



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**



**I PROGRAMA DE TITULACION POR APROBACION DE TRABAJO DE**  
**SUFICIENCIA PROFESIONAL**

## **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“DETERMINACION DEL RENDIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA PARA**  
**EL MANTENIMIENTO DEL DREN-1000”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AGRÍCOLA**

**AUTOR:**

**BACH: BENAVIDES CASTRO CARLOS NOLBERTO**

**ASESOR:**

**DR. LUIS TOLEDO CASANOVA**

**Lambayeque – Perú**  
**2015**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**



**I PROGRAMA DE TITULACIÓN POR APROBACIÓN DE TRABAJO**  
**DESUFICIENCIA PROFESIONAL**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA PARA  
EL MANTENIMIENTO DEL DREN-1000”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AGRÍCOLA**


**AUTOR:**

**BACH: BENAVIDES CASTRO CARLOS NOLBERTO**

**APROBADO POR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. OSCAR SAAVEDRA TAFUR**  
**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**ING. SEGUNDO SANCHEZ CUSMA**  
**SECRETARIO**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. LUIS TOLEDO CASANOVA**  
**ASESOR**

## **INDICE DE CONTENIDO**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>                                  | <b>07</b> |
| 1.1. Antecedentes                                       | 07        |
| 1.2. Importancia  | 07        |
| 1.3. Objetivos  | 07(A.C)   |
| <b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>                       | <b>08</b> |
| 2.1. Definición de términos                             | 09        |
| 2.1.1. Capacidad teórica de campo                       | 09        |
| 2.1.2. Ciclo de trabajo de excavación                   | 09        |
| 2.1.3. Tiempo de ciclo                                  | 09        |
| 2.1.4. Capacidad efectiva de Campo                      | 09        |
| 2.1.5. Capacidad nominal del cucharón                   | 10        |
| 2.1.6. Factor de llenado                                | 10        |
| 2.1.7. Maquinaria operativa                             | 10        |
| 2.1.8. Maquinaria inoperativa                           | 10        |
| 2.1.9. Vida útil  | 10        |
| 2.1.10. Vida económica                                  | 10        |
|   | 10(A.C)   |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>                        | <b>10</b> |
| 3.1. Materiales   | 10        |
| 3.1.1. Descripción general del valle Chancay-Lambayeque | 10        |
| 3.1.1.1 Ubicación                                       | 11        |
| 3.1.1.2 Limites   | 11        |
| 3.1.1.3 Área de estudio                                 | 11        |
| 3.1.1.4 Clima   | 11        |
| 3.1.1.5 Topografía                                      | 11        |
| 3.1.1.6 Suelos  | 12        |
| 3.1.1.7 Hidrología                                      | 12        |
| 3.1.1.8 Drenaje   | 12        |
| 3.1.2. Máquinas consideradas                            | 12(A.C)   |
|   | 13        |

|  |               |
|--|---------------|
| 3.1.2.1 Excavadora hidráulica - Especificaciones técnicas                                      | 14            |
| 3.1.3. Excavadora hidráulica CAT 320 CL  | 16            |
| 3.1.3.1 Principales partes que constan de una excavadora                                       | 16            |
| 3.1.4. Descripción general de la excavadora hidráulica CAT 320 CL                              | 17            |
| 3.1.4.1 Cabina del operador  | 17            |
| 3.1.4.2 Mayor comodidad en los controles   | 17            |
| 3.1.4.3 Facilidad de servicio  | 18            |
| 3.1.4.4 Sistema de control electrónico   | 19            |
| 3.1.4.5 Sistema hidráulico   | 20            |
| 3.1.4.6 Motor Caterpillar 3066T  | 21            |
| 3.1.4.7 Estructuras  | 21            |
| 3.1.4.8 Tren de rodaje   | 22            |
| 3.1.4.7 Plumas, brazos y accesorios  | 23            |
| 3.1.4.8 Cucharones   | 23            |
| 3.2. Métodos   | 24            |
| 3.2.1. Método de trabajo de la Excavadora CAT 320 CL   | 24            |
| 3.2.2. Efectos que intervienen en el rendimiento de la<br>Excavadora CAT 320                   | 25<br>26(A.C) |
| 3.2.3 Metodología para calcular la velocidad de<br>Excavación (Vz) de la Excavadora CAT 320 CL | 27            |
| 3.2.4. Metodología para calcular la producción horaria<br>o rendimiento (R)                    | 29            |
| 3.3. Proceso en la determinación de los costos de operación de la maquinaria                   | 29            |
| 3.3.1. Costos fijos o de propiedad   | 29            |
| 3.3.2. Costos variables de operación   | 33            |
| 3.3.3 Gastos generales   | 39            |

|  |                |
|--|----------------|
| <b>IV. RESULTADOS</b>                                      | <b>39</b>      |
| 4.1. Estudio del tiempo de ciclo                           | 39             |
| 4.2. Cálculos para determinar la producción horaria        | 45             |
| 4.3. Costos horarios de la excavadora CAT 320 CL           | 49(A.C)        |
| 4.4. Cálculos de los costos horarios fijos                 | 54             |
| 4.5. Cálculos de los costos horarios variables             | 56(A.C))       |
| 4.6. Cálculos de gastos generales                          | 59             |
| 4.7. Cálculos del costo por hora uso (costo horario total) | 59             |
| <b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                   | <b>60</b>      |
| 5.1. Conclusiones  | 60(A.C)        |
| 5.2. Recomendaciones                                       | 61             |
| <b>VI. RESUMEN</b>   | <b>61</b>      |
| <b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>                                   | <b>62</b>      |
| <b>ANEXO</b>   | <b>64</b>      |
| <b>PLANO</b>   | <b>66(A.C)</b> |

#### **INDICE DE CUADROS**

|   |                |
|---|----------------|
| <b>Cuadro</b>   | <b>Pág. N°</b> |
| <b>N°</b>   |                |
| 01 Características y número de horas de cambio de aceite para la máquina estudiada CAT 320 CL | 36             |
| 02 Número de horas de cambios de filtros para la máquina estudiada CAT 320 CAL                | 37             |

## **INDICE DE GRAFICAS**

| <b>Graficas</b>                           | <b>Pág. N°</b> |
|---|----------------|
| <b>N°</b>                                 |                |
| 01 Producción diaria vs. Distancia        | 50             |
| 02 Producción diaria vs. Tiempo del ciclo | 51             |
| 03 Producción del ciclo vs. Distancia     | 52             |

*Se está tomando como punto de partida de la evaluación, el índice de la tesis original para mostrar en resumen el aspecto crítico y las observaciones de la misma, para lo cual se está abreviando la palabra **ANALISIS CRÍTICO** por **A.C**, donde es de suponer algunas aportaciones al trabajo de investigación de tesis.*

## **I. RESUMEN**

Conocemos que la agricultura desarrollada en el valle Chancay-Lambayeque, representa la actividad económica más importante del departamento de Lambayeque; y que la limpieza de los drenajes existente forma parte integral de la problemática de dicho valle.

En el mantenimiento de los sistemas de drenaje se considera básicamente el empleo de maquinaria y/o equipo y mano de obra.

Cuyas maquinarias a usarse en la limpieza de los drenes son las excavadoras o palas excavadoras.

En el mantenimiento de los sistemas de drenaje mayormente se utiliza el sistema mixto: maquinaria con apoyo de mano de obra por adecuarse a la realidad socio-económica de los usuarios del valle Chancay-Lambayeque

Es un hecho conocido que una zanja de drenaje sin mantenimiento quedara destruido en un tiempo determinado. Por lo tanto en el presente estudio se va a determinar el rendimiento de la maquinaria pesada para el mantenimiento del Dren-1000, con excavadora CAT 320 CL.

Como objetivos tenemos Determinación del rendimiento de maquinaria pesada empleada en el mantenimiento del Dren 1000, con excavadora CAT 320 CL.

Determinar el costo de mantenimiento y el consumo de lubricantes y combustible que emplea diariamente la maquinaria.

En la realización de la limpieza de los drenes se deben utilizar maquinaria sofisticada oportuna y moderna para que su aporte al desarrollo de la agricultura del valle Chancay-Lambayeque, sea efectiva. En estos trabajos de limpieza se toma en cuenta el equipo especializado para la ejecución de las labores de tal manera que cumplan lo mejor posible las necesidades que de ellos se requiera.

**Palabras claves:** Valle Chancay, Drenaje, Agricultura, Maquinaria pesada.

## **ABSTRACT**

We know that the agriculture developed in the Chancay-Lambayeque valley represents the most important economic activity in the department of Lambayeque; and that the cleaning of the existing drains is an integral part of the problem of said valley.

In the maintenance of drainage systems, the use of machinery and/or equipment and labor is basically considered.

Whose machinery to be used in the cleaning of the drains are the excavators or excavator shovels.

In the maintenance of the drainage systems, the mixed system is mostly used: machinery with labor support to adapt to the socio-economic reality of the users of the Chancay-Lambayeque valley.

It is a known fact that a drainage ditch without maintenance will be destroyed in a given time. Therefore, in the present study, the performance of the heavy machinery for the maintenance of the Drain-1000, with a CAT 320 CL excavator, will be determined.

As objectives we have Determination of the performance of heavy machinery used in the maintenance of the Drain 1000, with a CAT 320 CL excavator.

Determine the cost of maintenance and the consumption of lubricants and fuel used daily by the machinery.

In carrying out the cleaning of the drains, timely and modern sophisticated machinery must be used so that its contribution to the development of agriculture in the Chancay-Lambayeque valley is effective.

In these cleaning works, the specialized team is taken into account for the execution of the tasks in such a way that they meet the needs that are required of them as best as possible.

**Keywords: Chancay Valley, Drainage, Agriculture, Heavy Machinery.**



## **II. INTRODUCCIÓN.**

### **2.1. ANTECEDENTES.**

Conocemos que la agricultura desarrollada en el valle Chancay-Lambayeque, representa la actividad económica más importante del departamento de Lambayeque; y que la limpieza de los drenajes existente forma parte integral de la problemática de dicho valle.

En el mantenimiento de los sistemas de drenaje se considera básicamente el empleo de maquinaria y/o equipo y mano de obra.

Cuyas maquinarias a usarse en la limpieza de los drenes son las excavadoras o palas excavadoras.

En el mantenimiento de los sistemas de drenaje mayormente se utiliza el sistema mixto: maquinaria con apoyo de mano de obra por adecuarse a la realidad socio-económica de los usuarios del valle Chancay-Lambayeque.

Hoy en la actualidad es necesario disponer de la maquinaria y equipo de mantenimiento, apropiado y en buen estado de funcionamiento.

En la realización de la limpieza de los drenes se deben utilizar maquinaria sofisticada oportuna y moderna para que su aporte al desarrollo de la agricultura del valle Chancay-Lambayeque, sea efectiva.

En estos trabajos de limpieza se toma en cuenta el equipo especializado para la ejecución de las labores de tal manera que cumplan lo mejor posible las necesidades que de ellos se requiera.

### **2.2 IMPORTANCIA.**

Las construcciones de tierra empiezan a deteriorarse rápidamente tan pronto que se han concluido y que debido a la intemperización por el viento, lluvia, además sin ningún mantenimiento inmediato y constante sobreviene la destrucción.

Es un hecho conocido que una zanja de drenaje sin mantenimiento quedara destruido en un tiempo determinado. Por lo tanto en el presente estudio se va a determinar el rendimiento de la maquinaria pesada para el mantenimiento del Dren-1000, con excavadora CAT 320 CL.

Este mantenimiento que se hace en los drenes es de gran importancia ya que devolvemos las condiciones hidráulicas del dren para el libre escurrimiento de las aguas provenientes de exceso del riego superficial y de las filtraciones de drenaje, fines para el cual fueron construidos.

### **2.3 OBJETIVOS.**

- Determinación del rendimiento de maquinaria pesada empleada en el mantenimiento del Dren 1000, con excavadora CAT 320 CL.
- Determinar el costo de mantenimiento y el consumo de lubricantes y combustible que emplea diariamente la maquinaria.

## **ANÁLISIS CRÍTICO DEL CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **- ÍTEM: 1.1 ANTECEDENTES.**

*Se observa que existe un error de fondo en el trabajo de tesis, debería ser Generalidades en lugar de antecedentes; ya que en este ítem nos aporta todo lo relacionado al sistema de drenes que es el objeto donde se realizará el estudio.*

### **- ÍTEM: 1.3 OBJETIVOS.**

*Considerando que los objetivos en un trabajo de investigación es una prioridad se deben de describirse en 2 ítems.*

- a) *Objetivo principal (uno solo).*
- b) *Objetivos específicos (uno o más).*

*Luego de un análisis crítico del presente trabajo de investigación se observa la ausencia de objetivo principal, así como objetivos específicos; no guardan estrecha relación con el contenido del trabajo y con la finalidad de contribuir en su mejora se propone la siguiente formulación de objetivos:*

#### **1.3.1 OBJETIVO PRINCIPAL.**

*- Determinar el rendimiento de la maquinaria pesada empleada.*

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Determinar el tipo de maquinaria a emplearse.*
- Determinar el costo de mantenimiento, del consumo de lubricantes y del combustible.*
- Determinar el rendimiento de la maquina por unidad de volumen.*

*Se propone la siguiente secuencia de los ítems para el Capítulo I después de su análisis crítico:*

### **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 GENERALIDADES.**

#### **1.2 IMPORTANCIA.**

#### **1.3 OBJETIVOS:**

##### **1.3.1 Objetivo principal.**

##### **1.3.2 Objetivo Específico.**

### **III. REVISION BIBLIOGRAFICA.**

#### **1. BLAIR FABRIS, ENRIQUE (1881), dice que:**

Para el mantenimiento de maquinaria y equipos cumplen su verdadera misión, la meta perseguida no es la conservación en sí misma, sino el coincidir con las demás actividades de la industria en la obtención de la más alta productividad.

**2. CATERPILLAR PUBLICATION.** Caterpillar Performance Hand Book January, 1975, publican tablas de duración de ciclo de 4 trabajo de la retroexcavadora para diferentes profundidades de excavación, factor de llenado y fuerza máxima de levante del cucharón.

**3. GALABRU,** en su libro Maquinaria General en Obras y Movimientos de tierra aparecen descripciones de métodos de trabajo tablas de producción de retroexcavadoras y factores de llenado de cucharón.

**4. HETZ EDMUNDO,** afirma que no siempre es posible obtener una correspondencia perfecta entre la potencia del tractor y el tamaño de los equipos, variables tales como cambio en el suelo de un lugar a otro campo, contenido de humedad, compactación, desgaste de neumáticos, motor y otros aspectos hacen esto imposible.

#### **5. JHOAN BERLJIN,** señala:

Que la debida selección de la maquinaria agrícola representa un paso esencial para lograr una eficacia, ejecución de los trabajos de empresas agropecuarias. Una empresa equipada con maquinarias

adecuadamente seleccionadas está capacitada para realizar trabajos a tiempo y a menor costo. La ejecución a tiempo es de suma importancia para una empresa como la agropecuaria que depende casi enteramente de las condiciones climatológicas.

**6. MORALES SALDAÑA, M.** nos dice que:

Que la vida de las maquinarias en cualquier ente económico generalmente no es determinada en el momento apropiado, trayendo como consecuencia muchas pérdidas que logísticamente ocasionan diversos problemas en la administración de dichos bienes.

Lo acostumbrado es reemplazar las unidades cuando se requiere trabajos nuevos, cuando sin ningún criterio la gerencia considera que una maquinaria es demasiado vieja y hay que sustituirla por otra.

**7. REY SACRISTAN, F. (1981)** concluye lo siguiente:

-Para que el mantenimiento de maquinaria y equipo cumpla su verdadera misión, la meta perseguida no es la conservación en sí misma, si no coincidir con las demás actividades de la industria en la obtención de la más alta productividad.

**Recomienda:**

1. El mantenimiento económico debe ser considerado como un factor económico.
2. Debe existir una información técnica completa en relación con los trabajos de mantenimiento de cada máquina.
3. Debe realizarse una evaluación periódica de la maquinaria para determinar su vida útil.
4. Al adquirir una maquina o equipo hay muchos problemas y circunstancias a considerar. No solo es cuestión de invertir y usar la maquina en su primer periodo de trabajo. Debe pensarse y esto es posiblemente lo más importante, en la utilización de la maquinaria para todo el tiempo que dure la misma y pensar que en este tiempo necesita de un mantenimiento que cuesta cada día más, debiendo considerar un periodo de vida útil.

**8. ZEÑA SANTAMARIA, O. (1990)** concluye:

Desafortunadamente, el uso de datos de costos se tiene que ser solo por estimación, ya que el costo real de la maquina no se conoce, sino hasta que sea vendido o desgastado y desechado. La determinación del costo de la maquinaria depende de tantos factores siendo los más significativos en el uso de las maquinas en los niveles de precio, en los requerimientos de energía, en los costos de combustible y costos de mano de obra, lo que sugiere que el administrador de maquinaria tendrá que desarrollar costos estándar individuales y usar los costos promedios obtenidos por otro solo para fines de comparación.

**2.1. DEFINICION DE TERMINOS.**

**2.1.1. Capacidad teórica de campo:** Se refiere a la capacidad de producción o “Rendimiento” cuando la eficiencia es del 100%. Es la producción máxima por hora

**2.1.2. Ciclo de trabajo de excavación:** Es la serie de fase por los que pasa el cucharón hasta que se produce una fase anterior.

**2.1.3. Tiempo de ciclo:** Es la duración del ciclo de trabajo. El ciclo de trabajo de excavación de la excavadora, comprende las siguientes fases:

**A. Excavación:** Que se inicia desde que el cucharón es colocado en la posición de excavación hasta que termina de llenarse o cargarse.

**B. levante y giro:** desde el lugar de excavación hasta el lugar de descarga o sobre el elemento de transporte.

**C. Descarga del material excavado.**

**D. Levante y giro:** Desde el lugar de descarga hasta la posición de excavación.

**2.14. Capacidad efectiva de campo:** Es el promedio de la producción por hora verdadera o actual, depende de muchos factores como:

- El ancho de trabajo máximo de la maquina

- La velocidad de avance.

- Los tiempos perdidos durante la ejecución del trabajo, los mismos que son difíciles de calcular o estimar durante la operación, estos son los tiempos que utilizan en reparaciones simples ó mantenimiento de las maquinas.

**2.1.5 Capacidad nominal del cucharón:** Es el producto de la altura media del cucharón por la superficie de la sección media a la mitad de la altura interior mínima (tolerancia 2%).

**2.1.6. Factor de llenado:** Es un factor por el cual hay que multiplicar la capacidad nominal del cucharón para obtener su capacidad ó real, la cual puede ser inferior a la capacidad nominal. Depende del tipo de terreno o de la capacidad nominal del cucharón.

**2.1.7. Maquina operativa:** De acuerdo a su aspecto funcional la maquina está en perfectas condiciones para trabajar. Ha tenido un buen mantenimiento y reparación. Cuando una maquina ha sido reparada recientemente se calcula una aproximada de 5 años de trabajo.

**2.1.8. Maquinaria inoperativa:** Es aquella máquina que de acuerdo a su aspecto funcional existe del motor, arreglo de zapatas, etc.

**2.1.9. Vida útil:** Es un estimado del periodo de tiempo durante el cual trabaja la maquina antes de caer en desuso. Sus años útiles depende del tipo de máquinas, clase de trabajo que realizara, el cuidado que recibe, termina cuando la maquina no se puede reparar debido a una falla en una parte irremplazable ó irreparable. Se expresa en unidades de horas, días, meses, años, kilómetros.

**2.1.10. Vida económica:** Se define como el tiempo desde que se compra la maquina hasta el momento en que resulta más económico reemplazarla por una segunda máquina que siga operando con la primera. En este momento una maquina puede tener una vida de servicio considerable, pero la productividad de la misma tiende a disminuir no siendo costeable debido a los costos elevados de las reparaciones y mantenimientos.

## **ANALISIS CRITICO DEL CAPITULO II: REVISION BIBLIOGRAFICA.**

*No se muestran los adecuados términos para un mejor entendimiento del proyecto de tesis, no incluye trabajos de investigaciones anteriores o similares, de los cuales se pueda guiar para una mejor comprensión y entendimiento para futuras mejoras y aplicaciones en proyectos como estos.*

*Se propone los siguientes aportes y orden de ítems para el capítulo II:*

## **CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.**

### **2.1 ANTECEDENTES:**

### **2.2 BASE TEORICA.**

### **2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS.**

## **III. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1. MATERIALES.**

#### **3.1.1. DESCRIPCION GENERAL DEL VALLE CHANCAY- LAMBAYEQUE**

##### **3.1.1.1. UBICACIÓN.**

El valle de chancay-Lambayeque está ubicado en el noroeste del Perú y forma parte de la vertiente del Pacífico. Sus coordenadas geográficas están comprendidas entre los paralelos 06°21'12" y 06°56'69" latitud sur y los meridianos 78°32'17" y 80°10'39" longitud oeste. Limita por el norte con las cuencas de los ríos Motupe y La Leche, por el sur con las cuencas de los ríos Saña y Jequetepeque, por el este con las cuencas de los ríos Chotano y Llaucana, y por el oeste con el Océano Pacífico. El distrito de riego se encuentra entre las cotas que oscilan entre los 0.00 m.s.n.m y los 4,118 m.s.n.m.

El principal desarrollo agrícola en el valle Chancay-Lambayeque depende principalmente del agua, la que varía de acuerdo a las máximas y mínimas avenidas que aportan los ríos.

##### **3.1.1.2. LIMITES.**

El área de estudio está ubicado dentro del valle Chancay-Lambayeque.

-Norte: Muy finca

-Sur : Lambayeque

-Este : Ferreñafe

-Oeste: Océano Pacífico

##### **3.1.1.3. AREA DE ESTUDIO.**

El área de estudio está dentro del valle Chancay-Lambayeque se encuentra entre el sub sector de riego Muy Finca y el sub sector de riego Ferreñafe.

- El sub sector de riego Muy Finca cuenta con una extensión total de 10,444.18 Has, repartidas entre sus 2,783 usuarios.

- El sub sector de riego Ferreñafe cuenta con una extensión total de 17,633.28 Has., repartidas entre sus 4,273 usuario.

Dentro de estos 2 sub sectores se ubica el dren principal (Dren 1000) en donde se ha realizado el trabajo de investigación.

#### **3.1.1.4. CLIMA.**

Las características climáticas de la zona en estudio corresponde a la zona baja del valle Chancay-Lambayeque, considerado como una zona de clima árido, donde la precipitación es reducida, presentándose lluvias de regular intensidad en los primeros meses del año (Enero, Febrero, Marzo). La temperatura media anual es de 22° C registrándose máximas en los meses de verano, sobrepasando los 30°, las mínimas se dan en los meses de Agosto a Octubre que llegan a los 12° C.

#### **3.1.1.5. TOPOGRAFIA.**

La topografía es muy variable a causa de la diversidad de estructuras geológicas en los que sustenta así, en el valle es mayormente plana. En relación a la pendiente del terreno, se presenta casi plana. La mayor parte de las tierras de la superficie (82%) representa un grado de inclinación del terreno casi a nivel

(0.12 a 2%) y un 18% ligeramente inclinado (23.1 a 5%). El micro relieve en su mayoría es plano; menos de 0.5% de la superficie de las tierras es ligeramente onduladas.

#### **3.1.1.6. SUELOS.**

La zona en estudio presenta texturas variables (ligeras, medianas, pesadas) predominando los suelos medianos (francos limosos, limo, franco arenoso muy fino).

#### **3.1.1.7. HIDROLOGIA.**

La cuenca del rio Chancay-Lambayeque es irrigada con los aportes de las aguas superficiales transportadas por los ríos que tienen su origen en las partes altas y media de la cuenca, estas a su vez alimentan a los acuíferos subterráneos. El principal rio es el Chancay-Lambayeque, al que se agregan los aportes del rio Chotano, Conchano y Cumbil.

#### **3.1.1.8. DRENAJE.**

La salinidad y el mal drenaje son los problemas latentes y potenciales en las tierras agrícolas del valle Chancay-Lambayeque, éstos se ponen en manifiesto y se tornan graves cuando no se da un adecuado manejo. El valle Chancay-Lambayeque carece de un sistema adecuado de drenaje, en donde la napa freática en algunas zonas, haciende hasta 0.5 m. bajo la superficie, como consecuencia de la falta de drenaje. El mantenimiento regular de las zanjais abiertas siempre es necesario ya que se requieren un mayor número de operaciones de mantenimiento para un buen funcionamiento y por lo tanto requieren de una mayor inversión. Debido a que hoy en día se ha logrado en que el comité de Operación y Mantenimiento (COPEMA) dedicada a estas labores gracias a la privatización y al buen manejo de los recursos provenientes de los mismos agricultores, se estén dando el respectivo mantenimiento a los drenes, constituyéndose a la vez sistemas de drenaje adecuados y mejorando los sistemas de riego.

### **3.1.2. MAQUINAS CONSIDERADAS.**

Para el presente estudio se hizo la evaluación de 3 excavadoras hidráulicas del mismo modelo y marca, con las siguientes series:

Excavadora N° 09: SBN 01854

Excavadora N° 10: SBN 02257

Excavadora N° 11: SBN 02258

Pero se seleccionó la máquina excavadora 320 CL N° 10 SBN al azar, ya que las 3 excavadoras eran nuevas.

#### **ANALISIS CRITICO DEL ITEM: 3.1.2 MAQUINAS CONSIDERADAS.**

*Es difícil evaluar el rendimiento de la maquinaria de la misma marca y modelo e inclusive de la misma edad útil.*

*Al parecer lo que se está evaluando es el rendimiento del operador más no el de la maquinaria, por*

*ejemplo se mencionan las siguientes especificaciones técnicas de tres máquinas de diferentes marcas y modelos.*

*Advertencia: Estas especificaciones no pueden ser exactas para estos modelos de máquina, en cuyo caso sólo se debe utilizar como guía.*

#### **Doosan DX 340 LC - Especificación Técnica**

- **Peso operativo 33,8 tn**
- **Fabricante del motor Doosan**
- **Tipo de motor DL08**
- **Dimensiones de equipos. largo/ancho/anchura 11,05 x 3,08 x 3,29 m**
- **Energía del motor 246 hp**
- **Capacidad del balde 0,83 m<sup>3</sup>**
- **Anchura de la zapata 600 mm**
- **Chasis LC**
- **Pluma M 7,6m**
- **Revoluciones al máximo torque 1750 min<sup>-1</sup>**
- **Alcance horizontal 11,93 m**

#### **Caterpillar 320 CL- Especificación Técnica**

- **Peso operativo 22,9 tn**
- **Fabricante del motor Caterpillar**
- **Tipo de motor 3066 T**
- **Dimensiones de equipos .largo/altura/anchura 12,66 x 2,90 x 3,19 m**
- **Energía del motor 138 hp**
- **Capacidad del balde 0,60 m<sup>3</sup>**
- **Anchura de la zapata 800 mm**

- *Chasis SL*
- *Pluma MB 8,60 m*
- *Revoluciones al máximo torque 1800 min*
- *Alcance horizontal 12,66 m*

## ***Volvo EC 290 CLR - Especificación Técnica***

- *Peso operativo 32,1 tn*
- *Motor Volvo*
- *Tipo de motor D7E*
- *Dimensiones de equipos. largo/ancho/ancho 10,5 x 3,19 x 3,03 m*
- *Energía del motor 194 hp*
- *Capacidad del balde 0,60 m<sup>3</sup>*
- *Anchura de la zapata 800 mm*
- *Chasis LC*
- *Pluma - 7,1 m*
- *Revoluciones al máximo torque 1800 min*
- *Alcance horizontal 10,7 m*

### **3.1.2.1. EXCAVADORA HIDRAULICA – ESPECIFICACIONES TECNICAS.**

Las mejoras en su mantenimiento y la recia durabilidad se combinan para máxima su productividad.

- Marca : Caterpillar.
- Modelo : 320 CL.
- País : Brasil.
- Serie : Excavadora N° 10: SBN 02257

#### **DIMENSIONES: EXCAVADORA CAT 320 CL.**

- Ancho : 3.19 m.
- Altura de la cabina : 2.90 m.
- Altura solo cabina : 1.90 m.
- Peso : 22 900 kg.
- Largo : 4.40 m.
- Ancho de la zapata : 0.8 m.
- de la cadena.
- Longitud de brazo : 7.24 m.
- Longitud de pluma : 8.60 m.



-Capacidad del cucharón : 0.60 m<sup>3</sup>.

-Longitud total : 19.0m.

### **MOTOR**

-Marca : Caterpillar.

-Modelo : 3066 T.

-Potencia : 138 HP (103 KW).

-Cilindros : 6.

-Orden de inyección : 1-5-3-6-2-4.

### **SISTEMA DE RODAMIENTO**

-Orugas de triple garra.

-Máxima velocidad de desplazamiento : 5.5 Km/hora – 3.4 mph.

-Velocidad de rotación : 11.5 rpm.

### **INSTALACIONES ELECTRICAS**

-Tensión : 24 voltios.

### **ARRANCADOR**

-Marca : Caterpillar.

-Tensión : 24 voltios.

### **CAPACIDAD DE LLENADO**

-Tanque de combustible : 400l 106 gl

-Sistema de enfriamiento : 30l 7.9 gl

-Aceite de motor : 30l 7.9 gl

-Mando de rotación : 08l 2.1 gl

-Mando final (cada uno) : 10l 2.6 gl

-Sistema hidráulico (incluyendo tanque) : 200l 53 gl

-Tanque hidráulico

: 120l 32 gl

### **ANÁLISIS CRÍTICO DEL ÍTEM: 3.1.2.1 EXCAVADORA HIDRAULICA-ESPECIFICACIONES TECNICAS**

*En lo que se respecta a lo anunciado la capacidad de llenado; ofrece alguna confusión de las unidades de capacidad, para tal caso se confecciona el siguiente cuadro en el que se propone.*

**Cuadro: Capacidad de llenado**

| <b>Elemento de contenidos</b>          | <b>Unidades de capacidad</b> |                     |
|--|------------------------------|---------------------|
|  | <b>Litro (l)</b>             | <b>Galones (gl)</b> |
| <b>Tanque de combustible</b>           | 400 l                        | 106 gl              |
| <b>Sistema de enfriamiento</b>         | 30 l                         | 7.9 gl              |
| <b>Aceite de motor</b>                 | 30 l                         | 7.9 gl              |
| <b>Mando de rotación</b>               | 08 l                         | 2.1 gl              |
| <b>Mando final (cada uno )</b>         | 10 l                         | 2.6 gl              |
| <b>Sistema hidráulico(inc. tanque)</b> | 200 l                        | 53 gl               |
| <b>Tanque hidráulico</b>               | 120 l                        | 32 gl               |

## **DIMENSIONES DE LA EXCAVADORA CAT 320 CL**

| <b>Excavadora 320 CL configuracion de largo alcance</b> |           |
|---|-----------|
| Peso apeoximado   | 22 900 Kg |
| longitud total (A)                                      | 12.66 m   |
| Altura de la pluma (B)                                  | 3.21 m    |
| Altura de la agarradera (C)                             | 3.01 m    |
| Altura de la cabina (D)                                 | 2.90 m    |
| Ancho total (E)   | 3.19 m    |
| Ancho de la zapata de la cadena                         | 0.8 m     |

**Ver fig. N° 03: De acuerdo, la figura es referencial.**

### **3.1.3 EXCAVADORA HIDRÁULICA CAT 320 CL.**

#### **3.1.3.1 PRINCIPALES PARTES QUE CONSTAN DE UNA EXCAVADORA:**

La excavadora consta de tres partes principales:

**a) Sistema de oruga:** Es el sistema de propulsión de toda la máquina.

Consiste en un chasis formado de una tornamesa soldada a un bastidor que consta de dos vigas gruesas llamadas ejes, conectan dos bastidores de las orugas que se apoyan sobre las ruedas de estas y están

rodeados por las cadenas. La cadena de oruga consiste en una serie de zapatas planas articuladas en sus extremos.

Se considera que constituye la rueda motriz, las catalinas en el extremo trasero y las ruedas guías en el delantero. Entre ambas ruedas existen varios rodillos para el soporte intermedio de la oruga. Cuyos rodillos se ubican dos en la parte superior y ocho en la parte inferior.

Cada rueda motriz es accionada por un motor hidráulico conectado a la bomba y controlados desde la cabina del operador.

La rueda guía no es dentada y sirve además para el tensado de la oruga por medio de un pistón con resorte, accionada por presión ejercida a través de una grosera para cada oruga.

**b) Unidad giratoria:** Constituye el cuerpo de la máquina y se encuentra apoyado sobre el chasis del sistema de orugas. En la unidad giratoria se encuentran ubicados el motor diésel, la bomba hidráulica y la cabina del operador. El motor diésel acciona la bomba hidráulica llevando la presión de aceite para el accionamiento de los motores y cilindros hidráulicos.

Un motor hidráulico montado sobre el chasis imprime el movimiento giratorio de la unidad con relación al sistema de orugas. En el extremo inferior del eje del motor existe un piñón que engrana con la cadena dentada de la tornamesa fijada en el chasis de las orugas.

**c) Brazo de excavación:** Consiste de la pluma principal apoyada en la unidad giratoria e imprime movimientos de elevación y descenso a todo el brazo es accionada por dos cilindros hidráulicos de doble acción que operan en forma simultánea.

#### **3.1.4. DESCRIPCION GENERAL DE LA EXCAVADORA HIDRÁULICA CAT 320 CL.**

##### **3.1.4.1. CABINA DEL OPERADOR.**

###### **Diseñado para comodidad y facilidad de operación.**

La cabina del operador es silenciosa, bajo esfuerzo de pedal y palanca, diseño de asiento ergonómico y ventilación altamente eficiente. El resultado es una cabina que pone al operador en control de una manera firme y cómoda, lo que puede traducirse en una mayor productividad.

**Área de visibilidad excelente.** A través de ventanas grandes y amplias. Una claraboya grande que se abre por empuje proporciona visibilidad hacia arriba. El limpiador del parabrisas delantero superior está montado sobre pilar para proporcionar visibilidad hacia adelante, sin obstrucciones.

La ventana de la puerta lateral superior izquierda puede deslizarse para abrirla. La ventana inferior proporciona una vista de las cadenas y del terreno inmediato a la máquina. La ventana trasera ofrece una buena vista hacia atrás y hacia la izquierda, ayudada por un perfil más bajo del capó del motor.

**Mayor comodidad en los controles.** Todos los controles están colocados al fácil alcance del operador.

##### **3.1.4.2. MAYOR COMODIDAD DE LOS CONTROLES.**

###### **1) El panel del sistema de control electrónico de Caterpillar.**

Incluye los medidores del nivel de combustible, de la temperatura del aceite hidráulico y de la temperatura del motor, los indicadores de las condiciones de la máquina y los controles del operador, todo en una sola consola para facilitar su utilización.

###### **2) El control automático de climatización de la cabina.**

El control automático de climatización de la cabina mantiene una temperatura constante dentro de la cabina, en las máquinas con aire acondicionado. El operador puede conmutar al sistema de acondicionamiento de aire estándar con aire fresco o recirculado.

### **3) Las palancas universales controlan todos los implementos.**

Las funciones de rotación con mínimo esfuerzo. Las consolas integradas de la palanca universal se ajustan a la preferencia del operador. Las consolas de palanca universal están suspendidas como parte de la configuración del asiento. Su altura puede ser ajustada independientemente del asiento.

**3.1) Controles del implemento.** Las dos palancas universales accionan la pluma, el brazo, el cucharón y la rotación.

#### **CARACTERISTICAS:**

**CONTROLES DE LA PLUMA Y DEL CUCHARÓN** (palanca universal de la derecha).

- Mover hacia delante y hacia atrás para bajar y elevar la pluma.
- Mover hacia la izquierda y hacia la derecha para controlar el repliegue y la descarga del cucharón.
- El botón en la parte superior es para conmutar con la marcha baja en vacío.

**CONTROLES DEL BRAZO Y DE LA ROTACIÓN** (palanca universal de la izquierda).

- Mover hacia delante y hacia atrás para mover el brazo hacia fuera y hacia dentro.
- Mover hacia la izquierda y hacia la derecha para controlar la dirección de rotación.
- El botón de la parte superior controla la bocina.

**Ver figura N° 4: De acuerdo, la figura es referencial.**

### **4) Acelerador del dial.**

Con tres regulaciones para el ajuste simple y preciso de la velocidad del motor.

### **5) Los controles de desplazamiento accionados manual o por pedal.**

Permiten al operador mover la excavadora mientras está trabajando en el extremo delantero. Las palancas de mano son fácilmente desmontables.

#### **CARACTERISTICAS:**

- La palanca y el pedal de la izquierda controlan la cadena de la izquierda, la palanca y el pedal de la derecha.
- Cuando las ruedas guías están en la parte delantera, al empujar ambas palancas o pedales hacia delante la excavadora se mueve en línea recta hacia delante.
- Cuando las ruedas, guías están en la parte delantera, al balancear ambos pedales o tirar de ambas palancas hacia atrás la excavadora se mueve en línea recta hacia atrás.
- Al mover un pedal más que el otro o una palanca más que la otra, ya sea hacia delante o hacia atrás, se obtiene un giro gradual.
- Al mover un pedal o palanca hacia delante y el otro hacia atrás, las cadenas rotan en sentido contrario una de otra para hacer que la máquina gire en el lugar.

### **6) El pedal optativo para el desplazamiento en línea recta.**

Proporciona un desplazamiento en línea recta tanto en la marcha en avance como en retroceso. Los ajustes

de dirección pueden hacerse utilizando los pedales de desplazamiento a la derecha o a la izquierda en combinación con el pedal de desplazamiento en línea recta.

#### **7) La palanca de control de activación hidráulica.**

Desactiva las funciones hidráulicas e impide el arranque cuando el operador abandona la cabina.

#### **8) El asiento con suspensión totalmente ajustable.**

Incluye una importante gama de características de comodidad, que incluye ajustes de peso y de altura hacia delante y hacia atrás así como un cinturón de seguridad retráctil.

**Ver figura N° 5: De acuerdo con el tesista, la imagen es referencial.**

#### **3.1.4.3. FACILIDAD DE SERVICIO.**

El servicio simplificado y las características del mantenimiento ayudan ahorrar tiempo y dinero.

- **El mantenimiento más fácil y más rápido** significa un mayor tiempo de operación y una mejor recuperación de su inversión.

- **Más puntos de servicio a nivel de terreno** para el separador de agua-combustible, la batería, el nivel del fluido de radiador, el nivel del fluido del lavador de ventanas y el filtro del sistema piloto.

- **Los puntos de ubicación del filtro así como los filtros mejorados** hacen que el mantenimiento sean más fácil.

- El filtro de la capsula hidráulica ha sido movido al tanque hidráulico exterior. El nuevo diseño evita los derrames y la contaminación durante el recambio. Un indicador en la cabina señala cuando el filtro necesita ser reemplazado, con lo cual se prolonga la vida de servicio del filtro.

- El filtro de aire de sello radial tiene un núcleo filtrante de capas dobles superpuestas para una mejor filtración. No se requieren herramientas para efectuar el cambio. Se mantiene informado al operador en cuanto a obstrucciones del filtro.

- El filtro de aceite del motor está montado en el lado de la cabina, en el compartimiento del motor, para un acceso más fácil durante el cambio del filtro. Para impedir el derrame de aceite durante el cambio, la abertura del filtro está colocada hacia arriba.

- El filtro del sistema hidráulico piloto mantiene los contaminantes alejados de dicho sistema. Este sistema incluye un orificio para el Análisis Programado de Aceite que permite simplificar el muestreo.

- El filtro de motor de desplazamiento y de la rotación elimina los contaminantes, impidiéndoles regresar al tanque.

**Los mejores en el diseño y en el esquema de distribución facilitan el uso del equipo.**

- Los agujeros del extractor de pasador de la articulación delantera favorecen un desmontaje más fácil de la misma.

- El pasador maestro de la cadena retenido por una chaveta de horquilla, simplifica el montaje y desmontaje.

- El diseño del bastidor de rodillos reduce la acumulación de tierra para una limpieza más fácil.

**Las características de la máquina, mejoradas ecológicamente, resuelven problemas del medio ambiente y protegen el futuro.**

-La válvula de cierre del tanque hidráulico, optativa, reduce los derrames hidráulicos durante el servicio de reparación.

**El separador de agua elimina el agua del combustible** aun cuando esté bajo presión y se encuentra situado en el compartimiento del radiador.

**El bloque de engrase remoto** en la pluma y dos puntos de engrase para el cojinete de la rotación distribuyen la grasa hasta las localizaciones más difíciles de alcanza

**El control electrónico del mecanismo de mando** cuenta con posibilidades de diagnóstico para uso del distribuidor CAT.

-Los técnicos de servicio del distribuidor pueden diagnosticar y ajustar los componentes de la máquina de una manera fácil y rápida, maximizando el tiempo de operación.

#### **3.1.4.4. SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO.**

El sistema de control electrónico gobierna el motor y la hidráulica para lograr un rendimiento máximo.

**El sistema de control electrónico del mecanismo de mando** controla la hidráulica de avanzada y el funcionamiento del motor para lograr una productividad máxima, aumentar la eficiencia del combustible y bajar los niveles de emisión de gases y de ruido.

**El control automático de la velocidad del motor reduce la velocidad del motor** a 1300 rpm durante las aplicaciones de carga ligera o sin carga. El botón en la palanca de control de la derecha engancha la función de velocidad baja en vacío, reduciendo la velocidad del motor a 1020 rpm. Al presionar el botón otra vez, éste devuelve el motor a la regulación inmediata anterior.

**El control electrónico de velocidad insuficiente del motor equilibra** el motor y la salida hidráulica para lograr el máximo rendimiento y de eficiencia del combustible.

- Este ajusta la salida de la bomba hidráulica para mantener las rpm del motor en la gama óptima.

- El 100% de la potencia del motor queda disponible para el sistema hidráulico.

**El tablero de control del operador permite optimizar el funcionamiento** en todas las aplicaciones. La pantalla de cristal líquido, de iluminación posterior de alto contraste, incluye:

**1) El selector de modalidad de potencia cambia la potencia** y la velocidad del motor al tacto de un botón.

- **La modalidad económica** ajusta la potencia del motor en un 90% y se utiliza durante todas las operaciones normales y utilitarias para reducir el consumo del combustible y el nivel de ruido.

- **La modalidad de potencia máxima** ajusta la potencia del motor al 100% para la carga de camiones de alta producción, la excavación de zanjas y el desplazamiento de alta velocidad.

**El selector de la modalidad de trabajo combina las características hidráulicas con la aplicación.**

**2) La modalidad de prioridad de la pluma** la prioridad de flujo de flujo a la pluma para la excavación de zanjas profundas y de carga de camiones, donde hay un movimiento significativo de la pluma con relación a la rotación.

**3) La modalidad de prioridad de la rotación** la prioridad de flujo de la rotación y resulta especialmente

adecuada para la excavación de paredes laterales.

**4) La modalidad de control preciso** optimiza la salida de la bomba hidráulica para aplicaciones tales como el acabado de taludes o los trabajos de levantamiento de precisión que requieren un control más preciso y uniforme.

**5) La modalidad de usuario** permite al operador escoger entre tres submodalidades.

- **La modalidad de apisonamiento** ajusta la velocidad de la pluma y obliga a mantener el movimiento de la maquina al mínimo cuando se está compactando material con el cucharón.

- **La modalidad de martillo** permite ajustes al flujo de la bomba y a la presión hidráulica para perfeccionar la eficacia del martillo.

- **La modalidad de cliente** permite una combinación de los atributos de funcionamiento del sistema hidráulico para ser seleccionados, registrados en memoria y vueltos a llamar para un uso posterior.

**El sistema monitor de la maquina** utiliza una sucesión de indicadores, lámparas de acción y alarmas para informar al operador sobre las condiciones de funcionamiento de la máquina.

**La modalidad de servicio del control electrónico del mecanismo de mando** entrega un diagnóstico rápido y detallado de las condiciones de la máquina con lo cual se mejora el tiempo de operación.

#### **3.1.4.5. SISTEMA HIDRÁULICO.**

La hidráulica Caterpillar entrega potencia y control para mantener el movimiento del material en gran volumen.

**La capacidad de respuesta de control, aumentada dramáticamente,** facilita la operación y mejora los tiempos de ciclo.

- Movimiento de los controles mejor adaptados a la acción hidráulica para mejorar el desempeño del operador.

- Una mejor amortiguación de la rotación limita el corrimiento y mejora el posicionamiento de la maquina durante las aplicaciones de acabado y levantamiento, con lo cual se reduce la fatiga del operador.

**Un aumento del nueve por ciento en presión hidráulica máxima,** aumenta las fuerzas de la pluma, del brazo y del cucharón, un promedio de un diez por ciento más en la capacidad de levantamiento sobre la parte delantera y una gama más amplia del material que se trabaja.

El sistema de detección hidráulica reciproca mejora la productividad con velocidades del implemento más rápidas y giros de pivote más fuertes y rápidos.

- Es posible entregar el 100 por ciento de la potencia del motor como potencia hidráulica.

- Toda la potencia a un solo motor para giros más rápidos y fuertes.

Potencia equilibrada a las dos bombas para el desplazamiento en línea recta.

#### **El circuito regenerativo de la pluma.**

Distribuye el aceite en la parte inferior de la pluma. Esto permite que las bombas tengan toda la presión y el flujo disponibles para otros circuitos.

**El control preciso de la rotación, optativo,** amortigua el arranque y la parada de la rotación para mejorar el control del implemento.

**El flujo de la bomba** disminuye cuando los controles están en neutral, para así reducir el ruido y el consumo de combustible.

**La válvula del Análisis Programado de Aceite** permite reducir el tiempo de mantenimiento y muestreo, acelerando el regreso de la máquina a la producción.

**La válvula hidráulica auxiliares** estándar en la 320 CL para su utilización en circuitos hidráulicos optativos.

**Las empaquetaduras de fricción del cilindro hidráulico** en el extremo de varilla de los cilindros de la pluma y en ambos extremos de los cilindros del brazo amortiguan los choques, reducir el ruido y prolongan la vida útil del cilindro.

**La manguera XT de CAT y los acoplamientos reutilizables** satisfacen las demandas críticas de fortaleza y flexibilidad de la 320 CL.

- Los acoplamientos con sello anular proporcionan un sellado positivo que se traduce en conexiones más confiables y libres de fugas.

**El tanque hidráulico está situado muy próximo a las bombas** para así asegurar un aumento en la eficiencia hidráulica mediante una disminución de las pérdidas en las tuberías.

#### **3.1.4.6. MOTOR CATERPILLAR 3066 T.**

El motor turboalimentado de seis cilindros está construido para proporcionar potencia, confiabilidad, economía y bajas emisiones. Este motor incluye varias características de diseño que perfeccionan el rendimiento, eficiencia y la confiabilidad.

#### **3.1.4.7 ESTRUCTURAS.**

Los componentes estructurales de la 320 CL son la espina dorsal de la durabilidad de la máquina.

**1) El diseño avanzado del bastidor inferior** es resistente aun en las aplicaciones más rigurosas.

- El bastidor inferior en forma de “X” modificada y de sección cuadrada, proporciona una excelente resistencia a la flexión torsional.

- Los esfuerzos y el peso de la estructura superior se distribuyen uniformemente a través de toda la longitud del bastidor de los rodillos de cadena.

- Las transiciones suaves y las soldaduras largas reducen los esfuerzos en las uniones del bastidor de rodillos con el bastidor inferior para una excelente durabilidad.

- La soldadura robotizada ayuda a asegurar soldaduras consistentes, de alta calidad, a través de todo el proceso de manufactura.

**Los bastidores de rodillos de cadena, soldados por robot**, son unidades pentagonales, moldeadas por prensa, para proporcionar una excepcional fortaleza y vida útil.

**2) El robusto bastidor principal** está diseñado para máxima durabilidad y uso eficiente de los materiales.

- El bastidor exterior utiliza rieles laterales curvados, troquelados, para una excelente uniformidad y fortaleza en toda su longitud.

- Los hierros en “U” de sección en caja mejoran la rigidez del bastidor superior debajo de la cabina.

- Los hierros en “U” invertidos extienden el ancho del bastidor principal y están conformados, en vez de soldados, para una fortaleza superior y menor peso.

- La torre de la pluma y los rieles principales están contruidos de placas de acero sólido, altamente



resistentes a la tracción.

-Las áreas del pie de la pluma y del montaje del motor están reforzadas para proporcionar fortaleza adicional.

-La plancha de metal que sostiene la estructura ha sido mejorada mediante la incorporación del montaje dentro de la estructura del bastidor superior.

**Ver fig. N°6 : De acuerdo, la figura es referencial.**

#### **3.1.4.8. TREN DE RODAJE.**

El tren de rodaje de la excavadora, diseñado por CAT, es estable, duradero y requiere poco mantenimiento.

Los nuevos bastidores de rodillos de la cadena son más lisos y fáciles de limpiar.

El duradero tren de rodaje absorbe los esfuerzos y proporciona una estabilidad excelente.

**El uso de soldadura de precisión robotizada** ayuda a asegurar soldaduras de calidad. Estas soldaduras aumentan la rigidez, reducen los esfuerzos internos y perfeccionan la durabilidad del chasis y de los bastidores de rodillos de cadena.

**Diseño de chasis reforzado, en forma de "X".** Los componentes del tren de rodaje CAT están sobredimensionados a propósito, para ofrecer durabilidad y buen funcionamiento en el servicio pesado.

**Los eslabones de cadena, con refuerzo central, son sellados** para una vida útil más prolongada. Los rodillos de cadena, los portarodillos y las ruedas guías son también de lubricación sellada para asegurar una excelente vida útil.

**Los motores de desplazamiento, de dos velocidades y cambios más suaves,** ofrecen un aumento en la velocidad de desplazamiento máximo y mucha tracción en las pendientes o los giros.

**Dos selecciones de tren de rodaje:**

- **El tren de rodaje estándar (STD)** está bien preparado para aplicaciones que requieren reposicionar la maquina con frecuencia, tienen limitado espacio para trabajar o se realizan sobre un terreno rocoso o irregular.
- **El tren de rodaje largo (L)** maximiza la estabilidad y la capacidad de levantamiento. El tren de rodaje ancho, largo y robusto ofrece una plataforma de trabajo muy estable.
- **El diseño más pronunciado del bastidor de rodillos** y la eliminación de una saliente en la unión del bastidor inferior y el bastidor de rodillos reduce la aglomeración del material y facilita el trabajo de excavación.
- **Los protectores estándar de la rueda guía y las guías centrales de la cadena** mantienen la alineación de la misma. También hay disponibles guardas guías de la rueda motriz, optativas, así como protectores de guía de la cadena en toda su longitud para una protección adicional en las laderas pronunciadas.

#### **3.1.4.9. PLUMAS BRAZOS Y ACCESORIOS.**

La 320 CL tiene flexibilidad por diseño, para ayudarle a alcanzar eficiencia y mayor producción.

La pluma de alcance tiene una curva de excavación más grande mientras que la pluma de gran volumen permite una mayor utilización del cucharón con fuerza de excavación más elevada.

**1) Las plumas y brazos de las excavadoras Caterpillar** están contruidos para proporcionar rendimiento y larga vida útil.

- Estructuras grandes, soldadas, de sección en caja, con gruesos refuerzos de placas múltiples colocadas en las áreas de mayor esfuerzo.

- El tipo de construcción permite que las estructuras se flexionen disipen los esfuerzos.

**La pluma de alcance de 8.60m**, tiene un diseño óptimo que aumenta al máximo el arco de excavación. Su brazo utiliza los cucharones de mayor volumen y es apropiado para aplicaciones de zanjeo y excavación.

**La pluma de excavación de gran volumen de 7.24 m** aumenta al máximo la producción. Ofrece fuerzas de excavación mucho más altas para permitir el uso de cucharones más grande.

- El brazo permite mayor arco de trabajo con la pluma de excavación de gran volumen.

**2) Los paragolpes Caterpillar de protección contra impactos laterales (optativos)** ayudan a proteger las maquinas contra daños, reduciendo el tiempo de reparación y mantenimiento. La goma está adherida a placas de acero de alta fortaleza y empernada al bastidor superior.

#### **3.1.4.10. CUCHARONES.**

Una más amplia variedad de tipos de cucharón, agresivos diseños de cucharón y opciones de cucharones más grandes permiten tomar ventajas de las fuerzas de excavación más elevada de la 320 CL para mejorar la productividad.

El aumento en la cantidad de tipos de cucharón disponibles le ayuda a optimizar el funcionamiento de la máquina.

**Los cucharones Caterpillar proporcionan un aumento de vida útil con costos de reparación reducidos.**

Todos los cucharones excepto los de limpieza de zanjas presentan las siguientes características:

- El diseño de radio doble aumenta el espacio libre del talón y reduce el desgaste.

- Soldadura robotiza del montaje abisagrado (Cat y Balderson) y de otras áreas (Cat solamente) para una mayor penetración de la soldadura y una vida útil prolongada.

- Acero templado de alta resistencia en las áreas de alto desgaste.

**1) Cucharones de servicio pesado (HD)** para la excavación en materiales abrasivos de moderados a duros.

Las diferencias en cuanto a los cucharones GP son los siguientes:

- Las herramientas de corte más grandes, las cuchillas más gruesas así como las placas de desgaste laterales y del fondo más gruesas mejoran el rendimiento en las aplicaciones que así lo demandan.

**Los cucharones de uso general (GP)** (de Balderson) son los mejores para la excavación en terrenos entre blandos y duros con materiales abrasivos de bajos a moderados.

**2) Los cucharones para rocas (HDR), de servicio pesado**, son los que mejor trabajan cuando se excava en terrenos congelados, roca fragmentada, caliche y materiales altamente abrasivos. Las diferencias con respecto a los cucharones HD son las siguientes:

- Las placas de desgaste adicionales, más gruesas, se extienden más allá de las placas laterales para proporcionar protección contra las abolladuras traseras y de las esquinas así como una mayor durabilidad.

- Las placas laterales más grandes proporcionan protección adicional contra las abolladuras.
- Los protectores de la barra lateral disminuyen el desgaste de la misma.

**3) Los cucharones de desgarramiento de rocas (RR) de servicio pesado** (la familia C solamente) excavan en la roca dura y trabajan en áreas donde el material está virgen o insuficientemente preparado. Las diferencias con respecto a los cucharones HDR son las siguientes:

- El diseño de dientes escalonados permite la penetración de una o dos puntas para una fuerza de desprendimiento más elevada y para mantener el fondo de la zanja plano.
- Placas de desgaste laterales y cuchilla más gruesa, y herramientas de corte grandes significan vida útil adicional.

**4) Los cucharones de limpieza de zanjas (DC)** (de Balderson) son cucharones anchos y de poca profundidad para la formación de bancos de material, limpieza y acabados de zanja.

**El acoplador mecánico rápido** acelera los cambios de accesorio.

- El mecanismo accionadores sellado, lubricado y cuenta con superficies de desgaste de acero termotratado, de alta resistencia para su utilización en aplicaciones severas.
- El acoplador rápido permite que los cucharones y accesorios para las excavadora 320 hasta la 330 sean intercambiables.

**Ver fig. Excavadora CAT 320 CL (de acuerdo, la figura es referencial)**

### **3.2. MÉTODOS.**

#### **3.2.1. MÉTODO DE TRABAJO DE LA EXCAVADORA CAT 320 CL.**

Actualmente el dren principal (DREN 1000) requiere trabajos de mantenimiento tanto en la caja hidráulica (fondo y taludes).

En general esta dren presenta sedimentación y un porcentaje de materia orgánica constituido principalmente por hinea y totora (*Typhe spp*), lo cual lógicamente disminuye la capacidad de conducción, impidiendo el normal flujo y evacuación de los excesos de agua proveniente de la esorrentía superficial, que a través del dren principal (Dren 1000) son conducidos hacia el mar.

Para la limpieza de este dren principal se evaluó 01 excavadora Caterpillar 320 CL, cuya labor consistió en la excavación de material que se encuentra dentro de la caja del dren.

La metodología, consistió en una serie de actividades referidas a la durabilidad de los trabajos para garantizar la operación del dren abierto 1000 a parte de los trabajos topográficos, licencia social, elaboración del expediente técnico, que fueron realizados por la empresa COPEMA (Comité de Operación y Mantenimiento) perteneciente a la Junta de Usuarios del Distrito de Riego del Valle Chancay-Lambayeque, se puso énfasis en la ejecución de la obra, donde se estudio las diferentes operaciones mecanizadas de la excavadora CAT 320 CL, su rendimiento horario, así como los costos horarios y otros.

**Desbroce mecánico.** Se utilizo la excavadora CAT 320 CL de 138 HP.

El trabajo se inicio eliminando los tallos con su correspondiente raíz, donde se dio la debida importancia a la plantilla del dren dejando los escombros a un costado del camino de acceso o de servicio existente teniendo en cuenta no interrumpir el ingreso de unidades móviles por estos caminos.

**Estado en que se encontró el Dren 1000 antes de ejecutar los trabajos de limpieza (De acuerdo, la figura es referencial).-**

Excavadora CAT 320 CL realizando la labor de desbroce y limpieza – Dren 1000 (De acuerdo, la figura es referencial).

Excavadora CAT 320 CL dejando los escombros a un lado del dren (De acuerdo, la figura es referencial).

Labor de descarga de escombros excavadora CAT 320 CL – Dren 1000 (De acuerdo, la figura es referencial).

Excavadora CAT 320 CL girando a posición de excavación – Dren 1000 (De acuerdo, la figura es referencial).

**Descolmatación mecánico.** Es una actividad complementaria a la anterior, en esta labor se efectuó el refine de la pendiente y sección transversal del dren. El avance de la excavadora era paralelo al eje del dren y el ángulo de giro de la pluma varió entre 45° a 180°.

Labor de refinado de taludes excavadora CAT 320 CL DREN-1000 (De acuerdo, la figura es referencial).

Labor de excavación Excavadora CAT 320 CL – Dren 1000 (De acuerdo, la figura es referencial).

Labor de refinado de taludes y fondo excavadora CAT 320 CL – Dren 1000 (De acuerdo, la figura es referencial).

Excavadoras CAT 320 CL realizando labores de excavación en ambos lados – Dren 1000 (De acuerdo, la figura es referencial).

Labor de excavación a brazo extendido excavadora CAT 320 CL – Dren 1000 (De acuerdo, la figura es referencial).

### **3.2.2. EFECTOS QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA 320 CL.**

El rendimiento de la excavadora está afectado por diferentes efectos:

- a. Efecto de profundidad del banco.
- b. Efecto del ángulo de oscilación.
- c. Efecto de las condiciones de obra.
- d. Efecto de las condiciones de administración.
- e. Eficiencia del operador.
- f. El tiempo total de un ciclo.

Así mismo se estudio cada uno de los diferentes efectos en el rendimiento de la excavadora.

#### **A) Efecto de la profundidad del banco en el rendimiento.**

Se pudo observar que cuando la profundidad real del banco de excavación es demasiado pequeña era imposible llenar el cucharón en una sola pasada.

Se le orientó al operador para que efectúe varias pasadas para llenar el cucharón lo que aumento el tiempo por ciclo y también se le dijo que parcialmente llenara el cucharón en cada ciclo, llegándose a determinar que ambos casos el efecto era una reducción en el rendimiento de la retroexcavadora.

### **ANALISIS CRITICO DEL ITEM: 3.2.2 EFECTOS QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA 320 CL.**

*En el punto a) Efecto de la profundidad del banco en el rendimiento, se explica que el rendimiento de la excavadora 320 CL disminuye en función a la pequeña profundidad del banco; sin embargo se menciona otro tipo de maquinaria (retroexcavadora), es de suponer que existe un error de escritura o tal vez el autor quiere hacer una comparación de ambas máquinas: (Excavadoras vs Retroexcavadoras)*

Para el estudio se tuvo en cuenta la profundidad óptima de corte (P. O. C) que varía con la clase de material y con el tamaño del cucharón.

$$\text{prof. óptima de corte} = \frac{\text{profundidad real del corte}}{\text{prof. óptima para el material y cucharón}} \times 100$$

$$P. O. C = \frac{P. R. C}{P. O. M. C} \times 100$$

#### **B) Efecto del ángulo de oscilación en el rendimiento de la excavadora cat 320 cl.**

El ángulo de oscilación es el ángulo horizontal expresado en grados entre la posición del cucharón al momento de excavar y su posición cuando está descargando.

Se incrementó el ángulo de oscilación y aumento el tiempo. Para efectuar un ciclo mientras que cuando se disminuyó el ángulo de oscilación, disminuyó el tiempo que se requiere efectuar un ciclo.

#### **C) Efecto de las condiciones de obra.**

La topografía del terreno natural fue uniforme y esto permitió que la profundidad de corte sea siempre la óptima.

Los caminos no estaban afectados por las condiciones climáticas caso contrario las lluvias hubieran podido detener las operaciones por varios días.

La excavadora operó en un banco grande con un piso firme, y bien drenado.

Las condiciones de obra se clasificaron como excelentes, buenas, medianas y malas haciendo salvedad que no existe ninguna norma que pueda emplearse como una guía en la clasificación de las obras. Se usó el buen juicio y la experiencia.

#### **D) Efectos de las condiciones de administración en el rendimiento de la excavadora.**

Tuvo que ver mucho con la actitud del operador de la excavadora al fijar las condiciones bajo las cuales debería operar la excavadora.

Por ser esta unidad relativamente nueva, no hubo problemas de reparación, ni desgastes de piezas, solamente se engrasaba y se lubricaba la excavadora con frecuencia.

Las condiciones de obra se clasificaron también teniendo en cuenta el buen criterio y la experiencia en excelentes, buenas medianas y malas.

#### **E) La eficiencia del operador.**

En el campo se observó que el operador trabajaba de 50-55 minutos por cada hora (60 minutos) es decir:

$$\frac{50}{60} = 0.83$$

**F) El tiempo total en un ciclo (T)** expresado en minutos comprende:

$t_{excavacion} = t_{ex}$  (en minutos).

$t_{oscilación}$  hasta la posición de descarga =  $t_{os}$  (en minutos).

$t_{descarga} = t_d$  (en minutos).

$t_{regreso}$  hasta la posición excavar =  $t_r$  (en minutos).

$t_x =$  tiempos perdidos (en minutos).

Luego el:  $T = t_{ex} + t_{os} + t_d + t_r + t_x$

Además de los efectos en el rendimiento de la excavadora cat 320 cl se realizan estudios de campo teniendo en cuenta la clase de material, tamaño de la maquina que esta indicado por el tamaño del cucharón expresado en  $yd^3$  o  $m^3$ .

**Fuente:** La eficiencia del operador se obtuvo del:  
Manual de Movimiento de Tierras de Herbert L. Nichols.

### 3.2.3 METODOLOGÍA PARA CALCULAR LA VELOCIDAD DE EXCAVACIÓN ( $V_z$ ) DE LA EXCAVADORA CAT 320 CL.

Fue la siguiente:

1. Se midió la sección transversal del dren (ancho y profundidad de excavación).
2. Se midió el tiempo total en un ciclo (T) en minutos y con la eficiencia de 50 minutos en una hora se calculo el n° de ciclos/hr.
3. Teniendo en cuenta el material a excavar así como el porcentaje de abundamiento o esponjamiento (%Sw). Se calculo el factor volumétrico de conversión o simplemente el factor de abundamiento ( $f$ ).

$$f \text{ o } F.V.C = \frac{100\%}{100\% + \% SW}$$

4. Se calculó el volumen promedio que saca el cucharón (en banco).

$$C = \frac{1}{1 + S_w} (C') \quad C = \text{capacidad neta o en banco.}$$

$C' =$  capacidad suelta.

$\%S_w$  = % de esponjamiento expresado en decimal.

$$f_{eficC} = \frac{1}{1+S_w} = \text{factor de eficiencia del cucharón, expresándose como un}$$

factor la eficiencia del cucharón por la capacidad media ( $C'$ ) del cucharón:

$$C = \left( \frac{1}{1+S_w} \right) (C')$$

Es decir con esta fórmula nos permite calcular lo que saca el cucharón (en banco) como promedio únicamente de su capacidad en material suelto ( $C'$ ).

5. Se procedió a multiplicar:

Factor de abundamiento ( $f$ ) x factor de eficiencia del cucharón ( $f_{eficC}$ ) x capacidad media del cucharón, obteniéndose el volumen del cucharón en banco por ciclo.

Es decir:

$$f \times f_{eficC} \times C' = C$$

6. Multiplicando el N° de ciclos por hora por el volumen de carga en banco del cucharón por ciclo. Se obtiene la producción horaria o rendimiento horario ( $R$ ).

7. Teniendo en cuenta la producción horaria y el volumen que se extrae por unidad de longitud de excavación. Se obtiene la velocidad de excavación de la zanja ( $V_z$ ):

$$V_z = \frac{R \left( \frac{\text{volumen}}{\text{hora}} \right)}{\frac{\text{volumen}}{\text{longitud}}} = \text{longitud/hora}$$

### 3.2.4. METODOLOGIA PARA CALCULAR LA PRODUCCION HORARIA O RENDIMIENTO (R).

El rendimiento horario debe estar basado en el volumen medido en el banco

como expresa el ítem 6 para calcular la velocidad de excavación de la excavadora.

### 3.3. PROCESO EN LA DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LA MAQUINARIA.

#### 3.3.1. COSTOS FIJOS O DE PROPIEDAD.

En este rubro corresponde a todos aquellos gastos por unidad de tiempo y que no tienen relación directa con el volumen, magnitud o el tipo de trabajo que se ejecuta.

Los costos fijos o de propiedad están compuestos por cuatro sumandos fundamentales:

- A. Depreciación (D).
- B. Interés del capital invertido (I).
- C. Seguros (S).
- D. Albergue (A).

**A) Depreciación (D):** Cuando un contratista compra una unidad de equipo a buen precio, no gasta la cantidad que paga, la invierte. Cambia dinero por algo de igual valor.

Es un hecho innegable que una maquina al trabajar se desgasta y por consiguiente, se devalúa pronto como esta se entrega debido a disminuir tan pronto como ésta se entrega debido la uso, a la meteorización y al transcurrir del tiempo.

A esta declinación del valor que nos representa el verdadero gasto del dinero invertido le llamamos Depreciación.

La depreciación horaria es la depreciación anual dividida entre el número de horas que se trabaje el equipo (vida útil).

La fórmula a usarse:

$$D = \frac{V_a - R}{V_u}$$

Donde:

D = depreciación horaria del equipo.

$V_a$  = valor de adquisición del equipo.

R = valor de reventa estimado.

$V_u$  = vida útil en horas.

**Cálculo del valor de reventa (R):** se puede estimar entre el (5 - 30%) de su valor de adquisición ( $V_a$ ) o del valor de un equipo nuevo.

$$R = (5 - 30\%)V_a$$



**B) Interés del capital invertido (I):** Las maquinas se gastan y deberán ser reemplazadas para lo cual se necesita dinero y éste deberá de ser proporcionado por máquinas a medida que trabajen. De otro modo, el capital invertido en ellas se consume y destruye.

Para comprar una maquinaria se adquiere los recursos económicos de los bancos, pagando por ellos los intereses correspondientes o pueden darse el caso que el comprador disponga de los fondos suficientes de capital propio para realizar.

La inversión directamente esperada que la máquina reditúe en proporción con la inversión realizada. En ambos casos debe cargarse los intereses correspondientes al capital invertido en la maquinaria.

La formula a usarse será:

$$I = \frac{\frac{N + 1}{2(N)} \times NV_i}{V_u}$$

Donde:

I = interés horario sobre la inversión.

N = vida útil en años.

$V_u$  = vida útil em horas.

V = Valor de adquisición del equipo cuando la compra se efectúe en la casa distribuidora más cercana a la zona de destino.

Será el valor capital invertido de fabrica ( $V_{ciF}$ ) es decir el precio de la maquinaria importada de la fabrica al puerto de destino (callao), cuando se disponga de un capital (préstamo al banco o un capital propio.

Se le considera un valor en moneda nacional ( $V_{mn}$ ) cuando se disponga en un capital (préstamo o propio) con la única finalidad de cubrir los gastos de derecho de importación, desanuaje, transporte, aduana, almacén, I.G.V, de interés nacional.

I = tasa de interés anual vigente para el tipo de moneda a utilizar (nacional y extranjera).

Haciendo un reacomodo en la formula original considerando:

$$Q = \frac{\frac{N + 1}{2(N)} \times N}{V_u}$$

Por la condición de sus variables, podremos obtener mediante la tabla N° 01 para obtener los valores de "Q" en la formula original tenemos.

$$I = QV_i$$

Teniendo en consideración el concepto dado para “V” concluimos tres formas de usar el interés:

$I_1 = Q V_{ci} F_i$  = en importar la maquinaria.

$I_2 = Q V_{mni}$  = en pagos de derecho nacional.

Por lo tanto  $I_1$  y  $I_2$  se deberán sumarse siempre y cuando sea con capital propio o prestado, para importar una maquinaria o para pagar derechos nacionales. Cuando se desee hacer la compra con dinero propio o prestado en el distribuidor nacional más cercano se empleará la siguiente:

$$I_3 = QV_i$$

Directamente este interés, ya que la casa distribuidora se encargara de hacernos llegar el precio de la maquinaria con todos los incrementos de pago.

**Tabla N° 01. Valores del factor “Q”**

$$Q = \frac{\frac{N + 1}{2(N)} \times N}{V_u}$$

| Vida útil en años<br>(N) | Vida útil en horas<br>(V <sub>u</sub> ) | Factor Q  |
|--------------------------|---|-----------|
| 2                        | 3,000                                   | 0.0005000 |
| 2                        | 4,000                                   | 0.0003750 |
| 3                        | 3,000                                   | 0.0006667 |
| 4                        | 8,000                                   | 0.0003125 |
| 5                        | 10,000                                  | 0.0003000 |
| 6                        | 6,900                                   | 0.0005072 |
| 6                        | 12,000                                  | 0.0002916 |
| 7                        | 8,000                                   | 0.0005000 |
| 7.5                      | 15,000                                  | 0.0002833 |
| 8                        | 16,000                                  | 0.0002500 |
| 9                        | 12,500                                  | 0.0004000 |
| 10                       | 20,000                                  | 0.0002750 |
| 10                       | 15,000                                  | 0.0003667 |

**C) Seguros (S):** Las primas de seguro varían de acuerdo al tipo de maquinaria y a los riesgos que deben cubrir durante una vida económica. Los seguros cubren las pérdidas o daños directos ocasionados en la

maquinaria o equipo en forma súbita e imprevista, por cualquier causa externa como: incendio o rayo, colisión, volcamiento, hundimiento de terreno, deslizamiento de tierra, descarrilamiento.

La fórmula a usarse será:

$$S = \left[ \frac{V_a \times e}{100} \right] \times Q$$

Donde:

S = costo horario de trabajo por seguro.

V<sub>a</sub> = valor de adquisición del equipo.

e = tasa de seguro en porcentaje anual.

Q = factor de la tabla N° 01.

**D) Albergue (A):** Llamada también como cubierta. Para una construcción cerrada dedicada al almacenaje de maquinaria con plena garantía.

El costo del albergue anual de la maquina será el 0.5 – 1% de su precio de adquisición y para maquinas que se albergan de manera poco costosa en una estructura como para albergue de animales se usará como máximo el 0.2% del precios de adquisición de la maquinaria.

La fórmula a usarse será:

$$A = 0.2\% \frac{V_a}{uso\ anual\ (Hrs)}$$

Donde:

A = costo horario por albergue.

V<sub>a</sub> = valor de adquisición del equipo.

### 3.3.2. COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN.

Son aquellos gastos originados por el funcionamiento y por los requerimientos necesarios para mantenerlos operativos a dichos equipos o maquinarias.

Los factores a considerar en los gastos de operación de una maquinaria implican las siguientes variables:

### 1) Combustible (petróleo) (C):

El consumo de combustible por hora, depende fundamental de la potencia media, tipo y condición del equipo y el tipo de material.

Este costo por consumo de combustible es un rubro importante dentro del costo total y se debe tener en cuenta que tipo de trabajo que realiza la máquina determina el factor de carga o de operación y esto influye a su vez en un mayor o menor consumo de combustible. Un motor que trabaja a plena carga en forma continua a plena potencia opera con un factor = 1, pero muy rara vez lo mantiene por tiempo considerable.

Reduciendo este factor por recorridos en retroceso, pendiente de terrenos, etc.

El consumo de combustible para equipos pesados quedará determinado mediante la siguiente fórmula:

$$G.P.H = \frac{0.5LB \times HP \text{ al freno} \times F.C}{7.2LB/galon}$$

Donde:

G.P.H = galones por hora.

HP al freno = HP nominal + 15% (HP nominal).

F.C = factor de carga.

**F.C = Para equipos sobre neumáticos (cargador frontal, motoniveladora, retroexcavadoras)**

**a) Material excelente** = 0.25 (tierra suelta, arena, agregados, escoria, relaves, arcilla suelta, etc.).

**b) Material promedio** = 0.30 (tierra con rocas, arena con rocas, agregados con piedras, arcillas con roca rellanas común, etc.).

**c) Material severo** = 0.40 (roca de voladura, bancos para rellenos de cimentación, desmonte de concreto, etc.).

**F.C = Para equipos sobre orugas (excavadoras, tractor de cadenas, etc.)**

**a) Material excelente** = 0.50 (tierra suelta, arena, agregados, escoria, relaves, arcilla suelta, etc.).

**b) Material promedio** = 0.65 (tierra con rocas, arena con rocas, agregados con piedras, arcillas con roca rellanas común, etc.).

**c) Material severo** = 0.75 (roca de voladura, bancos para rellenos de cimentación, desmonte de concreto, etc.).

Para el cálculo del costo de combustible debemos considerar el precio del galón de petróleo (D2) puesto en obra.

La fórmula a usarse será:

$$C = \text{consumo (gal/hr)} \times \text{costo (precio/gal)}$$

## 2) Lubricantes (L):

**2.1. Aceite para motor:** Se entiende por consumo a la cantidad de aceite consumido en el motor.

El consumo varía dependiendo del tipo y la calidad del aceite que se use, intervalo de tiempo entre cada cambio de aceite y hasta cierto grado, también depende de la potencia del motor.

El consumo de aceite para motor quedará determinado mediante la siguiente fórmula:

$$0.000603 \text{ gln/ HP/Hr } \times \text{Potencia del motor}$$

**2.2. Aceite para sistema hidráulico, mando de rotación o motor de giro:** El consumo de aceite para el sistema hidráulico, motor de giro, de todo tipo de maquinaria depende directamente de la capacidad de la caja y en el periodo de tiempo en que se cambia el aceite.

Para calcular el costo horario de lubricantes lo que nos va a permitir realizar un cálculo directo, es logrando tener una estimación aproximada de estos gastos para este caso debemos utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Costo horario de lubricantes} = (Z)(\text{costo del lubricante})$$

Donde:

Z = factor expresado en porcentaje que varía el 2 – 10% y se selecciona el factor pero siempre pero siempre va a ser el consumo mínimo que consume la máquina, va a haber mayor consumo de aceite cuando presenta fugas en las cañerías o cuando la máquina ya paso de su vida útil.

En el cuadro N° 01 se presenta las características, viscosidades del aceite y el N° de horas de cambio de aceite.

**2.3. Grasas (G):** El consumo de grasa para lubricación de equipos pesados se puede estimar según la frecuencia con que se engrase y según las condiciones normales o severas de trabajo.

Para este tipo de maquinaria se está usando el tipo de grasa Litio y Bario ya que son fuertemente resistentes al agua y adecuadas a elevadas temperaturas.

La fórmula a usarse será:

$$\text{Grasa} = \text{consumo}(\text{Kg/Hr}) \times \text{costo}(\text{precio/Kg})$$

**3) Filtros (F):** El costo horario en este rubro se considera el 20% del costo horario de combustible más los lubricantes.

En el cuadro N° 02 se presenta los N° de horas de cambio de filtros haciendo la excepción de que los filtros de aire son cambiados cada 2000 horas y en ciertos casos cuando la situación lo exige dependiendo la zona de trabajo en donde se esté operando la máquina.

La fórmula a usarse será:

$$F = 20\% (\text{combustible} + \text{lubricantes})$$

### Cuadro N° 01

**CARACTERISTICAS Y NÚMERO DE HORAS DE CAMBIO DE ACEITE PARA LA MÁQUINA ESTUDIADA CAT 320 CL.**

| Compartimiento                    | Viscosidad del aceite | Intervalo recomendado de cambio de aceite | Intervalo recomendado de muestreo | Viscosidades de lubricantes para temperaturas ambiente |      |      |      |
|-----------------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------|--|------|------|------|
|                                   |                       |   |                                   | °C   |      | °F   |      |
| motor                             | SAE 15W40             | 250 horas                                 | 250 horas                         | Min.   | Máx. | Min. | Max. |
|                                   |                       |   |                                   | - 9,5  | 50   | 15   | 122  |
| Mando de rotación o motor de giro | SAE 50W               | 1000 horas                                | 500 horas                         | -15  | 50   | 5    | 122  |
| Sistema hidráulico                | SAE 10W               | 2000 horas                                | 500 horas                         | -20  | 40   | -4   | 104  |

|       |        |            |           |     |    |   |     |
|-------|--------|------------|-----------|-----|----|---|-----|
| andos | SAE 50 | 2000 horas | 250 horas | -15 | 50 | 5 | 122 |
| nales |        |            |           |     |    |   |     |

**SAE: SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS DEL AUTOMÓVIL, CLASIFICA A LOS ACEITES POR SU VISCOSIDAD EN SAE.**

- Aceite monogrado: Para invierno y verano (tiene un solo número).
- La viscosidad se establece a temperaturas inferiores a 0°C (SAE 5W, SAE 10W, SAE 15W, SAE 20W, SAE 25W).
- La viscosidad se mide para temperaturas superiores a los 100°C (SAE 20, SAE 30, SAE 40, SAE 50).
- Aceite multigrado (tienen dos números): Operan en un amplio rango de temperatura sin variar su viscosidad, lo cual le permite arrancar en frío (T° inferiores a 0°C) y trabajar en caliente (a 100°C) (SAE 15W40, SAE 20W50).

## Cuadro N° 02

**NÚMERO DE HORAS DE CAMBIOS DE FILTROS PARA LA MAQUINA ESTUDIADA CAT 320 CL**

| DESCRIPCIÓN                             | INTERVALO RECOMENDADO DE CAMBIO DE FILTROS |
|---|--|
| Filtro del sistema de combustible       | 250 horas o mensualmente                   |
| Filtro de aceite del motor              | 250 horas o mensualmente                   |
| Filtro de aceite del sistema hidráulico | 500 horas o cada 3 meses                   |
| Filtro de aire                          | 2000 horas o anualmente                    |

### 4) Gastos por mantenimiento y reparación (mr).

Los gastos de mantenimiento resultan como consecuencia de los originados para realizar la conservación de la maquina en buenas condiciones a fin de que trabaje con un rendimiento normal durante su vida útil. El costo por reparación incluye el valor de la mano de obra de los mecánicos y de los repuestos necesarios para mantener la máquina operativa.

Para mantener las máquinas operativas y en buenas condiciones se deben tener en cuenta los factores que obligan a la máquina a paralizarse por condiciones de trabajo, habilidad del operador, el buen mantenimiento y reparación etc.

Es necesario hacer un mantenimiento preventivo que viene hacer el conjunto de actividades planificadas realizadas en forma ordenada, periódica y continua para prevenir paradas imprevistas de la máquina a lo

cual son la clave para detectar a tiempo problemas, que luego, si no se solucionan pueden causar fallas mayores.

Las tareas de mantenimiento preventivo son:

**1. Tareas de rutina:** Realizadas repetidas veces en forma planificada.

Todas estas labores se encuentran programadas en la cartilla de mantenimiento cuyas tareas deben realizar tanto el operador como el mecánico: Limpieza, lubricación, cambios de aceite, etc.

**2. Tareas de mantenimiento global:** Son aquellas tareas que involucran parcial desmantenimiento del equipo, empleo de herramientas, reemplazo de numerosos componentes.

**3. Overhaul (reconstrucción):** Involucra retiro de equipo, desmantelamiento total del equipo, reemplazo o reconstrucción de muchos componentes, empleo de herramientas y máquinas.

La formula usarse será:

$$MR = \frac{\%MR \times V_a}{V_u}$$

Donde:

MR = costo horario de mantenimiento y reparación.

%MR = 80% para maquinaria de construcción tractores, 70% para tractores del equipo.

V<sub>a</sub> = valor de adquisición del equipo.

V<sub>u</sub> = vida útil en horas.

## 5) Recambio de orugas o cadenas.

Para calcular el costo por hora de las cadenas necesitamos averiguar el precio “correspondiente” y también debemos estimar el periodo de vida en horas del “juego” de cadenas.

Para adquirir cadenas su precio es elevado, y su duración dependerá de la zona en que este trabajando, habilidad del operador, clima, etc.

En la tabla N° 02 se pueden notar la diferencia entre el uso de una maquina de oruga y uno neumático.

**Tabla N° 02. Diferencia entre el uso de una maquina de oruga y una de neumáticos.**

| Orugas                                       | Neumáticos  |
|--|---|
| Mayor tracción( fuerza )                     | No deteriora el pavimento                         |
| En rio se deteriora la oruga                 | Se desestabiliza mas rápido                       |
| Tiene que ser transportado por un camión     | Trabaja mejor en un rio, suelos granulares, dunas |
| Funciona bien en grandes volúmenes de tierra | Con fango patina                                  |



La vida útil de las cadenas u orugas depende mucho de la zona en donde se esté trabajando dicha maquinaria.

Orugas: 5,000 – 8,000 horas para maquinaria de construcción.

La fórmula a usarse será:

$$\text{Orugas} = \frac{\text{precio juego}}{\text{vida util (horas estimadas vida juego)}}$$

**6) Salario del operador (So):** El salario por hora del operador debe incluir todos los pagos que el empleador realiza (seguro, pensiones, etc.). Es importante mencionar que el operador es un factor vital para que la productividad y costos sean óptimos.

**Fuente:** La información de la vida útil de las cadenas u orugas fue proporcionada por la empresa ferreyros S.A.

El operador debe estar calificado no solo en las técnicas de operación también debe realizar las inspecciones diarias del equipo y estar atento a problemas para informar al supervisor.

La formula a usarse será:

$$\text{Costo horario del operador} = \frac{\text{jornal diario}}{\text{N° de horas de trabajo}} + \frac{50\%(\text{leyes sociales})}{100}$$

### 3.3.3 GASTOS GENERALES.

Son aquellos que corresponden a la administración, personal de vigilancia, supervisores, personal de oficina, almacén de repuestos, personal encargado de compras de repuestos, mantenimiento de archivos. Para calcular se puede estimar en un 20% del costo directo (costo horario fijo + costo horario variable).

## ANÁLISIS CRÍTICO DEL CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.

### ÍTEM: 3.1 MATERIALES.

## IV. RESULTADOS.

### 4.1. ESTUDIO DEL TIEMPO DE CICLO.

Para conocer el tiempo de ciclo que realizaba la maquinaria se efectuaron pruebas de campo momento en el cual la máquina realizaba la labor de limpieza del dren.

Para dichos estudios se realizó en diferentes días y con diferentes números de pruebas. Por cada fase que

realizaba la máquina se tomaba el tiempo que empleaba en realizar dicha labor, después se sumaba el tiempo para cada fase para luego dividirlo entre el número de pruebas realizadas en cada fase, obteniéndose así el tiempo promedio.

Para el cuadro N°01 se puede describir el tiempo de ciclo que empleó la máquina a realizar dicha labor para cada fase.

**Tiempo de giro a posición de excavación después de haber vaciado el material a montículo hasta tocar el nivel de agua:**

Se realizó 26 pruebas en el campo en la cual el tiempo fue variable empleando entre 3" – 5" de duración que empleaba la máquina para realizar dicha labor.

**Excavación:**

Se realizó 27 números de pruebas en el campo en la cual el tiempo fue variable empleando entre 4" – 7" de duración que empleaba la máquina para realizar dicha labor.

**Tiempo de giro con cucharón cargado desde que sale del nivel de agua hasta antes de descargar el material al montículo:**

Se realizó 30 números de pruebas en el campo en la cual el tiempo fue variable empleando entre 5" – 7" de duración que empleaba la máquina para realizar dicha labor.

**Tiempo de descarga del material:**

Se realizó 27 números de pruebas en el campo en la cual el tiempo fue variable empleando entre 1" – 2" de duración que empleaba la máquina para realizar dicha labor.

**Tiempo de desplazamiento de la excavadora para cambio de posición para excavar:**

Se realizó 26 números de pruebas en el campo en la cual el tiempo fue variable empleando entre 2" – 6" de duración que empleaba la máquina para realizar dicha labor.

**Tiempo que tarda en sacar el material del dren hasta llevarlo al montículo y volver al dren:**

Se realizó 21 números de pruebas en el campo en la cual el tiempo fue variable empleando entre 18" – 23" de duración que empleaba la máquina para realizar dicha labor.

**Tiempo que tarda en rehabilitar talud repetidamente y refinado:**

Se realizó 19 números de pruebas en el campo en la cual el tiempo fue variable entre 6" - 15" de duración que empleaba la máquina para realizar dicha labor.

**Tiempo que tarda en desparramar el material de la banqueta sacado del dren:**

Se realizó 18 números de pruebas en el campo en la cual el tiempo fue variable empleando entre 15" - 19" de duración que empleaba la máquina para realizar dicha labor.

Para los cuadros N° 02, 03, 04; se puede ver los diferentes números de pruebas realizadas dicha labor para cada fase fue muy similar, descrita en el anterior caso; lo cual fue variable para los diferentes días.

**Cuadro N° 01: Estudio del tiempo de ciclo**

| <b>FASES</b>  | <b>N° PRUEBAS</b> | <b>TIEMPO<br/>PROMEDIO<br/>(sg.)</b> | <b>TAMAÑO<br/>CUCHARON</b> |
|---|-------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Tiempo de giro a posición de excavación después de haber vaciado el material al montículo hasta tocar el nivel del agua | 26                | 4.73"                                | 0.60 m <sup>3</sup>        |
| Excavación  | 27                | 5.03"                                | 0.60 m <sup>3</sup>        |
| Tiempo de giro con cucharón cargado desde que sale del nivel de agua hasta antes de descargar el material al montículo  | 30                | 5.90"                                | 0.60 m <sup>3</sup>        |
| Tiempo de descarga del material   | 27                | 1.14"                                | 0.60 m <sup>3</sup>        |
| Tiempo de desplazamiento de la excavadora para cambio de posición para excavar  | 26                | 3.23"                                | 0.60 m <sup>3</sup>        |
| Tiempo que tarda en sacar el material del dren hasta llevarlo al montículo y volver al dren                             | 21                | 20.47"                               | 0.60 m <sup>3</sup>        |

|  |    |        |                     |
|--|----|--------|---------------------|
| Tiempo que tarda en rehabilitar talud repetidamente y refinado             | 19 | 9.63"  | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo que tarda en desparramar el material de la banqueta sacado del dren | 18 | 21.88" | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Total (segundos)   |    | 72.01" |                     |
| Total (minutos)  |    | 1.20'  |                     |

***Fuente: Elaborado por el responsable del proyecto***

**Cuadro N° 02: Estudio del tiempo de ciclo**

| FASES   | N° PRUEBAS | TIEMPO PROMEDIO (sg.) | TAMAÑO CUCHARON     |
|---|------------|-----------------------|---------------------|
| Tiempo de giro a posición de excavación después de haber vaciado el material al montículo hasta tocar el nivel del agua | 23         | 5.26"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Excavación  | 27         | 4.85"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo de giro con cucharón cargado desde que sale del nivel de agua hasta antes de descargar el material al montículo  | 25         | 6.08"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo de descarga del material   | 18         | 1.00"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo de desplazamiento de la excavadora para cambio de posición para excavar  | 18         | 4.27"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |

|   |    |        |                     |
|---|----|--------|---------------------|
| Tiempo que tarda en sacar el material del dren hasta llevarlo al montículo y volver al dren | 18 | 19.05" | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo que tarda en rehabilitar talud repetidamente y refinado                              | 13 | 17.30" | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo que tarda en desparramar el material de la banqueta sacado del dren                  | 12 | 16.91" | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Total (segundos)  |    | 74.72" |                     |
| Total (minutos)   |    | 1.24'  |                     |

***Fuente: Elaborado por el responsable del proyecto***

**Cuadro N° 03: Estudio del tiempo de ciclo**

| FASES   | N° PRUEBAS | TIEMPO PROMEDIO (sg.) | TAMAÑO CUCHARON     |
|---|------------|-----------------------|---------------------|
| Tiempo de giro a posición de excavación después de haber vaciado el material al montículo hasta tocar el nivel del agua | 23         | 5.13"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Excavación  | 28         | 5.32"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo de giro con cucharón cargado desde que sale del nivel de agua hasta antes de descargar el material al montículo  | 24         | 6.29"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo de descarga del material   | 20         | 1.10"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |

|   |    |        |                     |
|---|----|--------|---------------------|
| Tiempo de desplazamiento de la excavadora para cambio de posición para excavar              | 26 | 4.34"  | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo que tarda en sacar el material del dren hasta llevarlo al montículo y volver al dren | 20 | 20.00" | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo que tarda en rehabilitar talud repetidamente y refinado                              | 20 | 8.80"  | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo que tarda en desparramar el material de la banqueta sacado del dren                  | 19 | 19.73" | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Total (segundos)  |    | 70.71" |                     |
| Total (minutos)   |    | 1.17'  |                     |

***Fuente: Elaborado por el responsable del proyecto***

**Cuadro N° 04: Estudio del tiempo de ciclo**

| FASES   | N° PRUEBAS | TIEMPO PROMEDIO (sg.) | TAMAÑO CUCHARON     |
|---|------------|-----------------------|---------------------|
| Tiempo de giro a posición de excavación después de haber vaciado el material al montículo hasta tocar el nivel del agua | 25         | 5.32"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Excavación  | 26         | 4.92"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo de giro con cucharón cargado desde que sale del nivel de agua hasta  | 24         | 5.70"                 | 0.60 m <sup>3</sup> |

|   |    |        |                     |
|---|----|--------|---------------------|
| antes de descargar el material al montículo   |    |        |                     |
| Tiempo de descarga del material   | 25 | 1.20"  | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo de desplazamiento de la excavadora para cambio de posición para excavar              | 26 | 4.50"  | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo que tarda en sacar el material del dren hasta llevarlo al montículo y volver al dren | 21 | 21.23" | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo que tarda en rehabilitar talud repetidamente y refinado                              | 19 | 13.47" | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Tiempo que tarda en desparramar el material de la banqueta sacado del dren                  | 18 | 19.38" | 0.60 m <sup>3</sup> |
| Total (segundos)  |    | 75.72" |                     |
| Total (minutos)   |    | 1.26'  |                     |

***Fuente: Elaborado por el responsable del proyecto.***

#### **4.2. CALCULO PARA DETERMINAR LA PRODUCCION HORARIA**

Para un % SW = 25 %

- **Volumen suelto (C'):**  
0.75 yd<sup>3</sup>
- **Volumen del material en banco será:**

$$f x f e f i c x C' = C$$

$$C = 0.80 \times 0.80 \times 0.75 \text{ yd}^3 = 0.48 \text{ yd}^3$$

- **Cálculo de la producción horaria:**

$$1 \text{ Ciclo} = 1.20' \text{ ciclo/minuto}$$

$$\frac{1 \text{ ciclo}}{1.20 \text{ minutos}} = 0.83 \text{ ciclo/minuto}$$

$$0.48 \text{ yd}^3 \times 0.83 \text{ ciclo/minuto} = 0.39 \text{ yd}^3/\text{minuto}$$

- **Con una eficiencia al 100% (Teórica):**

$$\frac{0.39 \text{ yd}^3}{\frac{1}{60} \text{ hr}} = 0.39 \text{ yd}^3 \times 60/\text{hr} = 23.40 \text{ yd}^3/\text{hr}$$

P.H. Por día:  $23.4 \text{ yd}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/día} = 187.20 \text{ yd}^3/\text{día}$

$$187.20 \text{ yd}^3/\text{día} \frac{(0.7645 \text{ m}^3)}{\text{yd}^3} = 143.11 \text{ m}^3/\text{día}$$

- **Con una eficiencia de 83% (Efectiva):**

$$\frac{0.39 \text{ yd}^3}{\frac{1}{50} \text{ hr}} = 0.39 \text{ yd}^3 \times 50/\text{hr} = 19.50 \text{ yd}^3/\text{hr}$$

P.H. Por día:  $19.50 \text{ yd}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/día} = 156.00 \text{ yd}^3/\text{día}$

$$156.00 \text{ yd}^3/\text{día} \frac{(0.7645 \text{ m}^3)}{\text{yd}^3} = 119.26 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### **CALCULO PARA DETERMINAR LA PRODUCCION HORARIA**

Para un % SW = 25 %

- **Volumen suelto (C'):**

$$0.75 \text{ yd}^3$$

- **Volumen del material en banco será:**

$$f x f e f i c C x C' = C$$

$$C = 0.80 \times 0.80 \times 0.75 \text{ yd}^3 = 0.48 \text{ yd}^3$$

- **Cálculo de la producción horaria:**

$$1 \text{ Ciclo} = 1.24' \text{ ciclo/minuto}$$



$$\frac{1 \text{ ciclo}}{1.24 \text{ minutos}} = 0.80 \text{ ciclo/minuto}$$

$$0.48 \text{ yd}^3 \times 0.80 \text{ ciclo/minuto} = 0.38 \text{ yd}^3/\text{minuto}$$

- **Con una eficiencia al 100% (Teórica):**

$$\frac{0.38 \text{ yd}^3}{\frac{1}{60} \text{ hr}} = 0.38 \text{ yd}^3 \times 60/\text{hr} = 22.80 \text{ yd}^3/\text{hr}$$

$$\text{P.H. Por día: } 22.80 \text{ yd}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/día} = 182.40 \text{ yd}^3/\text{día}$$

$$182.40 \text{ yd}^3/\text{día} \frac{(0.7645 \text{ m}^3)}{\text{yd}^3} = 139.44 \text{ m}^3/\text{día}$$

- **Con una eficiencia de 83% (Efectiva):**

$$\frac{0.37 \text{ yd}^3}{\frac{1}{50} \text{ hr}} = 0.38 \text{ yd}^3 \times 50/\text{hr} = 19.00 \text{ yd}^3/\text{hr}$$

$$\text{P.H. Por día: } 19.00 \text{ yd}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/día} = 152.00 \text{ yd}^3/\text{día}$$

$$152.00 \text{ yd}^3/\text{día} \frac{(0.7645 \text{ m}^3)}{\text{yd}^3} = 116.20 \text{ m}^3/\text{día}$$

## **CALCULO PARA DETERMINAR LA PRODUCCION HORARIA**

Para un % SW = 25 %

- **Volumen suelto (C'):**

$$0.75 \text{ yd}^3$$

- **Volumen del material en banco será:**

$$f x f e f i c C \times C' = C$$

$$C = 0.80 \times 0.80 \times 0.75 \text{ yd}^3 = 0.48 \text{ yd}^3$$

• **Cálculo de la producción horaria:**

1 Ciclo = 1.17' ciclo/minuto

$$\frac{1 \text{ ciclo}}{1.17 \text{ minutos}} = 0.85 \text{ ciclo/minuto}$$

$$0.48 \text{ yd}^3 \times 0.85 \text{ ciclo/minuto} = 0.40 \text{ yd}^3/\text{minuto}$$

• **Con una eficiencia al 100% (Teórica):**

$$\frac{0.40 \text{ yd}^3}{\frac{1}{60} \text{ hr}} = 0.40 \text{ yd}^3 \times 60/\text{hr} = 24.00 \text{ yd}^3/\text{hr}$$

$$\text{P.H. Por día: } 24.00 \text{ yd}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/día} = 192.00 \text{ yd}^3/\text{día}$$

$$192.00 \text{ yd}^3/\text{día} \frac{(0.7645 \text{ m}^3)}{\text{yd}^3} = 146.78 \text{ m}^3/\text{día}$$

• **Con una eficiencia de 83% (Efectiva):**

$$\frac{0.40 \text{ yd}^3}{\frac{1}{50} \text{ hr}} = 0.40 \text{ yd}^3 \times 50/\text{hr} = 20.00 \text{ yd}^3/\text{hr}$$

$$\text{P.H. Por día: } 20.00 \text{ yd}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/día} = 160.00 \text{ yd}^3/\text{día}$$

$$160.00 \text{ yd}^3/\text{día} \frac{(0.7645 \text{ m}^3)}{\text{yd}^3} = 122.32 \text{ m}^3/\text{día}$$

**CALCULO PARA DETERMINAR LA PRODUCCION HORARIA**

Para un % SW = 25 %

• **Volumen suelto (C'):**

$$0.75 \text{ yd}^3$$

• **Volumen del material en banco será:**

$$f x f e f i c C \times C' = C$$

$$C = 0.80 \times 0.80 \times 0.75 \text{ yd}^3 = 0.48 \text{ yd}^3$$

• **Cálculo de la producción horaria:**

1 Ciclo = 1.26' ciclo/minuto

$$\frac{1 \text{ ciclo}}{1.26 \text{ minutos}} = 0.79 \text{ ciclo/minuto}$$

$$0.48 \text{ yd}^3 \times 0.79 \text{ ciclo/minuto} = 0.37 \text{ yd}^3/\text{minuto}$$

• **Con una eficiencia al 100% (Teórica):**

$$\frac{0.37 \text{ yd}^3}{\frac{1}{60} \text{ hr}} = 0.37 \text{ yd}^3 \times 60/\text{hr} = 22.20 \text{ yd}^3/\text{hr}$$

$$\text{P.H. Por día: } 22.20 \text{ yd}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/día} = 177.60 \text{ yd}^3/\text{día}$$

$$177.60 \text{ yd}^3/\text{día} \frac{(0.7645 \text{ m}^3)}{\text{yd}^3} = 135.77 \text{ m}^3/\text{día}$$

• **Con una eficiencia de 83% (Efectiva):**

$$\frac{0.37 \text{ yd}^3}{\frac{1}{50} \text{ hr}} = 0.37 \text{ yd}^3 \times 50/\text{hr} = 18.50 \text{ yd}^3/\text{hr}$$

$$\text{P.H. Por día: } 18.50 \text{ yd}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/día} = 148.00 \text{ yd}^3/\text{día}$$

$$148.00 \text{ yd}^3/\text{día} \frac{(0.7645 \text{ m}^3)}{\text{yd}^3} = 113.14 \text{ m}^3/\text{día}$$

**ANALISIS CRITICO DEL ITEM: 4.2 CALCULO PARA DETERMINAR LA PRODUCCIÓN HORARIA**

*Con respecto a los cálculos para determinar la producción horaria el autor las determina con las siguientes eficiencias del 100% y 83%; es de suponer que el trabajo real debería ser con una eficiencia del 83%, es decir con una eficiencia de 50 minutos en una hora con una muy buena capacidad de maniobrabilidad del operador, por lo tanto:*

*Se puede sacar un promedio de los cuatro tiempos de ciclo para así calcular la producción horaria, ya que se utiliza un mismo %sw=25%, el mismo volumen de material suelto(C')=0.75yd³ y el mismo volumen de material en banco(C)=0.48yd³, en los cuatro cálculos para determinar la producción horaria.*

*Calculo para determinar la producción horaria propuesta por el evaluador con una eficiencia de 83 %(efectiva)*

*Promedio de los cuatro tiempos de ciclo: 1'21".*

*Calculo de la producción horaria:*

$$\frac{1 \text{ ciclo}}{1.21 \text{ minutos}} = 0.82 \text{ ciclo/minuto}$$

*Se multiplica el volumen de material en banco por el ciclo/minuto*

$$0.48 \text{ yd}^3 \times 0.82 \text{ ciclo/minuto} = 0.39 \text{ yd}^3/\text{minuto}.$$

*Con una eficiencia de 83%(efectiva):*

$$\frac{0.39 \text{ yd}^3}{\frac{1}{50} \text{ hr}} = 0.39 \text{ yd}^3 \times 50 \text{ hr} = 19.5 \text{ yd}^3/\text{hr}.$$

*Calculando la producción diaria:*

$$19.5 \text{ yd}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/día} = 156.0 \text{ yd}^3/\text{día}.$$

$$156.0 \text{ yd}^3/\text{día} \frac{(0.7645 \text{ m}^3)}{\text{yd}^3} = 119.26 \text{ m}^3/\text{día}.$$

## **FORMATO N° 01**

### **DETERMINACION DEL COSTO HORARIO**

#### **CARACTERISTICAS GENERALES**

ENTIDAD: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

EQUIPO N° \_\_\_\_\_ TIPO: \_\_\_\_\_ AÑO: \_\_\_\_\_

MARCA: \_\_\_\_\_ TAMAÑO: \_\_\_\_\_

MODELO: \_\_\_\_\_ SERIE: \_\_\_\_\_ PESO: \_\_\_\_\_

VIDA ÚTIL: \_\_\_\_\_ hrs VIDA ÚTIL \_\_\_\_\_ años USO ANUAL: \_\_\_\_\_

#### **CONDICIONES ECONÓMICAS**

TIPO DE CAMBIO: \_\_\_\_\_ TASA DE INTERÉS (i): \_\_\_\_\_

IGV: \_\_\_\_\_ MONEDA NACIONAL: \_\_\_\_\_

MONEDA EXTRANJERA: \_\_\_\_\_

TASA DE SEGUROS: \_\_\_\_\_ OPERADOR (incluye L.S.): \_\_\_\_\_

#### **PRECIO DE INSUMOS**

COMBUSTIBLES: \_\_\_\_\_ PRECIO: \_\_\_\_\_

LUBRICANTES: \_\_\_\_\_

- ACEITE PARA MOTOR: \_\_\_\_\_ ACEITE PARA TRASMISIÓN: \_\_\_\_\_

- ACEITE CAJA DE CAMBIOS: \_\_\_\_\_ ACEITE SIST. HIDRÁULICO: \_\_\_\_\_

- GRASA: \_\_\_\_\_

- FILTROS: \_\_\_\_\_

(Los precios de lubricantes serán empleados si se requiere efectuar el análisis de costos horarios en forma independiente)

NEUMÁTICOS: \_\_\_\_\_ VIDA ÚTIL: \_\_\_\_\_ hrs

COSTO DE REEMPLAZO: \_\_\_\_\_

#### 4.3 COSTOS HORARIOS DE LA EXCAVADORA CAT 320 CL

##### Costos de la máquina:

*Costo de la maquina (incluye I. G. V)* = \$ 252,280.00

*Costo flete (Lima – Lambayeque)(incluye I. G. V)* = \$ 3,570.00

*Costo total de la maquina(incluye I. G. V)* = \$ 255,850.00

##### Cálculo del valor de reventa (R)

$$R = (5 - 30\%) V_a$$

$$R = \frac{12\% \times 255,850}{100}$$

$$R = 30,702.00 \text{ dólares}$$

#### 4.4. CÁLCULO DE LOS COSTOS HORARIOS FIJOS (C.H.F.)

##### A) Depreciación (D):

$$D = \frac{V_a - R}{V_u}$$

$$D = \frac{255,850.00 - 30,702.00}{20,000.00}$$

$$D = 11.25 \text{ dólares/hr.}$$

**B) Intereses (I):**

$$Q = \frac{\frac{N + 1}{2(N)} \times N}{V_u}$$

$$Q = \frac{\frac{10 + 1}{2(10)} \times 10}{20,000}$$

$$Q = 0.000275$$

$$I = Q \times V \times I$$

$$I = 0.000275 \times 255,850 \times 16.9\%$$

$$I = 11.89 \text{ dólares/hr}$$

**C) Seguros (S):**

$$S = \frac{Q(V_a \times e)}{100}$$

$$S = \frac{0.000275 \times 255,850 \times 6.5\%}{100}$$

$$S = 4,57 \text{ dólares/hr}$$

**D) Almacén (A):**

$$A = 0.2\% \frac{V_a}{uso\ anual(hrs)}$$

$$A = \frac{0.2}{100} \frac{255,850}{2,000hrs}$$

$$A = 0.25 \text{ dólares/hr}$$

$$C.H.F. = A + B + C + D$$

$$C.H.F. = 11.25 + 11.89 + 4.57 + 0.25$$

$$C.H.F. = 27.96 \text{ dólares/hr}$$

**ANALISIS CRITICO DEL ITEM: 4.3 CALCULOS DE LOS COSTOS HORARIOS FIJOS.**

*En lo que se refiere al análisis de costos, en la que intervienen diferentes fórmulas conocidas; en las que entre ellas se menciona iniciales que tienen diferente significado, comúnmente se acostumbra a colocar un subíndice para poderlas diferenciar entre ellas; por ejemplo:*

*El interés calculado  $I = Q \times V \times I$ , en este caso  $V=V_a$  que, es el valor de adquisición del equipo lo cual no lo especifica en la formula esto puede llevar a una equivocada determinación del interés ya que son diferentes las variables como  $V_a$ ,  $V_u$  y  $V_z$ .*

**4.5. CÁLCULOS DE LOS COSTOS VARIABLES (C.H.V.)**

Máquina: excavadora CAT 320 CL

Potencia motor: 138 HP

**1. Combustible:**

- **Petróleo:**

$$G.P.H = \frac{0.5LB \times HP \text{ al freno} \times F.c}{7.2LB/galon} \dots\dots\dots(1)$$



$$\text{HP al freno} = 138 \text{ HP} + 15\% (138 \text{ HP})$$

$$\text{HP al freno} = 138 + 20.7$$

$$\text{HP al freno} = 158.7$$

Reemplazando en la fórmula (1) obtenemos:

$$G.P.H = \frac{0.5LB \times 158.7 \times 0.5}{7.2LB}$$

$$G.P.H = 5.5 \text{ gal/h}$$

El costo horario del combustible será:

$$C = 5.5 \text{ gal/hr} \times 10.87 \text{ soles/gal}$$

$$C = 59.78 \text{ soles/hr.}$$

## **2. Lubricantes:**

### **a) Aceite para motor:**

$$\begin{aligned} 0.000603 \text{ gal/HP/hr} \times \text{potencia} &= 0.000603 \text{ gal/HP/hr} \times 138 \text{ HP} \\ &= 0.0832 \text{ gal/hr} \end{aligned}$$

$$0.0832 \text{ gal/hr} \times 34 \text{ soles/gal} = 2.83 \text{ soles/hr}$$

### **b) Aceite para controles hidráulicos:**

$$0.02 \text{ gal/hr} \times 26.00 \text{ soles/gal} = 0.52 \text{ soles/hr}$$

### **c) Aceite para mando de rotación o motor de giro:**

$$0.03 \text{ gal/hr} \times 34.00 \text{ soles/gal} = 1.02 \text{ soles/hr}$$

### **d) Grasa:**

$$0.07 \text{ lb} (0.453592) = 0.031 \text{ kg.}$$

$$0.031 \text{ kg/hr} \times 12.00 \text{ soles/kg} = 0.37 \text{ soles/hr}$$

**e) Filtros**

F = 20% (combustible + lubricantes)

$$F = 0.2 (59.79 + 2.83 + 0.52 + 1.02 + 0.37)$$

$$F = 12.90 \text{ soles/hr}$$

$$\text{f) Total} = a + b + c + d + e = 17.64 \text{ soles/hr}$$

$$= 5.86 \text{ dólares/hr}$$

**3. Mantenimiento y Reparación (M.R.)**

$$MR = \frac{80\% \times V_a}{V_u}$$

$$M.R. = 0.8 \times \frac{255,850}{20,000 \text{ hr}}$$

$$M.R. = 10.23 \text{ dólares/hr}$$

**4. Recambio de cadenas y orugas:**

$$\text{Orugas costo/hora} = \frac{\text{precio juego}}{\text{vida útil (horas estimadas vida juego)}}$$

$$\text{Orugas costo/hora} = \frac{4000}{7000}$$

$$\text{Orugas costo/hora} = 0.57 \text{ dólares/hr}$$

#### 5. Salario del operador (SO):

$$\text{Costo horario del operador incluye} = \frac{\text{jornal diario}}{N^{\circ} \text{ horas de trabajo}}$$

*Leyes sociales*

$$= \frac{45.00}{8 \text{ hr}}$$

$$\text{Costo horario del Operador} = 5.62 \text{ soles/hr} \approx 1.87 \text{ dólares/hr.}$$

Operador

$$\text{C.H.V.} = 1 + 2 + 3 + 4 + 5$$

$$\text{C.H.V.} = 59.78 + 5.86 + 10.23 + 0.57 + 1.87$$

$$\text{C.H.V.} = 78.31 \text{ dólares/hr}$$

#### 4.6 CÁLCULOS DE LOS GASTOS GENERALES (G.G.)

$$\text{G.G} = 20\% (\text{costo directo})$$

$$\text{G.G} = 0.20 (\text{C.H.F} + \text{C.H.V})$$

$$\text{G.G} = 0.20 (27.96 + 78.31)$$

$$\text{G.G} = 21.25 \text{ dólares/hr}$$

#### 4.7. CÁLCULO DEL COSTO POR HORA USO (COSTO HORARIO TOTAL C.H.T.)

$$\text{C.H.T.} = \text{C.H.F.} + \text{C.H.V.} + \text{G.G.}$$

$$\text{C.H.T.} = 27.96 + 78.31 + 21.25$$

$$\text{C.H.T.} = 127.52 \text{ dólares/hr}$$

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES.**

1. El Dren 1000, mejorado bajo la metodología de la forma mecanizada permitió obtener una mejor evacuación de las aguas de drenaje hacia el mar. Esto permitirá la recuperación d tierras agrícolas en las áreas de influencia de este dren.
2. La maquinaria empleada permitió la eliminación del manto vegetal en los taludes y las plantillas del dren, especialmente totora (*Typhe spp*), lo cual permite el flujo libre del caudal de drenaje.
3. Las organizaciones de usuarios en el Departamento de Lambayeque, viene planificando a través de expedientes técnicos la rehabilitación, limpieza y descolmatación del sistema de drenes secundarios y terciarios de su correspondiente ámbito.
4. Se pudo comprobar que el consumo de combustible por hora es real (5.5 gal/hr.) en forma práctica como teórica (uso de fórmula), y que va a depender del tipo de material que se está trabajando en la zona.
5. Con el empleo de este tipo de maquinaria de brazo largo se está dando el adecuado mantenimiento al sistema de drenaje.
6. El costo horario calculado fue de 127.52 dólares /hr.
7. El rendimiento obtenido de la descolmatación mecánica (excavadora Caterpillar 320 CL-138 HP) fue de  $117.73 \text{ m}^3/\text{día}$  ó  $154.0 \text{ yd}^3/\text{día}$  de la producción diaria promedio.

#### **ANALISIS CRITICO DEL ITEM: 5.1 CONCLUSIONES.**

***De conformidad a lo propuesto de los objetivos efectivamente se ha cumplido con brindar la conclusión referente a los objetivos específicos.***

***a) Rendimiento de la maquinaria.***

***b) Costo de mantenimiento, lubricantes y combustibles.***

***Sin embargo en la conclusión # 7 menciona los rendimientos por día; aunque en el ítem # 6 del resumen se determina el rendimiento unitario por hora y es justamente el que debe primarse en la conclusión.***

***Para la mejor comprensión del lector las conclusiones que se concatenan con los objetivos deben ir en primer orden.***

### **5.2. RECOMENDACIONES.**

- Destinar la maquinaria en sus respectivos frentes de trabajo y con sus adecuados implementos para cada labor que se realice.

- Se debe emplear excavadoras de brazo corto para la limpieza de drenes poco profundos y excavadoras de brazo largo para limpieza de drenes de mayor profundidad.
- Realizar el mantenimiento preventivo de la maquinaria que se encuentra operativa para garantizar las condiciones óptimas de funcionamiento.
- La existencia de un taller rodante para pequeñas reparaciones de la maquinaria que operan los diferentes frentes de trabajo.

Es necesario contar con un camión equipado con un surtidor de combustibles y lubricantes para abastecer a la maquinaria, cuando ésta sale a trabajar al campo.

- Con el fin de un control de mantenimiento y registro de datos de cada día de trabajo, el operador presentará una bitácora indicando el servicio de mantenimiento realizado, el número de horas de trabajo de la maquinaria.
- El operador debe comunicar a la empresa con tiempo para realizar el cambio de aceite y filtros cuando éste llegue al número de horas de servicio en que se deben cambiar.
- Establecer programas de operaciones y mantenimiento rutinario regular de los drenes mejores por parte de los beneficiados.
- COPEMA debe organizar cursos de capacitación y seguridad en operación, mantenimiento y reparación de maquinaria dirigidos a los operados mecánicos con el fin de solucionar problemas imprevistos que puedan suceder con el transcurrir del tiempo; así conseguir mejores logros para la empresa.

## **VI. RESUMEN.**

El presente trabajo de investigación para la determinación del rendimiento de la maquinaria pesada para el mantenimiento del Dren 1000 fue realizado en el dren 1000, ubicado en la provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.

Su importancia estima en el rendimiento de la excavadora Caterpillar modelo 320 CL, en donde se pudo determinar el rendimiento de la maquinaria, y determinar el costo de mantenimiento y el consumo de lubricantes y combustibles que emplea diariamente.

El rendimiento promedio obtenido de la descolmatación mecánica (excavadora Caterpillar 320 CL-138 HP), es de  $58.86 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

El consumo horario de combustible fue de 5.5 gl/hr., dependiendo del tipo de material a extraer del dren. Con el uso de la excavadora Caterpillar 320 CL se logró rehabilitar el dren y darle la mayor fluidez del agua de drenaje hacia el mar.

Se determinó los costos fijos y variables lo cual nos permitió calcular los costos horarios de la excavadora Caterpillar 320 CL.

## **VII. BIBLIOGRAFIA.**

- 01. ARIAS PAZ, MANUEL** : “Manual de Automóviles 35 ° Edición”.  
Editorial DOSSAT, S.A 1967.
- 02. AYALA ORTIZ, FELIPE** : “Determinación del potencial y estudio de las propiedades físico-mecánicas de los agregados del sector V de las canteras “La victoria” de Batan grande”.  
Tesis de Ingeniero Civil U.N.P.R.G.  
Facultad de Ingeniería Civil.  
Lambayeque-Perú 1990.
- 03. BANCES DAMIAN, HENRY** : “Estudio del rendimiento de la maquinaria de mantenimiento de zanjas descubiertas en ETECOM S:A”.  
Tesis de Ingeniero Agrícola U.N.P.R.G.  
Facultad de Ingeniería Agrícola.  
Lambayeque-Perú 2002.
- 04. CATERPILLAR** : “Recomendaciones de fluidos para maquinas Caterpillar”.  
Edición 1998.
- 05. CASTRO ÑAÑEZ, OSCAR G** : “Evaluación del estado mecánico y determinación de los costos de la maquinaria agrícola pesada en la unidad de equipo mecánico-sede regional-RENOM”.  
Tesis Ingeniero Agrícola U.N.P.R.G.  
Facultad de Ingeniería Agrícola.  
Lambayeque-Perú 1979
- 07. DIAZ DEL RIO, MANUEL** : “Manual de maquinaria de construcción”.  
Editorial Mc. Graw Hill. Impreso en España.

- 08. FERREYROS S.A** : “Catálogos y manuales de operación y mantenimiento de la excavadora CAT 320 CL”.
- 09. FERNÁNDEZ TAPIA, JAIME** : “Estudio de evaluación y requerimiento de maquinaria y/o equipo para el mantenimiento de la infraestructura mayor de riego y drenaje del sistema Tinajones”.
- Tesis Ingeniero Agrícola U.N.P.R.G.
- Facultad de ingeniería agrícola.
- Lambayeque-Perú.
- 10. GLOBAL MINING** : “Módulos operación y mantenimiento de maquinaria pesada”
- 11. MITSUI MAQUINARIA PERÚ S.A** : “Introducción a las excavadoras hidráulicas”
- 12. PÉREZ CANCINO, YORGES** : “Estudio de la vida económica de los tractores de orugas en la línea Caterpillar en el Senama-Chiclayo”
- Tesis Ingeniero agrícola U.N.P.R.G.
- Facultad de Ingeniería Agrícola.
- Lambayeque-Perú 1982.
- 13. ZEÑA SANTAMARÍA, OSCAR** : “Organización de las operaciones agrícolas mecanizadas en la C.A.P. Augusto B. Leguía-255”
- Tesis Ingeniero Agrícola U.N.P.R.G.
- Facultad de Ingeniería Agrícola.
- Lambayeque-Perú.

ANEXOS



## PRESUPUESTO REFERENCIAL

Obra: MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE-DREN 1000

| Descripción                                       | Unidad | Cantidad   | Precio Unitario      | Parcial    | Total                |
|---|--------|------------|----------------------|------------|----------------------|
| Trabajos preliminares                             |        |            |                      |            | 19,985.50            |
| Movilización y desmovilización por terceros       | viaje  | 1,00       | 5,500.00             | 5,500.00   |                      |
| Traslado de maquinaria por sus propios medios     | viaje  | 1,00       | 515,85               | 515,85     |                      |
| Control topografico                               | glb    | 1,00       | 13,520.40            | 13,520.40  |                      |
| Guardiana   | glb    | 1,00       | 449.25               | 449.25     |                      |
|   |        |            |                      |            |                      |
| <b>Mantenimiento de caja de dren</b>              |        |            |                      |            | <b>224,560.06</b>    |
| Limpieza y desbroce manual                        | ha     | 28,15      | 670.95               | 18,883.89  |                      |
| Limpieza de fondo de dren con maquinaria          | m2     | 105,566.95 | 0,86                 | 90,787.58  |                      |
| Excavación caja hidráulica de dren con maquinaria | m3     | 34,397.78  | 3.34                 | 114,888.59 |                      |
| <b>Mantenimiento de camino de vigilancia</b>      |        |            |                      |            | <b>7,642.00</b>      |
| Limpieza de camino de vigilancia de dren          | km     | 69.65      | 109.72               | 7,642.00   |                      |
| <b>Concreto simple</b>                            |        |            |                      |            | <b>5,991.84</b>      |
| reparación de entregas entubadas                  | und    | 16         | 374.49               | 5,991.84   |                      |
| <b>Varios</b>                                     |        |            |                      |            | <b>7,565,63</b>      |
| Imprevistos (3%)                                  | gln    | 1,00       | 7,565.63             | 7,565.63   |                      |
|   |        |            | <b>COSTO DIRECTO</b> |            | <b>S/ 265,745.03</b> |

#### **OTROS ANALISIS CRÍTICO.**

- *En el texto se ha notado una serie de faltas ortográficas; y de sintaxis que podría desmerecer el buen trabajo técnico realizado por el autor de esta tesis por ejemplo: grosera, (ruedas, guías), auxiliares, reducen, grande, etc.*
- *Como quiera que el trabajo de investigación se ha efectuado en el Dren 1000, en el plano de ubicación presentado se debe de incluir la ubicación de dicha estructura.*
- *En la portada de la tesis se menciona como título “DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA PARA EL MANTENIMIENTO DEL DREN-1000”, sin especificar el lugar exacto donde se va realizar el estudio, no menciona provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.*
- *También es bueno resaltar que para la mejor lectura del plano se debe incluir una leyenda nítida donde se puedan diferenciar las estructuras mencionadas como:  
Rio principal, rio secundario, quebrada, vía asfaltada, canal principal, limite departamental, dren colector entre otros.*