cuando se planifica el uso de equipo pesado en un proyecto, tener en cuenta los parámetros con que el arrendador trabaje, pues él indicará qué tipo de convenio tiene con sus operarios, pues ellos pueden trabajar jornadas diversas como lo son, semanales, catorcenal, plan 21 días u otro que convenga a empleado, como empleador.

Si el proyecto es de grandes magnitudes, se podría conseguir en el mercado guatemalteco, precios, descuentos o convenios más favorables, para el beneficio del planificador o constructor.

3.6.2 Arrendamiento con opción a compra

El arrendamiento con opción a compra está como alternativa debido a la baja del número de ventas, muchos propietarios han decidido optar por este tipo de contratos, para incentivar así, la adquisición de equipo. Este es un contrato en el cual se arrienda por un tiempo determinado y estipulado, tras este período, el arrendador puede comprar, teniendo evidentemente prioridad frente a otros compradores.

En cuanto a los beneficios para el arrendatario, serán, que una porción establecida de mutuo acuerdo del pago que irá entregando durante ese período estipulado, se deducirá del precio final de compra. Por lo tanto, esto se convierte en una inversión, además cuenta con ese tiempo para asegurarse de querer comprar el equipo.

Beneficio para el arrendador pasará ese período percibiendo una cantidad monetaria, por tanto, ese equipo no le costará dinero. Además, tampoco tendrá la preocupación de buscar comprador.

El arrendatario no está obligado a la compra después del tiempo estipulado, en cambio el arrendador si tendrá que vender el equipo.

Ventajas para este tipo de contrato:

- Reducción en el costo financiero, porque por escudo fiscal las cuotas son cien por ciento deducibles.
- Evita el desembolso del monto total del equipo a comprar.
- Protege contra el proceso inflacionario y el riesgo cambiario, porque asegura la compra del equipo a precios actuales.
- Este tipo de arrendamiento no constituye un pasivo.
- Permite el incremento de equipo en propiedad.

Desventajas de este tipo de contrato:

- Tasa de interés mayores a las bancarias.
- Pago de un determinado porcentaje del precio pactado en concepto de anticipo.
- Precio final de compra mayor al obtenido mediante la compra directa.

4. COSTOS DE ARRENDAMIENTO DE EQUIPO

En este capítulo se presentara cuadros de costos unitarios de arrendamiento del equipo pesado según su potencia, al final se realizara una comparación de resultados.

Tabla IX. **Tabla explicativa de simbología, utilizada para el cálculo de cargos fijos, en hojas de costos de arrendamiento de equipo**

SIMBOLOGÍA CARGOS FIJOS	
DESCRIPCIÓN	ABREVIATURA
Costo de la máquina	Cm
Valor de las llantas	Pn
Valor de las piezas especiales	Pa
Valor de la máquina	Vm
Horas efectivas al año	Hea
Vida económica años	V
Tasa de seguro	s
Porcentaje de mantenimiento	Ko
Porcentaje de rescate	r'
Tasa de interés	i
Valor rescate = $Vm \times r'$ (Valor de maquinaria) x (% de rescate)	Vr
Vida económica total en horas= $V \times Hea$ (Vida económica años) x (horas efectivas al año)	Ve
Depreciación	D
Inversión	Im
Seguros	Sm
Mantenimiento	Mn

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Tabla explicativa para cálculos utilizada en hojas de costos de arrendamiento de equipo**

CÁLCULO CARGOS FIJOS	
A) DEPRECIACIÓN (D):	$\frac{(V_m - V_r)}{V_e}$ <p>(Valor de la máquina - valor rescate) Vida económica total en horas</p>
B) INVERSIÓN (Im):	$\frac{(V_m + V_r) \times i}{2 \times \text{Hea}}$ <p>(Valor de la máquina + valor rescate) x tasa de interés 2 x horas efectivas al año</p>
C) SEGUROS (Sm):	$\frac{(V_m + V_r) \times s}{2 \times \text{Hea}}$ <p>(Valor de la máquina + valor rescate) x tasa de seguro 2 x horas efectivas al año</p>
D) MANTENIMIENTO (Mn):	$K_o \times D$ <p>porcentaje de mantenimiento x depreciación</p>

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento matemático para las tablas de integración de costos, los datos usados serán válidos únicamente para la tabla XI.

$$Vr = Vm \times r = Q 5\,786\,060,35 \times 20\% = Q 1\,157\,212,07$$

$$Ve = V \times Hea = 8 \times 1\,500 = 12\,000$$

- Depreciación (D) = $\frac{(Vm - Vr)}{Ve}$

$$D = \frac{(Q 5\,786\,060,35 - Q 1\,157\,212,07)}{12\,000} = Q 385,74$$

- Inversión (Im) = $\frac{(Vm + Vr) \times (i)}{2 \times Hea}$

$$Im = \frac{(Q 5\,786\,060,35 + Q 1\,157\,212,07) \times (0,16)}{2 \times Q 1\,500,00} = Q 370,31$$

- Seguros (Sm) = $\frac{(Vm + Vr) \times (s)}{2 \times Hea}$

$$Sm = \frac{(Q 5\,786\,060,35 + Q 1\,157\,212,07) \times (0,03)}{2 \times Q 1\,500,00} = Q 69,43$$

- Mantenimiento (Mn) = Ko x D

$$Mn = (0,75) \times (Q 385,74) = Q 289,30$$

En las tablas de integración de costos de arrendamiento, de las maquinas descritas anteriormente y que se presentarán a continuación, se integra el renglón de operación, en el que se encuentra el costo-hora por operador, este incluye:

- Bonificación incentivo mensual, Decreto 37-2001.
- Igss 10,67 %.
- Irtva 1,00 %.
- Intecap 1,00 %.
- Vacaciones: 15 días hábiles, después de cada año de trabajo continuo al servicio de un mismo patrono.
- Bonificación anual Decreto 42-92, bono 14.
- Aguinaldo.
- Prestaciones laborales.
- Salario normal u ordinario.
- Horas extraordinarias.
- Séptimos días.
- Días de asueto.

4.1. Costos unitarios de arrendamiento de equipo pesado

A continuación, se presentara cuadros de integración de costos unitarios de arrendamiento del equipo pesado, según su potencia.

- Excavadoras

Tabla XI. Integración de costo de arrendamiento excavadora 428 hp

Excavadora hidráulica 428 hp y 75,47 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 1,12 m3 a 4,40 m3				
DATOS:				
Costo de la máquina (Cm)	Q	5 786 060,35		
Valor de las llantas (Pn)		-		
Valor de las piezas especiales (Pa)		-		
Valor de la máquina (Vm)	Q	5 786 060,35		
Horas efectivas al año (Hea)		1 500,00		
Vida económica años (V)		8,00		
Tasa de seguro (s)		3 %		
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		75 %		
Porcentaje de rescate (r)		20 %		
Tasa de interés (i)		16 %		
Valor rescate Vr = Vm * r	Q	1 157 212,07		
Vida económica total en horas Ve = V * Hea		12 000,00		
CARGOS FIJOS				
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE		
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 385,74		
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 370,31		
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 69,43		
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 289,30		
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 1 114,78		
CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	11,0952	Q 23,00	Q 255,19
Lubricante	litro	0,8410	Q 22,57	Q 18,98
0	0	0	Q -	Q -
TOTAL DE CONSUMO:				Q 274,17
OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 40,00	Q 40,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 40,00
TOTAL DE COSTO HORA				
Q 1 428,95				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Integración de costo de arrendamiento excavadora 247 hp

Excavadora hidráulica 247 hp y 35,10 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 1,22 m3 a 2,06 m3			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	1 746 876,93	
Valor de las llantas (Pn)		-	
Valor de las piezas especiales (Pa)		-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	1 746 876,93	
Horas efectivas al año (Hea)		2 000,00	
Vida económica años (V)		8,00	
Tasa de seguro (s)		3 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		75 %	
Porcentaje de rescate (r')		20 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate	$Vr = Vm * r$	Q	349 375,39
Vida económica total en horas	$Ve = V * Hea$		16 000,00

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 87,34
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 83,85
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 15,72
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 65,51
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 252,42

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	6,3401	Q 23,00	Q 145,82
Lubricante	litro	0,8410	Q 22,57	Q 18,98
	0	0	Q -	Q -
TOTAL DE CONSUMO:				Q 164,80

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 40,00	Q 40,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 40,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 457,23	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Integración de costo de arrendamiento excavadora 128 hp

Excavadora hidráulica 128 hp y 20,70 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 0,70 m3 a 1,40 m3				
DATOS:				
Costo de la máquina (Cm)	Q	1 291 794,94		
Valor de las llantas (Pn)		-		
Valor de las piezas especiales (Pa)		-		
Valor de la máquina (Vm)	Q	1 291 794,94		
Horas efectivas al año (Hea)		1 500,00		
Vida económica años (V)		8,00		
Tasa de seguro (s)		3 %		
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		75 %		
Porcentaje de rescate (r')		20 %		
Tasa de interés (i)		16 %		
Valor rescate $Vr = Vm * r$	Q	258 358,99		
Vida económica total en horas $Ve = V * Hea$		12 000,00		
CARGOS FIJOS				
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA		IMPORTE	
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$		Q	86,12
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$		Q	82,67
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$		Q	15,50
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$		Q	64,59
TOTAL DE CARGOS FIJOS:			Q	248,89
CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	3,4342	Q 23,00	Q 78,99
Lubricante	litro	0,8410	Q 22,57	Q 18,98
	0	0	Q -	Q -
TOTAL DE CONSUMO:				Q 97,97
OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 40,00	Q 40,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 40,00
TOTAL DE COSTO HORA				
Q 386,85				

Fuente: elaboración propia.

- Tractores de oruga

Tabla XIV. Integración de costo de arrendamiento tractor de orugas 210 hp

Tractor de Oruga 210 hp y 26,40 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 2,87 m3.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	3 016 872,29	
Valor de las llantas (Pn)		-	
Valor de las piezas especiales (Pa)		-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	3 016 872,29	
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00	
Vida económica años (V)		10,00	
Tasa de seguro (s)		3 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		60 %	
Porcentaje de rescate (r')		20 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate $Vr = Vm * r$	Q	603 374,46	
Vida económica total en horas $Ve = V * Hea$		16 000,00	

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 150,84
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 181,01
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 33,94
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 90,51
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 456,30

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	7,3968	Q 23,00	Q 170,13
Lubricante	litro	0,1830	Q 22,57	Q 4,13
	0	0	Q -	Q -
TOTAL DE CONSUMO:				Q 174,26

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 40,00	Q 40,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 40,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 670,56	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Integración de costo de arrendamiento tractor de orugas 160 hp

Tractor de oruga 160 hp y 20,00 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 2,29 m3.		
DATOS:		
Costo de la máquina (Cm)	Q	2 096 085,11
Valor de las llantas (Pn)		-
Valor de las piezas especiales (Pa)		-
Valor de la máquina (Vm)	Q	2 096 085,11
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00
Vida económica años (V)		10,00
Tasa de seguro (s)		3%
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		60%
Porcentaje de rescate (r)		20%
Tasa de interés (i)		16%
Valor rescate	$Vr = Vm * r$	Q 419 217,02
Vida económica total en horas	$Ve = V * Hea$	16 000,00

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 104,80
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 125,77
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 23,58
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 62,88
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 317,03

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	5,5476	Q 23,00	Q 127,60
Lubricante	litro	0,1610	Q 22,57	Q 3,63
0	0	0	Q -	Q -
TOTAL DE CONSUMO:				Q 131,23

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 40,00	Q 40,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 40,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 488,26	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Integración de costo de arrendamiento tractor de orugas 70 hp

Tractor de oruga 70 hp y 7,30 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 1,15 m3.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	528 677,53	
Valor de las llantas (Pn)		-	
Valor de las piezas especiales (Pa)		-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	528 677,53	
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00	
Vida económica años (V)		10,00	
Tasa de seguro (s)		3 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		60 %	
Porcentaje de rescate (r')		20 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate	$Vr = Vm * r$	Q	105 735,51
Vida económica total en horas	$Ve = V * Hea$		16 000,00

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 26,43
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 31,72
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 5,95
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 15,86
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 79,96

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	2,3775	Q 23,00	Q 54,68
Lubricante	litro	0,1350	Q 22,57	Q 3,05
	0	0	Q -	Q -
TOTAL DE CONSUMO:				Q 57,73

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 40,00	Q 40,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 40,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 177,69	

Fuente: elaboración propia.

- Motoniveladora

Tabla XVII. Integración de costo de arrendamiento motoniveladora 220 hp

Motoniveladora 220 hp y 18,60 toneladas de peso de operación.				
DATOS:				
Costo de la máquina (Cm)	Q	2 979 282,47		
Valor de las llantas (Pn)	Q	31 581,56		
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-		
Valor de la máquina (Vm)	Q	2 947 700,91		
Horas efectivas al año (Hea)		1 500,00		
Vida económica años (V)		10,00		
Tasa de seguro (s)		2 %		
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		75 %		
Porcentaje de rescate (r')		20 %		
Tasa de interés (i)		16 %		
Valor rescate	$Vr = Vm * r$	Q	589 540,18	
Vida económica total en horas	$Ve = V * Hea$		15 000,00	
CARGOS FIJOS				
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE		
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q	157,21	
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q	188,65	
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q	23,58	
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q	117,91	
TOTAL DE CARGOS FIJOS:			Q	487,35
CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	5,8118	Q 23,00	Q 133,67
Lubricante	litro	0,3210	Q 22,57	Q 7,24
Llantas 1300 x 24 14 PR G-2 (6)	juego	0,0005	Q 31 581,56	Q 15,79
TOTAL DE CONSUMO:				Q 156,71
OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 60,00	Q 60,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 60,00
TOTAL DE COSTO HORA				
Q 704,06				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Integración de costo de arrendamiento motoniveladora 140 hp

Motoniveladora 140 hp y 12,40 toneladas de peso de operación.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	1 356 715,96	
Valor de las llantas (Pn)	Q	31 581,56	
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	1 325 134,40	
Horas efectivas al año (Hea)		1 500,00	
Vida económica años (V)		8,00	
Tasa de seguro (s)		2 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		75 %	
Porcentaje de rescate (r')		20 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate	$V_r = V_m * r$	Q	265 026,88
Vida económica total en horas	$V_e = V * Hea$		12 000,00

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(V_m-V_r)/V_e$	Q 88,34
b) Inversión:	$I_m=((V_m+V_r)*i)/(2*(Hea))$	Q 84,81
c) Seguros:	$S_m=((V_m+V_r)*s)/(2*(Hea))$	Q 10,60
d) Mantenimiento:	$M_n=K_o*D$	Q 66,26
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 250,01

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	3,4342	Q 23,00	Q 78,99
Lubricante	litro	0,2070	Q 22,57	Q 4,67
Llantas 1300 x 24 14 PR G-2 (6)	juego	0,0005	Q 31 581,56	Q 15,79
TOTAL DE CONSUMO:				Q 99,45

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 60,00	Q 60,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 60,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 409,46	

Fuente: elaboración propia.

- Rodos compactadores

Tabla XIX. Integración de costo de arrendamiento
rodo compactador 145 hp

Compactador de tambor liso vibratorio 145 hp y 15,20 toneladas peso de operación, 2,13 metros de ancho del tambor.				
DATOS:				
Costo de la máquina (Cm)	Q	1 212 554,59		
Valor de las llantas (Pn)	Q	6 717,17		
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-		
Valor de la máquina (Vm)	Q	1 205 837,42		
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00		
Vida económica años (V)		12,00		
Tasa de seguro (s)		3 %		
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		90 %		
Porcentaje de rescate (r')		20 %		
Tasa de interés (i)		16 %		
Valor rescate	Vr = Vm * r	Q	241 167,48	
Vida económica total en horas	Ve = V * Hea		19 200,00	
CARGOS FIJOS				
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA		IMPORTE	
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$		Q	50,24
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$		Q	72,35
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$		Q	13,57
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$		Q	45,22
TOTAL DE CARGOS FIJOS:			Q	181,38
CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	4,4909	Q 23,00	Q 103,29
Lubricante	litro	0,2000	Q 22,57	Q 4,51
Llantas 14.9-24 6 R-4 (2)	juego	0,0005	Q 6 717,17	Q 3,36
TOTAL DE CONSUMO:				Q 111,16
OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 30,00	Q 30,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 30,00
TOTAL DE COSTO HORA				
Q 322,54				

Fuente: elaboración propia.

- Retroexcavadoras

Tabla XX. Integración de costo de arrendamiento retroexcavadora 95 hp

Retroexcavadora de 95 hp y 8,90 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 1,34 m3.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	759 490,39	
Valor de las llantas (Pn)	Q	22 342,00	
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	737 148,40	
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00	
Vida económica años (V)		8,00	
Tasa de seguro (s)		3 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		60 %	
Porcentaje de rescate (r')		20 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate $Vr = Vm * r$	Q	147 429,68	
Vida económica total en horas $Ve = V * Hea$		12 800,00	

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 46,07
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 44,23
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 8,29
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 27,64
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 126,24

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	2,5889	Q 23,00	Q 59,54
Lubricante	litro	0,1040	Q 22,57	Q 2,35
Llantas 14.5/75/16.1 PR F3 (2) + 21 L/24 12 PR R4 (2)	juego	0,0005	Q 22 342,00	Q 11,17
TOTAL DE CONSUMO:				Q 73,06

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 30,00	Q 30,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 30,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 229,30	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Integración de costo de arrendamiento retroexcavadora 80 hp

Retroexcavadora de 80 hp y 7,00 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 0,96 m3.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	504 916,78	
Valor de las llantas (Pn)	Q	13 771,19	
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	491 145,59	
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00	
Vida económica años (V)		8,00	
Tasa de seguro (s)		3 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		60 %	
Porcentaje de rescate (r')		44 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate Vr = Vm * r	Q	216 104,06	
Vida económica total en horas Ve = V * Hea		12 800,00	

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 21,49
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 35,36
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 6,63
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 12,89
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 76,37

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	1,9020	Q 23,00	Q 43,75
Lubricante	litro	0,0600	Q 22,57	Q 1,35
Llantas 11 L-16 8PR (2) + 16.9-24 8PR (2)	juego	0,0005	Q 13 771,19	Q 6,89
TOTAL DE CONSUMO:				Q 51,99

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 30,00	Q 30,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 30,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 158,36	

Fuente: elaboración propia.

- Minicargador

Tabla XXII. Integración de costo de arrendamiento minicargador 60 hp

Minicargador de 60 hp, capacidad de carga 2 300 libras, capacidad de cucharón de 0,50 m3.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	160 333,80	
Valor de las llantas (Pn)	Q	7 073,55	
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	153 260,25	
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00	
Vida económica años (V)		10,00	
Tasa de seguro (s)		3 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		60 %	
Porcentaje de rescate (r')		25 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate	$Vr = Vm * r$	Q	38 315,06
Vida económica total en horas	$Ve = V * Hea$		16 000,00

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 7,18
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 9,58
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 1,80
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 4,31
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 22,87

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	4,00	Q 23,00	Q 92,05
Lubricante	litro	0,0500	Q 22,57	Q 1,13
Llantas Juego de (4) unidades	juego	0,0005	Q 7 073,55	Q 3,54
TOTAL DE CONSUMO:				Q 96,72

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 30,00	Q 30,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 30,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 149,59	

Fuente: elaboración propia.

- Cargador frontal

Tabla XXIII. Integración de costo de arrendamiento
cargador frontal 220 hp

Cargador Frontal de 220 hp y 20,90 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 3,82 m3.				
DATOS:				
Costo de la máquina (Cm)	Q	1 716 000,48		
Valor de las llantas (Pn)	Q	101 983,60		
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-		
Valor de la máquina (Vm)	Q	1 614 016,88		
Horas efectivas al año (Hea)		1 440,00		
Vida económica años (V)		10,00		
Tasa de seguro (s)		3 %		
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		60 %		
Porcentaje de rescate (r)		20 %		
Tasa de interés (i)		16 %		
Valor rescate	$Vr = Vm * r$	Q	322 803,38	
Vida económica total en horas	$Ve = V * Hea$		14 400,00	

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 89,67
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 107,60
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 20,18
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 53,80
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 271,24

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	6,0760	Q 23,00	Q 139,75
Lubricante	litro	0,2790	Q 22,57	Q 6,30
Llantas 23.5 x 25 L-2 (4)	juego	0,0005	Q101 983,60	Q 50,99
TOTAL DE CONSUMO:				Q 197,04

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 35,00	Q 35,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 35,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 503,28	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Integración de costo de arrendamiento
cargador frontal 160 hp

Cargador Frontal de 160 hp y 20,90 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 2,48 m3.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	1 303 901,63	
Valor de las llantas (Pn)	Q	43 102,32	
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	1 260 799,31	
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00	
Vida económica años (V)		10,00	
Tasa de seguro (s)		3 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		60 %	
Porcentaje de rescate (r)		20 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate	$Vr = Vm * r$	Q	252 159,86
Vida económica total en horas	$Ve = V * Hea$		16 000,00

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 63,04
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 75,65
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 14,18
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 37,82
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 190,70

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	3,4342	Q 23,00	Q 78,99
Lubricante	litro	0,1600	Q 22,57	Q 3,61
Llantas 17.5 x 25 12PR L-2 (4)	juego	0,0005	Q 43 102,32	Q 21,55
TOTAL DE CONSUMO:				Q 104,15

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 35,00	Q 35,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 35,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 329,85	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Integración de costo de arrendamiento
cargador frontal 98 hp

Cargador Frontal de 98 hp y 9,40 toneladas de peso de operación, capacidad de cucharón de 0,96 m3.		
DATOS:		
Costo de la máquina (Cm)	Q	1 035 794,43
Valor de las llantas (Pn)	Q	29 026,65
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-
Valor de la máquina (Vm)	Q	1 006 767,78
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00
Vida económica años (V)		10,00
Tasa de seguro (s)		3 %
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		60 %
Porcentaje de rescate (r')		20 %
Tasa de interés (i)		16 %
Valor rescate Vr = Vm * r	Q	201 353,56
Vida económica total en horas Ve = V * Hea		16 000,00

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 50,34
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 60,41
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 11,33
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 30,20
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 152,27

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	1,9813	Q 23,00	Q 45,57
Lubricante	litro	0,1125	Q 22,57	Q 2,54
Llantas 15.5 x 25 12 C L-2 (4)	juego	0,0005	Q 29 026,65	Q 14,51
TOTAL DE CONSUMO:				Q 62,62

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 35,00	Q 35,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 35,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 249,90	

Fuente: elaboración propia.

- Compactadores

Tabla XXVI. Integración de costo de arrendamiento
rodillo liso simple 103 hp

Compactador de tambor liso vibratorio 103 hp y 9,49 toneladas peso de operación, 2,13 metros de ancho del tambor.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	679 841,46	
Valor de las llantas (Pn)	Q	21 642,75	
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	658 198,71	
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00	
Vida económica años (V)		12,00	
Tasa de seguro (s)		3 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		90 %	
Porcentaje de rescate (r')		20 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate	$Vr = Vm * r$	Q	131 639,74
Vida económica total en horas	$Ve = V * Hea$		19 200,00

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 27,42
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 39,49
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 7,40
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 24,68
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 99,00

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	4,2135	Q 23,00	Q 96,91
Lubricante	litro	0,2000	Q 22,57	Q 4,51
Llantas 23.1-26 R-3 (2)	juego	0,0005	Q 21 642,75	Q 10,82
TOTAL DE CONSUMO:				Q 112,25

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 30,00	Q 30,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 30,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 241,25	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Integración de costo de arrendamiento
rodillo pata de cabra 145 hp

Compactador tambor de pisonos (pata de cabra) 145 hp y 11,70 toneladas peso de operación, 2,13 metros de ancho del tambor.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	1 113 375,30	
Valor de las llantas (Pn)	Q	21 642,75	
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	1 091 732,55	
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00	
Vida económica años (V)		10,00	
Tasa de seguro (s)		2 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		90 %	
Porcentaje de rescate (r')		20 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate	$Vr = Vm * r$	Q	218 346,51
Vida económica total en horas	$Ve = V * Hea$		16 000,00

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 54,59
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 65,50
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 8,19
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 49,13
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 177,41

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	3,4342	Q 23,00	Q 78,99
Lubricante	litro	0,2000	Q 22,57	Q 4,51
Llantas 23.1-26 R-3 (2)	juego	0,0005	Q 21 642,75	Q 10,82
TOTAL DE CONSUMO:				Q 94,32

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 30,00	Q 30,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 30,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 301,73	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Integración de costo de arrendamiento
rodillo liso doble 145 hp

Compactador doble tambor vibratorio 145 hp, 2,13 metros de ancho del tambor.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	886 525,00	
Valor de las llantas (Pn)	Q	-	
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	886 525,00	
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00	
Vida económica años (V)		10,00	
Tasa de seguro (s)		2 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		90 %	
Porcentaje de rescate (r')		20 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate	$Vr = Vm * r$	Q	177 305,00
Vida económica total en horas	$Ve = V * Hea$		16 000,00

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(Vm-Vr)/Ve$	Q 44,33
b) Inversión:	$Im=((Vm+Vr)*i)/(2*(Hea))$	Q 53,19
c) Seguros:	$Sm=((Vm+Vr)*s)/(2*(Hea))$	Q 6,65
d) Mantenimiento:	$Mn=Ko*D$	Q 39,89
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 144,06

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	3,9626	Q 23,00	Q 91,14
Lubricante	litro	0,2000	Q 22,57	Q 4,51
	0	0	Q -	Q -
TOTAL DE CONSUMO:				Q 95,65

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 30,00	Q 30,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 30,00

TOTAL DE COSTO HORA	
Q 269,71	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Integración de costo de arrendamiento
rodillo neumático 100 hp

Compactador neumático 100 hp, tambor con pisonos vibratorios y cuchilla 1,72 metros de ancho.			
DATOS:			
Costo de la máquina (Cm)	Q	432 490,37	
Valor de las llantas (Pn)	Q	2 010,81	
Valor de las piezas especiales (Pa)	Q	-	
Valor de la máquina (Vm)	Q	430 479,56	
Horas efectivas al año (Hea)		1 600,00	
Vida económica años (V)		10,00	
Tasa de seguro (s)		2 %	
Porcentaje de mantenimiento (Ko)		100 %	
Porcentaje de rescate (r')		20 %	
Tasa de interés (i)		16 %	
Valor rescate $V_r = V_m * r$	Q	86 095,91	
Vida económica total en horas $V_e = V * Hea$		16 000,00	

CARGOS FIJOS		
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPORTE
a) Depreciación:	$D=(V_m-V_r)/V_e$	Q 21,52
b) Inversión:	$I_m=((V_m+V_r)*i)/(2*(Hea))$	Q 25,83
c) Seguros:	$S_m=((V_m+V_r)*s)/(2*(Hea))$	Q 3,23
d) Mantenimiento:	$M_n=K_o*D$	Q 21,52
TOTAL DE CARGOS FIJOS:		Q 72,11

CONSUMOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Diesel	galón	2,9059	Q 23,00	Q 66,84
Lubricante	litro	0,0900	Q 22,57	Q 2,03
Llantas 7.5 x 15 6 lonas (2)	juego	0,0005	Q 2 010,81	Q 1,01
TOTAL DE CONSUMO:				Q 69,87

OPERACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Operador	hora	1,00	Q 30,00	Q 30,00
TOTAL DE OPERADOR:				Q 30,00

TOTAL DE COSTO HORA				
Q 171,98				

Fuente: elaboración propia.

4.2 Comparación de resultados

Se mostrarán diferentes tablas, se realizará análisis de una máquina para lograr una comparación de resultados, entre compra y arrendamiento de la misma, por medio de un contrato de *leasing* financiero, utilizando parámetros reales en función del tiempo que siempre será una variable a definir, sugiriendo un lapso para este ejemplo en particular, sin ser una regla.

Se toma como ejemplo, una retroexcavadora con las siguientes características:

- Potencia de 92 hp
- Peso de operación de 7 800 kilogramos
- Capacidad de cucharón de 1,10 metros cúbicos
- Valores tomados con fecha 17 de septiembre de 2015

Valor de máquina	(A) Q 600 400,00
Anticipo (25 %)	(B) Q 150 100,00
Saldo a financiar	(C) Q 450 300,00
Porcentaje de interés por financiamiento	(D) 19,60 %, 28,62 %
Costo de financiamiento	(E) ¿?
Total de deuda	(F) ¿?
Meses de financiamiento	(G) 60 meses (tiempo variable)
Pago mensual	(H) ¿?

- Método sistema *leasing*

$$E = C \times D$$

$$E = Q \ 450 \ 300,00 \times 28,62 \%$$

$$E = Q \ 128 \ 865,50$$

$$F = C + E$$

$$F = Q \ 450 \ 300,00 + Q \ 128 \ 865,50 = Q \ 579 \ 165,50$$

$$H = Q \ 579 \ 165,50 / 60 = Q \ 9 \ 652,76$$

El ejemplo anterior se basa en cálculos para el sistema *leasing*, a continuación se tabulan los montos, utilizando financiamiento por los dos sistemas (bancario y *leasing*)

Tabla XXX. **Cuadro de financiamiento de maquinaria**

CUADRO DE FINANCIAMIENTO A 60 MESES			
	BANCO DEL SISTEMA GUATEMALTECO		TIPO <i>LEASING</i>
VALOR DE MÁQUINA (A)	Q	600 400,00	
ANTICIPO 25% (B)	Q	150 100,00	
SALDO A FINANCIAR (C) = A - B	Q	450 300,00	
PORCENTAJE DE INTERÉS POR FINANCIAMIENTO (D)		19,60%	28,62%
COSTO DE FINANCIAMIENTO (E) = C x D	Q	88 258,80	Q 128 865,50
TOTAL DEUDA (F) = C + E	Q	538 558,80	Q 579 165,50
MESES DE FINANCIAMIENTO (G)		60	60
PAGO MENSUAL (H) = F / G	Q	8 975,98	Q 9 652,76
COSTO TOTAL MAQUINARIA B + F	Q	688 658,80	Q 729 265,50

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXX se hace el análisis respectivo, entre la compra de la máquina, utilizando recursos de financiamiento, entre un banco del sistema y la modalidad de *leasing*.

Como se muestra en el ejemplo, el porcentaje de interés de la modalidad de *leasing*, es mucho mayor, pero entre sus beneficios financieros destaca, que no afectaría la línea de crédito bancaria, beneficio fiscal del 100 % sobre la factura mensual, permite conservar el capital de trabajo y plazos de arrendamiento ajustables al flujo de caja, la máquina estaría a nombre de la empresa que arrenda, pues muchas veces no se desea que ingrese como bien adquirido.

Un punto muy importante a tomar en cuenta es que, el valor de las rentas puede variar, en caso de ajustes en la tasa de interés.

El financiamiento por medio del banco del sistema es, en este caso, hasta un 6 % más bajo, pero, este pide bienes en garantía de pago, los cuales deben sumar un precio mayor al de compra, el tiempo de solicitud y aprobación es mucho más largo, si no se cumplen con garantías es casi seguro que no lo otorguen.

Tabla XXXI. **Cuadro análisis de arrendamiento de maquinaria**

CUADRO ANÁLISIS DE ARRENDAMIENTO SOBRE 60 MESES		
A) COSTO HORA	Q	229,30
B) HORAS DIARIAS TRABAJADAS		6,00
C) COSTO DIARIO = A x B	Q	1 375,80
D) DÍAS LABORABLES AL MES		22,00
E) COSTO POR MES = C x D	Q	30 267,60
F) MESES COMPARATIVOS A COMPRA CON FINANCIAMIENTO		60,00
G) COSTO TOTAL MAQUINARIA = E x F	Q	1 816 056,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXXI se hace un cálculo de arrendamiento de acuerdo al costo hora, se toma como seis, pues gran cantidad de empresas que se dedican a esto, las imponen como horas mínimas laborables.

Se consideran como veintidós días laborables, pues corresponden, dentro de este ejemplo, a un plan de trabajo en un mes. Los meses de comparación se tomaron como sesenta, pues así se está solicitando el financiamiento en la tabla XXX, esto con el fin de ver a cuánto sumaría el costo de arrendamiento de la máquina, si se arrendara por un tiempo consecutivo o periódico.

El costo de arrendamiento, para un tiempo de sesenta meses, equivale a comprar 2,5 veces la máquina, financiada tipo *leasing*, un proyecto muy raras veces tendrá una gran magnitud, para que se dé este caso, pero sí existen.

Tabla XXXII. **Cuadro análisis, compra versus arrendamiento mensual**

CUADRO ANÁLISIS			
TIPO DE COMPRA	COSTO DE MAQUINARIA (A)	COSTO MENSUAL DE ARRENDAMIENTO (B)	MESES REQUERIDOS PARA ADQUISICIÓN DE MÁQUINA (C) = A / B
CONTADO	Q 600 400,00		20 (1 AÑO + 8 MESES)
FINANCIADA BANCO DEL SISTEMA	Q 688 658,80	Q 30 267,60	23 (1 AÑO + 11 MESES)
TIPO LEASING	Q 729 265,50		24 (2 AÑOS)

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXXII del análisis realizado es entre varios tipos de compra, contado, banco del sistema y tipo *leasing*, se realiza la comparación del costo mensual de arrendamiento de la máquina, para predecir, cuántos meses se necesita arrendar para poder cubrir el 100 % de la adquisición.

En la compra al contado es menor el tiempo a requerir y en el tipo *leasing* es mayor, pero, como se explica en la tabla XXX, cada una tiene sus ventajas y desventajas.

En este ejemplo no se toma en cuenta gastos de mantenimiento, seguros, transportes, reparaciones si se tuvieran qué hacer, pues en cualquier caso de financiamiento, son cubiertos por el propietario.

Todo proyecto es independiente y diferente, varía en tiempo de ejecución, costo, empleo de equipo pesado y otros en común.

Esto da como resultado para este ejemplo que la decisión de tomar algún plan de financiamiento o simple arrendamiento, depende del tiempo a requerir la maquinaria, si se arrendara por más de dos años, es muy recomendable la

adquisición, también tomar en cuenta si se posee el espacio suficiente, para poder almacenar y resguardar del clima el equipo pesado.

CONCLUSIONES

1. Con el conocimiento de las operaciones y aplicaciones de cada máquina, da como resultado mejores desempeños, pues se emplearán para lo que fueron fabricadas en el proyecto donde se necesita la utilización de estas.
2. La supervisión adecuada y constante sobre el manejo de tiempos en la utilización del equipo, hará que el costo estimado de maquinaria se encuentre dentro del presupuesto disponible.
3. El conocer los costos que conlleva ser propietario de una máquina del equipo pesado, como se vio en el capítulo 3, son parámetros influyentes para la evaluación de adquisición de maquinaria.
4. En el ejemplo realizado en la página 86, como resultado se obtiene, que la decisión de la renta o compra de una máquina, depende mucho de las condiciones del proyecto, como el tiempo de duración, labores a realizar y presupuesto del mismo.
5. Cuando se realicen presupuestos de proyectos, en donde involucre equipo pesado, es necesario conocer la ubicación, topografía, las condiciones climáticas, entre otros, porque los atrasos que se ocasionen, traerán gastos innecesarios hacia el proyecto, disminuyendo la rentabilidad y utilidad del mismo.

RECOMENDACIONES

1. El planificador del proyecto a realizar debe investigar a la empresa arrendataria de la maquinaria, las referencias, para saber las condiciones y calidad de su equipo, con el fin de no provocar contratiempos en la obra.
2. Es importante que el planificador cotice precios de arrendamiento en el mercado guatemalteco, la variación podrá ser poca, pero si es más barato y eficiente el equipo, traerá buenos resultados económicos.
3. El planificador y el ejecutor deberán consultar y pedir asesoría con el arrendatario, sobre los rendimientos de su equipo, esto ayudará en la planificación y posteriormente en la supervisión del proyecto.
4. Cuando el proyecto fuera de grandes dimensiones y el tiempo de arrendamiento sea muy extenso, es necesario que el planificador realice una evaluación de cuánto será el costo total de este renglón, debido a que puede ser que este sea igual o mayor al precio de la compra del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cámara Colombiana de la Construcción. *Maquinaria pesada y equipos utilizados en el sector construcción*. Colombia: 2010. 20 p.
2. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. *Maquinaria catálogo de costos directos 2013*. México: 2013. 169 p.
3. Constructora y Supervisora, CONSA. Guatemala: Departamento Técnico, Control de Maquinaria, 2014. 35 p.
4. Corporación de Ingenieros Constructores, COINCO. Guatemala: Departamento de Maquinaria, 2014. 50 p.
5. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa, 2004. 650 p.
6. DAY, David. *Maquinaria para construcción*. México: Limusa, 1985. 616p.
7. Grupo Consultor, S. A., VENEZIA. Guatemala: Departamento de Maquinaria, 2014. 40 p.
8. IBÁÑEZ, Walter. *Costos y tiempos en carreteras*. Perú: Macro, 2011. 616 p.

9. MELGAREJO C., German E., *Maquinaria pesada y equipos utilizados en el sector construcción*. Colombia: Consejo Colombiano de Seguridad. 2010. 100 p.
10. MÉNDEZ ÁLVAREZ, José Luis. *Maquinaria para construcción*. México: UAS, 1996. 141 p.
11. ROSADA GRANADOS, Mario René. *Aspectos teórico-prácticos para el uso de maquinaria pesada en la industria de la construcción*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995. 149 p.
12. SOTO CALDERÓN, Claudia Lucia. *Análisis de rendimiento y costo de arrendamiento de equipo liviano para construcción*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 46 p.
13. VIDES TOBAR, Armando. *Análisis y control de costos de ingeniería*. Guatemala: Piedra Santa, 1978. 452 p.