

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE  
AUTOMATIZACIÓN**

**TEMA:**

---

**“TRANSFORMACIÓN DE UN MONTACARGAS ELÉCTRICO A UN  
MONTACARGAS HIDRÁULICO PARA LA EMPRESA  
PLANHOFA C.A.”**

---

Proyecto de graduación modalidad pasantía presentada como requisito previo la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

**AUTOR:**

**CARLOS ALBERTO CRESPO CORTES**

**TUTOR:**

**Ing. MARIO ROSERO MANTILLA**

**AMBATO-ECUADOR**

Noviembre-2007

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema:

**TRANSFORMACIÓN DE UN MONTACARGAS ELÉCTRICO A UN MONTACARGAS HIDRÁULICO PARA LA EMPRESA PLANHOFA C.A.**, de Carlos Alberto Crespo Cortes, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho proyecto investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación de conformidad con el Art. 68 del Capítulo IV Pasantía, del Reglamento de Graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato.

**EL TUTOR**

Ing. Mario Rosero

## AUTORIA

El presente trabajo de investigación **“TRANSFORMACIÓN DE UN MONTACARGAS ELÉCTRICO A UN MONTACARGAS HIDRÁULICO PARA LA EMPRESA PLANHOFA C.A.”**, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Noviembre del 2007.

---

Sr. Carlos Alberto Crespo Cortes.

## DEDICATORIA

Este proyecto esta dedicado al  
esfuerzo  
incondicional de mis padres, que  
fueron  
mi razón para continuar y  
supieron  
guiarme con paciencia, a mis

amigos que  
supieron apoyarme en todo  
momento, y a  
Dios por que el es el que nos da la  
fuerza  
para seguir adelante,.

#### **AGRADECIMIENTO**

Un sincero y cordial agradecimiento  
al ingeniero Mario Rosero,

al ingeniero Darío Balladares y  
a todas las personas de la  
empresa  
PLANHOFA C..A. que me  
dieron la  
oportunidad de desarrollar este  
proyecto.

## INDICE DE CONTENIDOS

### CAPITULO I

<b>1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Tema de Investigación.....	1
1.2 . Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4 . Objetivos.....	3

### CAPITULO II

<b>2. MARCO TEORICO.....</b>	<b>4</b>
2.1. Antecedentes Investigativos.....	4
2.2. Base legal.....	4
2.3. Categorías fundamentales.....	4
2.4. Delimitación de Variables.....	11
2.5. Hipótesis.....	11

### CAPITULO III

<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
3.1. Enfoque.....	12
3.2. Modalidad básica de la investigación.....	12
3.3. Nivel o tipo de investigación.....	13
3.4. Población y muestra.....	13
3.5. Técnicas e instrumentos de investigación.....	13
3.6. Procesamiento de la información.....	13

#### **CAPITULO IV**

<b>4. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....</b>	<b>14</b>
--	-----------

#### **CAPITULO V**

<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>47</b>
5.1. Conclusiones.....	47
5.2. Recomendaciones.....	48

#### **CAPITULO VI**

<b>6. PROPUESTA.....</b>	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>50</b>

## **Resumen Ejecutivo**

La elaboración del presente proyecto tiene como primordial finalidad realizar un estudio para cambiar el tipo de sistema de transmisión, el nuevo sistema planteado será hidráulico.

También en este proyecto se detallan un estudio de tiempos y movimientos, los cuales reflejan la importancia de este proyecto.

El proyecto da a conocer paso a paso desde la recolección de datos hasta los métodos para diseñar los sistemas hidráulicos, su presentación es sencilla y fácil de comprender.

La aspiración de este proyecto es dotar a la empresa PLANHOFA de un medio mas adecuado para el transporte de material, logrando reducir costos.

## **INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto de graduación en modalidad pasantía se desarrolla en base a la siguiente organización:

El Capitulo I se refiere al problema donde se analiza la situación critica de la empresa en este problema específico y se define los objetivos del Proyecto.

El Capitulo II contiene la fundamentación teórica sobre la hidráulica, también se establece la Hipótesis del problema.

El Capitulo III describe las diferente formas tanto técnicas como

científicas a usar para el estudio del problema.

El Capítulo IV se refiere a la recopilación de datos, análisis e interpretación de los resultados.

El Capítulo V señala las Conclusiones Y recomendaciones del Proyecto.

El Capítulo VI se refiere en si a la propuesta que se da al problema.

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 TEMA.**

**Transformación de un montacargas eléctrico a un montacargas hidráulico para la empresa " PLANHOFA. CA. "**

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

#### **1.2.1 CONTEXTULIZACIÓN.**

En el mundo globalizado de hoy en día el traslado de materia y de productos se vuelve tan esencial para la economía mundial, que se han ingeniado un sinnúmero de medios para el transporte de materia. Actualmente toda empresa que maneje productos debe tener medios para el transporte de productos y materias con el fin de incrementar su rendimiento. Con esta filosofía de transporte de productos, la empresa PLANHOFA pretende agilizar sus operaciones de transporte.

#### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.**

La empresa PLANHOFA fue creada hace varios años atrás. Esta dedicada a la elaboración de mermeladas y pulpa de fruta, para ello se realiza diversos procesos, entre ellos, el traslado de materia prima y el despacho de productos terminados, éstos procesos lo realizan los empleados de forma manual, puesto que al contar con dos montacargas, estos no están en funcionamiento, lo que dificulta el traslado del producto. Al ser esta operación manual el tiempo que se requiere para su despacho es muy elevado, ocupando recursos de la empresa que pueden ser útiles en otras áreas.

La empresa al contar con un sistema de carga puede disminuir los costos

asociados al producto, por lo que es imperioso realizar un estudio para poder activar los montacargas, los cuales brindarían las facilidades necesarias para el transporte del producto.

### **1.2.3 PROGNOSIS.**

De seguir llevando la manera en que se cargan los productos en la empresa se podría presentar accidentes que repercutirían en la integridad de los empleados, por ende se perderían horas de trabajo-hombre, lo que representa a la empresa pérdidas económicas considerables, y lo que es mas grave, se podrían presentar lesiones permanentes en los empleados.

### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿De que manera incide el estudio para la reactivación del montacargas en la empresa PLANHOFA?

### **1.2.5 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.**

El espacio de trabajo para la elaboración del estudio, va ha ser la empresa PLANHOFA con una duración de seis meses en el periodo de MAYO-NOVIEMBRE del 2007 con la participación de mi persona y la colaboración del Ing. Darío Balladares y del Ing. Mario Rosero.

Para la realización de este estudio contamos con dos montacargas.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN.**

El presente proyecto se origina debido que la empresa PLANHOFA, no tiene habilitado el equipo para manejo de cargas pesadas, con lo cual están perdiendo tiempo, desperdiciando la mano de obra de los empleados, y exponiendo la integridad de los mismos.

Al no estar habilitados los montacargas, en primer lugar pierden en el sentido económico, exponen a sus empleados a riesgos o lecciones, y

entorpecen la libre circulación dentro de la empresa, pues estos montacargas están dentro de ella.

#### **1.4 OBJETIVOS.**

##### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL:**

Transformar el sistema de potencia de un montacargas.

##### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Evaluar el estado del montacargas para obtener datos informativos acerca de su condición.
- Realizar estudios mecánicos para la obtención de datos técnicos sobre el sistema hidráulico y sistema de transmisión del montacargas.
- Realizar estudios de tiempos y movimientos, comparando la forma manual de trasladar el producto y utilizando el montacargas.
- Evaluar el sistema nuevo para la transformación del montacargas realizando estudios técnicos mecánicos, eléctricos, hidráulicos.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.**

En la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial no existen Proyectos de Tesis relacionados a la elaboración de un estudio para la reactivación de un montacargas, a lo que se refieren a pasantías tampoco existen perfiles relacionados.

#### **2.2 BASE LEGAL.**

Galo Plaza Pallares

MINISTRO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

Considerando:

Que es deber del Gobierno Nacional fomentar la fruticultura y la horticultura en la zona central del país;

Que los gobiernos de Ecuador e Italia, mediante convenios del 13 de agosto de 1986, acordaron llevar adelante el Proyecto Industrial PLANHOFA en la ciudad de Ambato;

Que parte fundamental de dicho proyecto es que la maquinaria y equipos sean donados por el Gobierno Italiano al Gobierno Ecuatoriano a través del Ministerio de Agricultura y Ganadería;

Que la intención del donante es que esa planta industrial sirva a los pequeños fruti cultores y horticultores, en la zona central del país.

#### **2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.**

##### **2.3.1 TRANSPORTE DE MATERIAL.**

Hoy por hoy el transporte de material se a constituido en una forma

imprescindible de la productividad puesto que, un buen transporte en la industria significa ahorro de tiempo, menos personal, reduce el valor agregado del producto y sobre todo se logra transportar de un lugar al requerido.

El manejo de materiales puede llegar a ser el problema de la producción ya que agrega poco valor al producto, consume una parte del presupuesto de manufactura. Este manejo de materiales incluye consideraciones de movimiento, lugar, tiempo, espacio y cantidad. El manejo de materiales debe asegurar que las partes, materias primas, material en proceso, productos terminados y suministros se desplacen periódicamente de un lugar a otro.

Cada operación del proceso requiere materiales y suministros a tiempo en un punto en particular, el eficaz manejo de materiales. Se asegura que los materiales serán entregados en el momento y lugar adecuado, así como, la cantidad correcta. El manejo de materiales debe considerar un espacio para el almacenamiento.

En una época de alta eficiencia en los procesos industriales las tecnologías para el manejo de materiales se han convertido en una nueva prioridad en lo que respecta al equipo y sistema de manejo de materiales. Pueden utilizarse para incrementar la productividad y lograr una ventaja competitiva en el mercado. Aspecto importante de la planificación, control y logística por cuanto abarca el manejo físico, el transporte, el almacenaje y localización de los materiales.

### **2.3.2 MAQUINAS EMPLEADAS.**

En la industria es necesario el transporte de material de un lugar a otro, por lo que se han ideado diversas formas de transportar el material, dependiendo de la forma y cantidad de la materia. De ahí que surgen las siguientes opciones:

- Tornillos sin fin.

Es uno de los transportadores más antiguos y versátiles. Consiste en un sistema de aspas helicoidales o seccionadas, montadas en una tubería o un eje y que giran en una corteza. La potencia del motor se transmite a través del eje o la tubería y se ve limitada por el tamaño permisible de sus piezas.

- Bandas transportadoras.

Los transportadores de banda se utilizan de manera casi universal. Pueden recorrer kilómetros a velocidades de hasta 300 m/min. Y manejar hasta 5000 ton/hora. También pueden funcionar a distancias cortas a velocidades suficientemente lentas para la recolección normal, con una capacidad de unos cuantos kilogramos por hora. Sin embargo, no es aplicable normalmente en las operaciones de procesamiento, excepto en condiciones poco frecuentes.

- Elevadores de cangilones.

Los elevadores de cangilones son las unidades más seguras y sencillas para desplazamiento vertical de material. Existe una gama amplia de capacidades y pueden funcionar al aire libre o encerrados. Existe la tendencia que favorece las unidades severamente normalizadas; pero para materiales especiales y capacidades altas es aconsejable utilizar diseños de equipo especial.

- Transportadores vibratorios u oscilatorios.

Los transportadores vibratorios son en la mayoría de impulso direccional que consiste en una placa horizontal sobre resortes que vibran gracias a un brazo excéntrico de conexión directa, pesos excéntricos giratorios, un electroimán o un cilindro neumático o hidráulico. El movimiento impartido a las partículas del material pueden variar, pero su finalidad es la de impulsar el material hacia

arriba y hacia adelante, de modo que se desplace a lo largo de la trayectoria del transportador en una serie de saltos cortos.

- Montacargas.

Los montacargas (carretillas elevadoras de orquilla) son el músculo moderno de muchas industrias. A menudo, son una herramienta obligatoria para trabajos de patio y fábricas por su capacidad para mover artículos y materiales pesados. Los montacargas pueden utilizarse para apilar y desapilar objetos empacados y puestos sobre tarimas (pallets), así como mercancías en cajas. Sin embargo, los montacargas sólo son eficientes cuando son operados de manera segura.

Los montacargas eléctricos son esenciales en las industrias en las que es preciso no tener montacargas con motores de combustión, puesto que los gases de combustión contaminan los diversos procesos tales como en los de la industria alimenticia.

### **2.3.3 FUNDAMENTOS OLEOHIDRAULICOS.**

El estudio de la hidráulica concierne al empleo y características de los líquidos. Desde tiempos primitivos el hombre ha usado fluidos para facilitar su tarea. En el siglo XVII el científico francés Pascal emplea fluidos confinados para transmitir potencia multiplicando la fuerza y modificando el movimiento.

La ley de Pascal, enuncia sencillamente, dice: la presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales, actuando estas fuerzas normalmente a las paredes del recipiente.

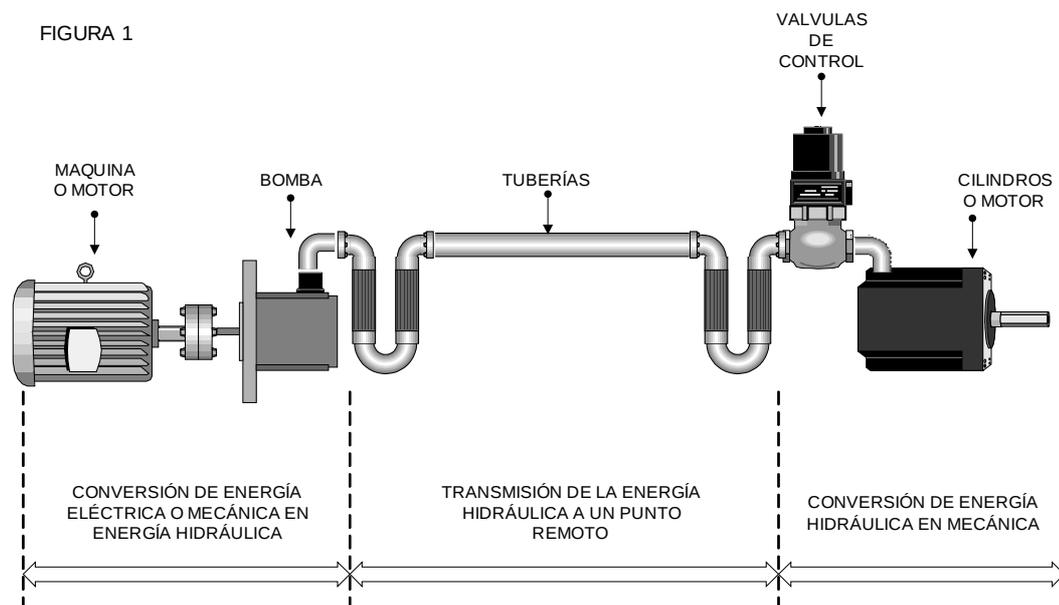
Años más tarde Bramah pensó que si una pequeña fuerza, actúa sobre un área pequeña crea una fuerza proporcional más grande sobre un área mayor, el único limitante a la fuerza que puede ejercer una máquina es el área a la cual se aplica la presión.

Ventajas hidráulicas:

- Velocidad variable.
- Reversibilidad.
- Protección contra las sobrecargas.
- Tamaños pequeños.
- Pueden bloquearse.

### 2.3.4 SISTEMAS OLEOHIDRAULICOS.

Los sistemas oleohidráulicos generan, transmite y controla la aplicación de potencia a través de la circulación de aceite en un circuito. El sistema puede dividirse en tres grandes grupos que observamos en el diagrama de bloques de la figura.



Comenzando desde la izquierda del diagrama, la primera sección corresponde a la conversión de energía eléctrica y/o mecánica en un sistema de energía Hidráulica.

Un motor eléctrico, de explosión o de otra naturaleza está vinculado a una bomba, a cuya salida se obtiene un cierto caudal a una determinada presión.

En la parte central del diagrama, el fluido es conducido a través de tubería al lugar de utilización.

A la derecha en el diagrama, el aceite en movimiento produce una reconversión en energía mecánica mediante su acción sobre un cilindro o un motor hidráulico. Con las válvulas se controla la dirección del movimiento, la velocidad y el nivel de potencia a la salida del motor o cilindro.

Dentro de los sistemas oleohidráulicos se cuentan con los siguientes elementos:

- Bombas hidráulicas.

En un sistema hidráulico, la bomba convierte la energía mecánica de rotación en energía hidráulica (potencia hidráulica) impulsando fluido al sistema.

- Motores hidráulicos

Motor es el nombre que se da generalmente a un actuador hidráulico giratorio. La construcción de los motores se parece mucho a la de las bombas. En vez de impulsar el fluido como las bombas, son impulsadas por éste y desarrollan un par y un movimiento continuo giratorio.

- Cilindros.

Son actuadores lineales, lo que significa que la salida es un movimiento y/o fuerza en línea recta. La función mas importante de un

cilindro hidráulico es convertir la potencia hidráulica en potencia mecaniza lineal.

- Válvulas direccionales.

Las válvulas direccionales, como su nombre lo indica, se usan para controlar la dirección del caudal. Aunque todas realizan esta función, estas válvulas varían considerablemente en construcción y funcionamiento.

- Accesorios

En los sistemas hidráulicos son necesarios varios implementos como son:

- Racores.- Es una pieza metálica con dos roscas internas en sentido inverso que sirve para unir tubos y otros perfiles.
- Tuberías.- Es el termino general que abarca las varias clases de líneas conductoras que llevan el fluido hidráulico entre los componentes. Los sistemas hidráulicos de hoy usan principalmente tres tipos de líneas conductoras: tuberías de acero, tubing de acero y manguera flexible. En los sistemas hidráulicos, las mangueras son muy necesarias puesto que pueden acoplar con gran facilidad dos extremos sin importar su orientación.
- Bloque de válvulas (manifold).- Son conjuntos que poseen puntos de conexión, estos en su estructura poseen distintas válvulas que permiten realizar diversos tipos de operaciones.

### **2.3.5 MONTACARGAS HIDRÁULICO.**

Los montacargas hidráulicos son los más fiables, puesto que son sencillos en su construcción, pueden manejar altas potencias y su mantenimiento es fácil y se lo realiza a periodos de tiempo más largos.

Cabe destacar que existen dos tipos de montacargas: montacargas con motores de combustión y montacargas con motores eléctricos. Estos motores brindan la potencia necesaria a las bombas que impulsan los fluidos que transmite potencia.

Son indispensables en las industrias en donde es necesario una fiabilidad increíble, son excelentes para las industrias alimenticias los montacargas con motores eléctricos puesto que por su construcción, estos no emiten gases de combustión ni vapores contaminantes que podrían afectar al los productos.

## **2.4 DETERMINACIÓN DE VARIABLES.**

### **2.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.**

Montacargas eléctrico.

### **2.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE.**

Montacargas hidráulico.

## **2.5. HIPÓTESIS.**

El estudio planteado permitirá el cambio del sistema de transmisión que es controlado de forma electrónica, por un sistema más sencillo y de mantenimiento poco costoso, el cual brinda excelentes beneficios.

Este estudio permitirá la adecuación del montacargas, para así; evitar el esfuerzo físico de los empleados, reducción del tiempo de carga, ahorro en mano de obra y disminución del valor agregado al producto terminado.

## **CAPITULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 ENFOQUE.**

El método que se utilizará para la presente investigación será el método analítico-científico y el método deductivo, pues, se partirá desde lo particular a lo general.

También se utilizará la investigación de campo, puesto que para la recopilación de información concerniente al proyecto, se necesita del contacto directo con la empresa, esto permitirá estar más cerca del problema de estudio y así poder establecer cuales son las diversas circunstancias por las que la empresa está atravesando. Cualquiera que sea la metodología a emplearse, es necesario saber y conocer con exactitud las contrariedades e inconvenientes de la entidad, para así, realizar el respectivo estudio y establecer las posibles soluciones y toma de decisiones para el mejoramiento de la misma.

### **3.2 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN.**

En el desarrollo del proceso investigativo se empleará la investigación bibliográfica para la elaboración del marco teórico y la investigación de campo para la recolección de datos que servirán de base para la elaboración de la propuesta.

### **3.3 NIVELES DE INVESTIGACIÓN.**

La investigación abarcará desde el nivel exploratorio hasta el nivel explicativo pues se reconocerán las variables que competen al problema, se establecerá las características de la realidad a investigarse, el grado de relación que existe entre las variables, las causas y consecuencias del problema y se llegará a la comprobación de la hipótesis.

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.**

Cabe destacar que en PLANHOFA solo cuentan con dos montacargas, para la investigación de datos técnicos, solo se utilizara uno de ellos.

### **3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.**

Las técnicas que se emplearán en el proceso de investigación serán la entrevista, observación y pruebas mecánicas.

La entrevista nos podrá brindar los antecedentes y datos muy importantes acerca del montacargas.

La observación será de gran valor en la apreciación de la realidad, circunstancias que permiten confrontar los hechos e imprimir un sello de transparencia e imparcialidad a la investigación se utilizará como instrumento el registro de datos.

Las pruebas mecánicas serán de gran utilidad puesto que de ellas obtendremos valiosa información técnica.

### **3.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

Una vez recolectada la información se procederá al análisis de los datos obtenidos los cuales serán parte medular para la propuesta. Los datos serán cuantificados y presentados con las respectivas conclusiones.

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

#### **4.1 DATOS.**

##### **4.1.1 ANTECEDENTES.**

De entrevistas realizadas a los empleados y funcionarios de la empresa, se obtuvo que:

El montacargas esta sin funcionar desde dos años atrás.

La para se debió a un incendio, que provocó que la unidad lógica y la tarjeta electrónica se quemasen, estos dos elementos son fundamentales en el sistema de transmisión de potencia, para el desplazamiento del mismo. Éste incidente también provocó que toda el cableado se funda.

El montacargas es de procedencia italiana, por lo tanto, la casa distribuidora de repuestos se encuentra en dicho país. El costo de adquisición y de importación de la unidad lógica asciende a seis mil dólares americanos según datos brindados por la gerencia de la empresa

Como el montacargas es eléctrico, éste funciona con una batería de 48 voltios de corriente continua. La empresa cuenta en su inventario con una batería de repuesto, a la cual se le realizó pruebas y ésta se allá en optimas condiciones.

#### 4.1.2 DATOS TECNICOS.

- Motores:

	<b>SERVICIO.</b>	<b>RPM.</b>	<b>VOLT.</b>	<b>AMP.</b>	<b>POTENCIA</b>
Motor 1	Transmisión	2000	48 Vdc.	175	7,45 Kw.
Motor 2	Actuadores	2400	48 Vdc.	230	8,00 kw.
Motor 3	Dirección	1400	48 Vdc.	14	0,47 Kw.

- Bombas:

<b>SERVICIO</b>	<b>TIPO DE BOMBA</b>	<b>RPM</b>
Actuadores	Engranajes	2400
Dirección	Engranajes	1400

- Actuadores:

<b>MOVIMIENTO</b>	<b>EFECTO</b>	<b>CANT.</b>	<b>DIAMETRO CILINDRO</b>	<b>DIAMETRO BASTAGO</b>	<b>CARRERA</b>
Vertical	Simple	2	6.35 cm.	4.2 cm.	160 cm.
Angular	Doble	2	10.8 cm.	3.17 cm.	12.7 cm.
Lateral	Doble	1	6.35 cm.	2.54 cm.	25.4 cm.

El sistema de transmisión cuenta con una relación de 24:1, la cual esta conectada directamente con el motor de transmisión.

El diámetro de las llantas de tracción del montacargas es de 17 pulgadas. Este montacargas tiene la capacidad de levantar cargas de hasta tres toneladas y su castillo puede alcanzar una altura de tres metros.

De las pruebas realizadas en una sola de las llantas del montacargas, se obtuvo que para romper la inercia del montacargas a su máxima carga es de 40 lb. por metro.

#### 4.1.3 DATOS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.

A continuación mostraremos los datos recolectados en cuanto tiene que ver con el transporte de materia dentro de la empresa. El volumen de producto a transportarse son promedios mensuales, datos obtenidos del departamento de producción.

- **RUTA 1**

**Ruta:** Zona de desembarque – zona de lavado.

**Distancia:** 93 m.

**Forma de Transporte:** Manual.

**Número de Personas:** Dos.

**Cantidad de Ingreso:** 10000 Kg.

**Cantidad de Salida:** Al siguiente proceso.

**Cantidad por Viaje:** 15 Jabas de 40 Kg. Por tarima (pallet).

**Tabla 1:**

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
Semana 1	111	112	112	110	111
Semana 2	112	110	111	109	109
Semana 3	111	112	113	111	110
Semana 4	110	110	112	108	109
Semana 5	110	111	111	110	112
Semana 6	113	112	111	111	111
Semana 7	109	112	110	110	115
Semana 8	114	111	112	108	112

\* Los datos recolectados están en segundos.

- **RUTA 2**

**Ruta:** Cámaras de refrigeración – concentrador

**Distancia:** 49 m.

**Forma de Transporte:** Manual.

**Número de Personas:** Dos.

**Cantidad de Ingreso:** 4000 Kg.

**Cantidad de Salida:** 1000 Kg.

**Cantidad por Viaje:** 4 Tanques de 200 Kg. Por tarima (pallet).

**Tabla 2:**

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
Semana 1	70	73	72	70	68
Semana 2	69	68	70	70	71
Semana 3	72	73	69	71	73
Semana 4	69	75	71	75	69
Semana 5	70	71	67	71	72
Semana 6	69	72	70	69	70
Semana 7	70	72	71	68	69
Semana 8	72	69	68	67	71

\* Los datos recolectados están en segundos.

- **RUTA 3**

**Ruta:** Despulpador – cámaras de refrigeración

**Distancia:** 68 m.

**Forma de Transporte:** Manual.

**Número de Personas:** Dos.

**Cantidad de Ingreso:** del proceso anterior.

**Cantidad de Salida:** 2000 Kg.

**Cantidad por Viaje:** 4 Tanques de 200 Kg. Por tarima (pallet).

**Tabla 3:**

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
Semana 1	75	76	76	78	76
Semana 2	76	74	75	75	74
Semana 3	75	75	76	73	75
Semana 4	77	76	74	77	74
Semana 5	76	74	75	75	77
Semana 6	80	74	74	74	76
Semana 7	74	75	76	75	74
Semana 8	77	76	77	76	73

\*Los datos recolectados están en segundos.

- **RUTA 4**

**Ruta:** Pausterizador – cámaras de refrigeración.

**Distancia:** 50 m.

**Forma de Transporte:** Manual.

**Número de Personas:** Dos.

**Cantidad de Ingreso:** Del proceso anterior.

**Cantidad de Salida:** 8000 Kg.

**Cantidad por Viaje:** 4 Tanques de 200 Kg. Por tarima (pallet).

**Tabla 4:**

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
Semana 1	60	62	61	58	59
Semana 2	59	58	60	60	61
Semana 3	60	61	57	59	62
Semana 4	62	60	59	61	63
Semana 5	60	59	66	62	61
Semana 6	63	65	61	58	59
Semana 7	59	62	60	59	60
Semana 8	60	63	62	60	58

\*Los datos recolectados están en segundos.

- **RUTA 5**

**Ruta:** Marmita - cámaras de refrigeración.

**Distancia:** 68 m.

**Forma de Transporte:** Manual.

**Número de Personas:** Dos.

**Cantidad de Ingreso:** 4800 Kg.

**Cantidad de Salida:** Al siguiente proceso.

**Cantidad por Viaje:** 4 Tanques de 200 Kg. Por cada tarima (pallet).

**Tabla 5:**

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
Semana 1	75	76	76	74	75
Semana 2	76	74	75	73	78
Semana 3	75	79	77	75	73
Semana 4	74	74	76	74	73
Semana 5	74	75	75	74	76
Semana 6	75	76	75	75	75
Semana 7	76	76	74	74	75
Semana 8	78	75	76	77	76

\*Los datos recolectados están en segundos.

Las presentes tablas son las rutas anteriores, pero en estos casos se utilizara el montacargas.

- **RUTA 1**

**Ruta:** Zona de desembarque – zona de lavado.

**Distancia:** 93 m.

**Forma de Transporte:** Montacargas.

**Número de Personas:** Una.

**Cantidad de Ingreso:** 10000 Kg.

**Cantidad de Salida:** Al siguiente proceso.

**Cantidad por Viaje:** 30 Jabas de 40 Kg. Por tarima (pallet).

**Tabla 6:**

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
Semana 1	70	72	71	68	69
Semana 2	69	68	70	70	71
Semana 3	70	71	67	69	72
Semana 4	72	70	69	71	73
Semana 5	70	69	66	67	71
Semana 6	69	75	71	68	69
Semana 7	69	72	70	69	70
Semana 8	70	73	72	70	68

\* Los datos recolectados están en segundos.

- **RUTA 2**

**Ruta:** cámaras de refrigeración – concentrador

**Distancia:** 49 m.

**Forma de Transporte:** Montacargas.

**Número de Personas:** Una.

**Cantidad de Ingreso:** 4000 Kg.

**Cantidad de Salida:** 1000 Kg.

**Cantidad por Viaje:** 4 Tanques de 200 Kg. Por tarima (pallet).

**Tabla 7:**

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
Semana 1	40	38	41	39	41
Semana 2	41	39	40	40	39
Semana 3	40	40	41	38	40
Semana 4	42	41	39	39	39
Semana 5	41	39	40	40	42
Semana 6	42	39	39	39	41
Semana 7	39	40	41	40	39
Semana 8	42	41	40	41	38

\* Los datos recolectados están en segundos.

- **RUTA 3**

**Ruta:** despulpador – cámaras de refrigeración

**Distancia:** 68 m.

**Forma de Transporte:** Montacargas.

**Número de Personas:** Una.

**Cantidad de Ingreso:** del proceso anterior.

**Cantidad de Salida:** 2000 Kg.

**Cantidad por Viaje:** 4 Tanques de 200 Kg. Por tarima (pallet).

**Tabla 8:**

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
Semana 1	50	51	51	49	50
Semana 2	51	49	50	48	48
Semana 3	50	49	52	50	48
Semana 4	49	49	51	47	48
Semana 5	49	50	50	49	51
Semana 6	50	51	50	50	50
Semana 7	48	51	49	49	50
Semana 8	53	50	51	47	51

\*Los datos recolectados están en segundos.

- **RUTA 4**

**Ruta:** pausterizador – cámaras de refrigeración.

**Distancia:** 50 m.

**Forma de Transporte:** Montacargas.

**Número de Personas:** Una.

**Cantidad de Ingreso:** del proceso anterior.

**Cantidad de Salida:** 8000 Kg.

**Cantidad por Viaje:** 4 Tanques de 200 Kg. Por tarima (pallet).

**Tabla 9:**

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
Semana 1	41	41	41	41	41
Semana 2	40	41	39	39	40
Semana 3	41	40	40	40	41
Semana 4	39	38	39	39	39
Semana 5	40	39	42	39	40
Semana 6	39	40	41	38	39
Semana 7	41	39	39	40	41
Semana 8	40	39	38	40	40

\*Los datos recolectados están en segundos.

- **RUTA 5**

**Ruta:** Marmita - cámaras de refrigeración.

**Distancia:** 68 m.

**Forma de Transporte:** Manual.

**Número de Personas:** Dos.

**Cantidad de Ingreso:** 4800 Kg.

**Cantidad de Salida:** Al siguiente proceso.

**Cantidad por Viaje:** 4 Tanques de 200 Kg. Por cada tarima (pallet).

**Tabla 10:**

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
Semana 1	51	50	50	47	50
Semana 2	50	49	48	48	51
Semana 3	52	48	48	47	50
Semana 4	51	51	48	49	49
Semana 5	50	49	51	50	49
Semana 6	50	49	50	49	50
Semana 7	49	51	50	50	48
Semana 8	51	49	51	49	53

\*Los datos recolectados están en segundos.

En cuanto tiene que ver con el despacho de producto, se obtuvo que; cuatro obreros con la ayuda de un teclé, subían uno por uno los tanque al camión de despacho. En este proceso demoraban alrededor de una hora y media para cargar al camión una cantidad de treinta tanques de 200 Kg.

Mientras que con el montacargas, este proceso es realizado solo con dos obreros, El motacarguista y la persona que acomoda los tanques en el camión. La tarima (pallet) tiene la capacidad de cuatro tanques de 200 Kg. Los cuales son subidos con gran facilidad por el montacargas. Este proceso se demora alrededor de un minuto por tarima.

## 4.2 ANALISIS DE DATOS.

### 4.2.1 CALCULO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.

Analizaremos cada una de las tablas obtenidas en la recolección de los datos de tiempos y movimientos.

Los primeros análisis mostrados a continuación son de las tablas que tienen que ver con el traslado de materia en forma manual.

De tabla 1:

$$X \text{ media} = \frac{\sum x_n}{n}$$

$$X \text{ media} = 3009 / 40$$

$$X \text{ media} = 75.23 \text{ seg.}$$

$$\# \text{ Jabas} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Jabas} = 10000 / 40$$

$$\# \text{ Jabas} = 250$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Jabas}}{\# \text{ Jabas por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 250 / 15$$

$$\# \text{ Viajes} = 16.6 \approx 17$$

$$T \text{ total} = X \text{ media} * \# \text{ Viajes}$$

$$T \text{ total} = 75.23 \text{ seg.} * 17$$

$$T \text{ total} = \mathbf{1278.91 \text{ seg.}}$$

Costo por ruta = T total \* # de personas \* costo por persona por hora

$$\text{Costo por ruta} = 1278.91 * 2 * 1.35 / 3600$$

$$\text{Costo por ruta} = \mathbf{0.96 \$}$$

De tabla 2:

$$X \text{ media} = \frac{\sum x_n}{n}$$

$$X \text{ media} = 2816 / 40$$

$$X \text{ media} = 70.4 \text{ seg.}$$

Ingreso de producto

$$\# \text{ Tanques} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Tanques} = 4000 / 200$$

$$\# \text{ Tanques} = 20$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Tanques}}{\# \text{ Tanques por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 20 / 4$$

$$\# \text{ Viajes} = 5$$

Salida de producto

$$\# \text{ Tanques} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Tanques} = 2000 / 200$$

$$\# \text{ Tanques} = 10$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Tanques}}{\# \text{ Tanques por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 10 / 4$$

$$\# \text{ Viajes} = 2.5 \approx 3$$

$$T \text{ total} = X \text{ media} * \# \text{ Viajes}$$

$$T \text{ total} = 70.4 \text{ seg.} * (5+3)$$

$$T \text{ total} = \mathbf{563.2 \text{ seg.}}$$

$$\text{Costo por ruta} = T \text{ total} * \# \text{ de personas} * \text{costo por persona por hora}$$

$$\text{Costo por ruta} = 563.2 * 2 * 1.35 / 3600$$

$$\text{Costo por ruta} = \mathbf{0.43 \$}.$$

De tabla 3:

$$X \text{ media} = \frac{\sum x_n}{n}$$

$$X \text{ media} = 3015 / 40$$

$$X \text{ media} = 75.38 \text{ seg.}$$

Salida de producto:

$$\# \text{ Tanques} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Tanques} = 2000 / 200$$

$$\# \text{ Tanques} = 10$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Tanques}}{\# \text{ Tanques por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 10 / 4$$

$$\# \text{ Viajes} = 2.5 \approx 3$$

$$T \text{ total} = X \text{ media} * \# \text{ Viajes}$$

$$T \text{ total} = 75.38 \text{ seg.} * 3$$

$$T \text{ total} = \mathbf{226.14 \text{ seg.}}$$

Costo por ruta = T total \* # de personas \* costo por persona por hora

$$\text{Costo por ruta} = 226.14 * 2 * 1.35 / 3600$$

$$\text{Costo por ruta} = \mathbf{0.17 \$}$$

De tabla 4:

$$X \text{ media} = \frac{\sum x_n}{n}$$

$$X \text{ media} = 2419 / 40$$

$$X \text{ media} = 60.48 \text{ seg.}$$

Salida de producto:

$$\# \text{ Tanques} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Tanques} = 8000 / 200$$

$$\# \text{ Tanques} = 40$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Tanques}}{\# \text{ Tanques por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 40 / 4$$

$$\# \text{ Viajes} = 10$$

$$T \text{ total} = X \text{ media} * \# \text{ Viajes}$$

$$T \text{ total} = 60.48 \text{ seg.} * 10$$

$$T \text{ total} = \mathbf{604.8 \text{ seg.}}$$

Costo por ruta = T total \* # de personas \* costo por persona por hora

$$\text{Costo por ruta} = 604.8 * 2 * 1.35 / 3600$$

Costo por ruta = **0.45 \$**

De tabla 5:

$$X \text{ media} = \frac{\sum x_n}{n}$$

$$X \text{ media} = 3009 / 40$$

$$X \text{ media} = 75.23 \text{ seg.}$$

Ingreso de producto:

$$\# \text{ Tanques} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Tanques} = 4800 / 200$$

$$\# \text{ Tanques} = 24$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Tanques}}{\# \text{ Tanques por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 24 / 4$$

$$\# \text{ Viajes} = 6$$

$$T \text{ total} = X \text{ media} * \# \text{ Viajes}$$

$$T \text{ total} = 75.23 \text{ seg.} * 6$$

$$T \text{ total} = **451.38 seg.**$$

Costo por ruta = T total \* # de personas \* costo por persona por hora

$$\text{Costo por ruta} = 451.38 * 2 * 1.35 / 3600$$

$$\text{Costo por ruta} = **0.34 \$**$$

Los análisis mostrados a continuación son de las tablas que tienen que ver con el traslado de producto con ayuda del montacargas.

De tabla 6:

$$X \text{ media} = \frac{\sum x_n}{n}$$

$$X \text{ media} = 2800 / 40$$

$$X \text{ media} = 70 \text{ seg.}$$

$$\# \text{ Jabas} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Jabas} = 10000 / 40$$

$$\# \text{ Jabas} = 250$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Jabas}}{\# \text{ Jabas por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 250 / 30$$

$$\# \text{ Viajes} = 8.3 \approx 9$$

$$T \text{ total} = X \text{ media} * \# \text{ Viajes}$$

$$T \text{ total} = 70 \text{ seg.} * 9$$

$$T \text{ total} = \mathbf{630 \text{ seg.}}$$

$$\text{Costo por ruta} = T \text{ total} * \# \text{ de personas} * \text{costo por persona por hora}$$

$$\text{Costo por ruta} = 630 * 1 * 1.35 / 3600$$

$$\text{Costo por ruta} = \mathbf{0.24 \$}$$

De tabla 7:

$$X \text{ media} = \frac{\sum x_n}{n}$$

$$X \text{ media} = 1600 / 40$$

$$X \text{ media} = 40 \text{ seg.}$$

Ingreso de producto

$$\# \text{ Tanques} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Tanques} = 4000 / 200$$

$$\# \text{ Tanques} = 20$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Tanques}}{\# \text{ Tanques por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 20 / 4$$

$$\# \text{ Viajes} = 5$$

Salida de producto

$$\# \text{ Tanques} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Tanques} = 2000 / 200$$

$$\# \text{ Tanques} = 10$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Tanques}}{\# \text{ Tanques por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 10 / 4$$

$$\# \text{ Viajes} = 2.5 \approx 3$$

$$T \text{ total} = X \text{ media} * \# \text{ Viajes}$$

$$T \text{ total} = 40 \text{ seg.} * (5+3)$$

$$T \text{ total} = \mathbf{320 \text{ seg.}}$$

$$\text{Costo por ruta} = T \text{ total} * \# \text{ de personas} * \text{costo por persona por hora}$$

$$\text{Costo por ruta} = 320 * 1 * 1.35 / 3600$$

$$\text{Costo por ruta} = \mathbf{0.12 \$}.$$

De tabla 8:

$$X \text{ media} = \frac{\sum x_n}{n}$$

$$X \text{ media} = 1989 / 40$$

$$X \text{ media} = 49.73 \text{ seg.}$$

Salida de producto:

$$\# \text{ Tanques} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Tanques} = 2000 / 200$$

$$\# \text{ Tanques} = 10$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Tanques}}{\# \text{ Tanques por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 10 / 4$$

$$\# \text{ Viajes} = 2.5 \approx 3$$

$$T \text{ total} = X \text{ media} * \# \text{ Viajes}$$

$$T \text{ total} = 49.73 \text{ seg.} * 3$$

$$T \text{ total} = \mathbf{149.19 \text{ seg.}}$$

Costo por ruta = T total \* # de personas \* costo por persona por hora

Costo por ruta = 149.19 \* 1 \* 1.35 / 3600

Costo por ruta = **0.06 \$**

De tabla 9:

$$X \text{ media} = \frac{\sum x_n}{n}$$

X media = 1594 / 40

X media = 39.85 seg.

Salida de producto:

$$\# \text{ Tanques} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

# Tanques = 8000 / 200

# Tanques = 40

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Tanques}}{\# \text{ Tanques por viaje}}$$

# Viajes = 40 / 4

# Viajes = 10

T total = X media \* # Viajes

T total = 39.85 seg. \* 10

T total = **398.5 seg.**

Costo por ruta = T total \* # de personas \* costo por persona por hora

Costo por ruta = 398.5 \* 1 \* 1.35 / 3600

Costo por ruta = **0.15 \$**

De tabla 10:

$$X \text{ media} = \frac{\sum x_n}{n}$$

$$X \text{ media} = 1985 / 40$$

$$X \text{ media} = 49.63 \text{ seg.}$$

Ingreso de producto:

$$\# \text{ Tanques} = \frac{\text{cantidad total (Kg.)}}{\text{cantidad por tanque (Kg.)}}$$

$$\# \text{ Tanques} = 4800 / 200$$

$$\# \text{ Tanques} = 24$$

$$\# \text{ Viajes} = \frac{\# \text{ Tanques}}{\# \text{ Tanques por viaje}}$$

$$\# \text{ Viajes} = 24 / 4$$

$$\# \text{ Viajes} = 6$$

$$T \text{ total} = X \text{ media} * \# \text{ Viajes}$$

$$T \text{ total} = 49.63 \text{ seg.} * 6$$

$$T \text{ total} = \mathbf{297.78 \text{ seg.}}$$

$$\text{Costo por ruta} = T \text{ total} * \# \text{ de personas} * \text{costo por persona por hora}$$

$$\text{Costo por ruta} = 297.78 * 1 * 1.35 / 3600$$

$$\text{Costo por ruta} = \mathbf{0.11 \$}$$

En cuanto tiene que ver al despacho de productos, calcularemos el tiempo requerido y el costo de la operación para las dos opciones.

En forma manual:

$$T \text{ total} = 1:30 \text{ hr.}$$

$$T \text{ total} = \mathbf{5400 \text{ seg.}}$$

Costo operación = T total \* # de personas \* costo por persona por hora

Costo operación = 5400 \* 4 \* 1.35 / 3600

Costo por ruta = **8.10 \$**

Con el montacargas:

$$T \text{ total} = \frac{30 \text{ Tanques} * 1 \text{ min} / \text{tarima}}{4 \text{ Tanques} / \text{tarima}}$$

T total = 7.5 min.  $\approx$  8 min.

T total = **480 seg.**

Costo operación = T total \* # de personas \* costo por persona por hora

Costo operación = 480 \* 2 \* 1.35 / 3600

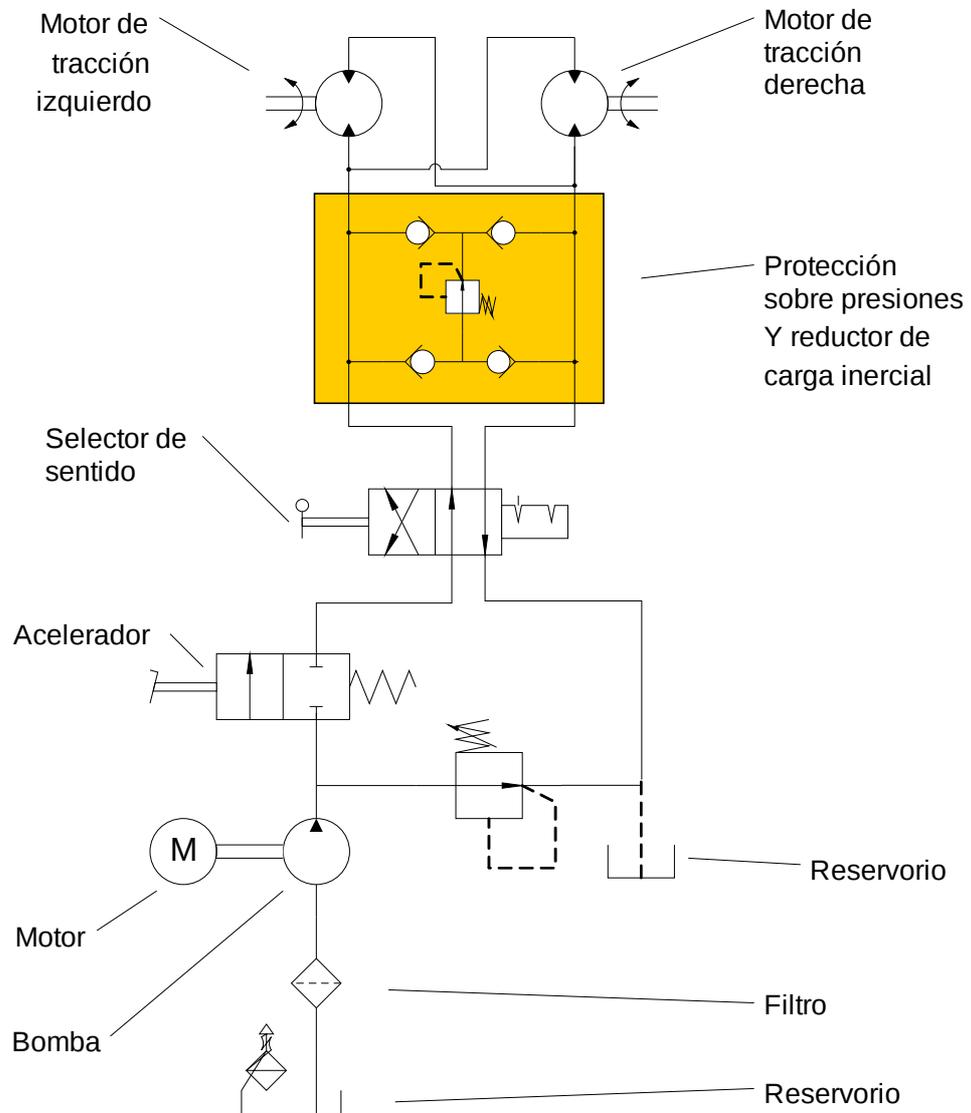
Costo por ruta = **0.36 \$**

#### **4.2.2 DISEÑO Y CALCULO DEL NUEVO SISTEMA.**

Para la realización del estudio de este proyecto tomaremos en cuenta que debemos reemplazar la unidad lógica la que era encargada de controlar el motor de tracción del montacargas por otro sistema que es hidráulico.

En este nuevo sistema, la transmisión (cono, corona y conjunto reductor) será reemplazada por un motor hidráulico por cada rueda. Estos motores serán alimentados por una bomba la cual será conectada al motor eléctrico perteneciente al sistema anterior. Estos motores eran controlados por válvulas como se muestra en el siguiente diagrama.

**Diagrama 1**



En esta opción, para el cálculo de los motores y de la bomba es necesario saber la velocidad máxima y en el tiempo que la alcanza. Por eso a continuación realizaremos los cálculos necesarios para saber los datos exactos.

- Velocidad máxima del montacargas:

Sabiendo que en el sistema anterior, el motor de la tracción gira a 2000 revoluciones, un conjunto reductor de 1:24 y con un diámetro de neumático de 17 pulgadas

$$V_{\max} = \text{rpm} * \text{perímetro de neumático} * \text{relación de transmisión}$$

$$\text{perímetro de neumático} = \text{diámetro} * \text{Pi}$$

$$\text{perímetro de neumático} = 17 \text{ pulg} * 3.1416$$

$$\text{perímetro de neumático} = 53.40 \text{ pulg.}$$

$$\text{perímetro de neumático} = 1.3565 \text{ m.}$$

$$V_{\max} = 2000 \text{ rpm} * 1.3565 \text{ m} * (1/24)$$

$$V_{\max} = 113. \text{ m / min}$$

- Máxima revolución del neumático:

Este ítem es importante, puesto que, es un dato para la selección del motor hidráulico

$$\text{Rpm} = \frac{V_{\max}}{\text{perímetro de neumático}}$$

$$\text{Rpm} = 113.04 \text{ (m / min.)} / 1.3565 \text{ m}$$

$$\text{Rpm} = \mathbf{83.33 \text{ rpm}}$$

- Aceleración del montacargas:

Este factor será calculado para un tiempo de 10 segundos hasta alcanzar su velocidad máxima.

$$V_{\max} = V_0 + a \cdot t$$

$$a = \frac{V_{\max} - V_0}{t}$$

$$a = (113.04 - 0) / (10 \cdot 60)$$

$$a = 0.1884 \text{ m / seg}^2$$

- Torque del montacargas:

Como dato se sabe el torque aplicado a una sola rueda, con el cual se logró romper la inercia es de 40 lb.-m, entonces, par un solo motor el torque mínimo será la mitad puesto hay dos ruedas motrices. Para calcular el torque máximo debemos obtener la fuerza que debe incrementarse para alcanzar la velocidad máxima en el tiempo requerido.

$$T_{\min} = 40 \text{ lb.-m}$$

$$T_{\min} = 177.95 \text{ N-m}$$

Para poder saber el torque máximo que debe erogar el montacargas, debemos saber la máxima fuerza que realizara esté.

Para esto realizaremos una sumatoria de fuerzas (segunda ley de Newton) en la cual la fuerza negativa será la fuerza necesaria para romper la inercia del montacargas y una fuerza máxima la cual será necesaria para mover el montacargas con su máxima carga en una determinada aceleración.

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$F_{\max} - F_{\text{iner}} = m \cdot a$$

$$F_{\max} = (m \cdot a) + F_{\text{iner}}$$

$$* F_{\max} = (3000 \text{ Kg} \cdot 0.1884 \text{ m / seg}^2) + 177.95 \text{ N}$$

$$F_{\max} = 574.29 \text{ N}$$

\* NOTA: Las fuerzas están consideradas para los torques a una distancia de 1 metro

$$T_{\max} = 743.15 \text{ N} \cdot \text{m}$$

pero hay dos motores motrices entonces el torque será la mitad.

$$T_{\max} = 371.57 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Hasta el momento hemos encontrado un torque máximo para los motores hidráulicos. Este torque esta en función del tiempo que se demora el motor en desarrollar la máxima velocidad.

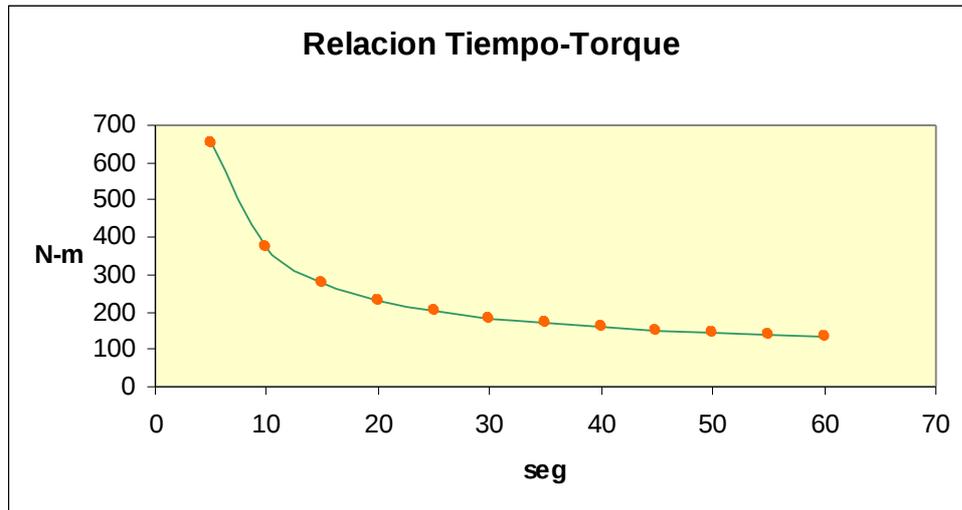
A continuación mostraremos un cuadro con diferentes tiempos y sus diversos valores de torque máximo por motor.

**Cuadro 1**

Tiempo seg.	V <sub>max</sub> m /min.	Aceleración m / seg <sup>2</sup>	Masa Kg.	T <sub>min</sub> N-m	T <sub>max</sub> N-m
5	113	0,38	3000	177,95	653,98
10	113	0,19	3000	177,95	371,48
15	113	0,13	3000	177,95	277,31
20	113	0,09	3000	177,95	230,23
25	113	0,08	3000	177,95	201,98
30	113	0,06	3000	177,95	183,14
35	113	0,05	3000	177,95	169,69
40	113	0,05	3000	177,95	159,60
45	113	0,04	3000	177,95	151,75
50	113	0,04	3000	177,95	145,48
55	113	0,03	3000	177,95	140,34
60	113	0,03	3000	177,95	136,06

Para mejor visualización de estos datos les presentamos el siguiente grafico:

**Grafico 1**



- Selección del Motor

Se presentan dos criterios para la selección del motor debido a que comercialmente los motores para bajas velocidades presentan torques muchos mayores a los requeridos. El primer criterio es escoger el motor con base en las revoluciones, esto implica seleccionar un motor con torques mayores a los de trabajo; el segundo criterio es escoger el motor basado en el torque, esto obliga al uso de un reductor de velocidad. La selección del motor se hace con base en el segundo criterio

Vamos ha escoger un motor de acuerdo al torque, puesto que las revoluciones de este motor podemos reducirlas, reduciendo el caudal que ingrese al motor y manteniendo la presión.

En cuanto tiene que ver con la aceleración del montacargas escogeremos un tiempo de 30 segundos para que éste alcance su velocidad máxima, porque si escogemos un motor mucho más rápido corremos el riesgo de que vuelva peligroso y también demandara una bomba y tuberías más robustas, puesto que el par que debe desarrollar es elevado.

Del anexo 1 se selecciono el motor código 160 el cual tiene un desplazamiento de  $10 \text{ in}^3 / \text{rev}$ . De la tabla del anexo encontramos que para que el motor gire a 80 rpm y erogue un par de 190 N-m es necesario un caudal de 15 LPM (4 GPM) y 86 bares de presión. Esta combinación es la más cercana a nuestras necesidades, puesto que solo penalizaríamos en la velocidad final, que se vería restringida en un 3.9 %, ósea la velocidad final será de 108.52 m / min, manteniendo su capacidad máxima.

- Velocidad en las tuberías

La velocidad a que circula el fluido hidráulico a través de las líneas es una consideración de diseño importante, debido al efecto de la velocidad sobre el rozamiento. Generalmente las velocidades recomendadas son:

Línea de aspiración de la bomba

2 a 4 pies por segundo

(0.61 a 1.22 metros por segundo)

Línea de trabajo:

7 a 20 pies por segundo

(2.13 a 6.10 metros por segundo)

En nuestro caso trabajaremos a una velocidad de fluido de 10 pies por segundo.

- Diámetros de las tuberías

Debemos calcular dos diversos diámetros, puesto que, para la sección de la bomba al distribuidor hidráulico el caudal es el doble de los tramos que van desde el distribuidor a los dos motores, puesto que, dicho tramo el caudal es solo la mitad por que este se divide para los dos motores.

Tramo del motor al distribuidor.

Del anexo 1 se sabe que:

Caudal = 15 LPM

Del anexo 2 se obtiene el diámetro interno normalizado de la tubería:

$$\varnothing_{\text{int}} = \frac{3}{8} \text{ pulg.}$$

Tramo del distribuidor a la bomba.

Caudal = caudal motor-distribuidor \* 2

Caudal = 30 LPM

Del anexo 2 se obtiene el diámetro interno normalizado de la tubería:

$$\varnothing_{\text{int}} = \frac{1}{2} \text{ pulg.}$$

- Calculo del espesor de la tubería

$$e = \frac{P * d}{2 * \sigma}$$

Siendo,

e = Espesor de la pared en mm.

P = Presión máxima en bar.

d = Diámetro interior de la tubería en mm.

$\sigma$  = Tensión máxima a la tracción en Kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma$  = De 400 a 600 Kg/cm<sup>2</sup> para el acero.

Tramo del motor al distribuidor.

$$e = (86 \text{ bar} * 9.52 \text{ mm}) / (2 * 400 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$e = \mathbf{1.02 \text{ mm}}$$

Tramo del distribuidor a la bomba.

$$e = (86 \text{ bar} * 12.7 \text{ mm}) / (2 * 400 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$e = \mathbf{1.36 \text{ mm}}$$

- Selección de la bomba

Tenemos tener en cuenta que son dos motores que deben ser alimentados por lo tanto el caudal que debe suministrar la bomba será el doble, pero la presión será la misma que es para un solo motor.

Por lo tanto el caudal que debe suministrar la bomba será de 30 LPM y con una presión de 86 bares.

Del anexo 3 seleccionamos la bomba NT 22 que puede proporcionar hasta 31.9 LPM y con una presión máxima de 180 bares.

Según el anexo 4 la bomba suministra 31.5 LPM a 86 bares de presión.

La potencia consumida puede obtener calculando la potencia proporcionada por la bomba y dividiéndola por el rendimiento que es obtenida del catalogo.

$$Kw. = \frac{\text{presión} * \text{caudal}}{\eta * 1000}$$

Del anexo 4 obtenemos el rendimiento de la bomba que es de 84.6 %, entonces:

$$Kw. = (31.5 \text{ LPM} * 86 \text{ bar}) / (0.846 * 1000)$$

$$Kw. = \mathbf{3.202}$$

### 4.3. INTERPRETACION DE RESULTADOS.

#### 4.3.1 TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.

A continuación mostraremos una tabla en la cual indicamos la reducción en porcentaje de los tiempos cuando realizamos un traslado de producto en forma manual versus la utilización del montacargas.

**Tabla 11:**

	<b>Tiempo manual</b>	<b>Tiempo montacargas</b>	<b>Reducción %</b>
Ruta 1	1278,91	630,00	<b>50,74</b>
Ruta 2	563,20	320,00	<b>43,18</b>
Ruta 3	226,14	149,19	<b>34,03</b>
Ruta 4	604,80	398,50	<b>34,11</b>
Ruta 5	451,38	297,78	<b>34,03</b>
Despacho	5400,00	480,00	<b>91,11</b>

Esta tabla esta realizada en base a los tiempos acumulados de un mes cualquiera.

Como se observa hay una reducción considerable cuando se utiliza el montacargas. Esta reducción de tiempo se ve reflejada en los procesos posteriores, a los en que se ocupa el montacargas, puesto que cada segundo que se ahorra, en los procesos posteriores son gran reducción de que las maquinas estén encendidas sin hacer nada y que los obreros esperen el producto, esto en otras palabras es disminución del costo agregado al producto final.

### 4.3.2 COSTOS.

Mostramos en esta tabla el porcentaje de reducción en los costos de personal de las dos formas estudiadas.

**Tabla 12:**

	Costo manual	Costo montacargas	Reducción %
Ruta 1	0,96	0,24	<b>75,00</b>
Ruta 2	0,43	0,12	<b>72,09</b>
Ruta 3	0,17	0,06	<b>64,71</b>
Ruta 4	0,45	0,15	<b>66,67</b>
Ruta 5	0,34	0,11	<b>67,65</b>
Despacho	8,10	0,36	<b>95,56</b>

La reducción de costos es más significativa que la reducción de tiempo, puesto que al ocupar el montacargas solo se necesita de un operador, pero al final lo que nos interesa es la reducción del costo agregado al producto final.

### 4.3.3 NUEVO SISTEMA

Este nuevo sistema es capaz de mover el montacargas con su máxima carga a una velocidad aproximada de 110 m/min en tan solo 30 segundos.

Para realizar este trabajo anteriormente con la unidad lógica necesitaba un motor de 10 hp, mientras que ahora con el sistema hidráulico solo se necesita un motor de 4.5 hp aproximadamente.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- La implementación de este proyecto es beneficioso para la empresa PLAHOFA puesto que logra reducir los tiempos, por ende disminuye el costo al producto terminado.
- El sector con mayores beneficios es el de carga y descarga puesto que se logra un ahorro de más del 90% en su operación.
- El uso del montacargas disminuirá el riesgo de accidentes, cuando se tiene que elevar o bajar tanques cargados.
- Se da a notar que si se utiliza el montacargas se podrá triplicar el volumen de productos que se guardan en los cuartos de refrigeración o en los cuartos de congelamiento.
- El aumento de la capacidad de los cuartos de refrigeración y en los de congelamiento, nos brinda mayor capacidad de producción puesto se pueden guardar mas producto, y lo mas interesante en un menor costo.
- Con un sistema hidráulico, el mantenimiento del montacargas será menos costoso que otros sistemas.
- En cuanto tiene que ver con el sistema se puede notar que si deseamos que el montacargas posea mayor aceleración ,se necesita motores de torque mas elevados y de cilindrada mayor, por ende la bomba será de mayor capacidad, lo que implica un costo mas elevado

- Con el sistema anterior se necesitaba un motor para la transmisión de mayor potencia, que el motor que necesita este nuevo sistema, para producir los mismos efectos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- El uso del montacargas de ser hecho por personal calificado.
- PLANHOFA debe poner en marcha este proyecto puesto con la implementación de este, lograr beneficios.
- Como el nuevo sistema es hidráulico, se debe seguir un plan de mantenimiento continuo para prolongar la vida útil del sistema, se da a conocer en el anexo 5.
- En el caso hipotético de que hubiese alguna falla del sistema debemos saber las posibles causas y las posibles soluciones, para esto debemos revisar el anexo 6.

## **CAPITULO VI PROPUESTA**

La propuesta es simple, debemos cambiar el sistema anterior por el nuevo sistema, a causa de que el mantenimiento del sistema anterior es muy costoso, lo que con este otro sistema, es relativamente nulo.

El nuevo sistema tiene un esquema demasiado simple como para comprenderlo, para mayor visualización lo veremos en los diagramas que se muestran a continuación. El diagrama 2 corresponde al sistema anterior, mientras que el diagrama 3 corresponde al nuevo sistema

La propuesta no solo va encaminada a que se cambie de sistema, sino de que se logre poner en marcha al montacargas, puesto de que, con el funcionamiento de éste, se logra grandes beneficios para la empresa.

DIAGRAMA 2

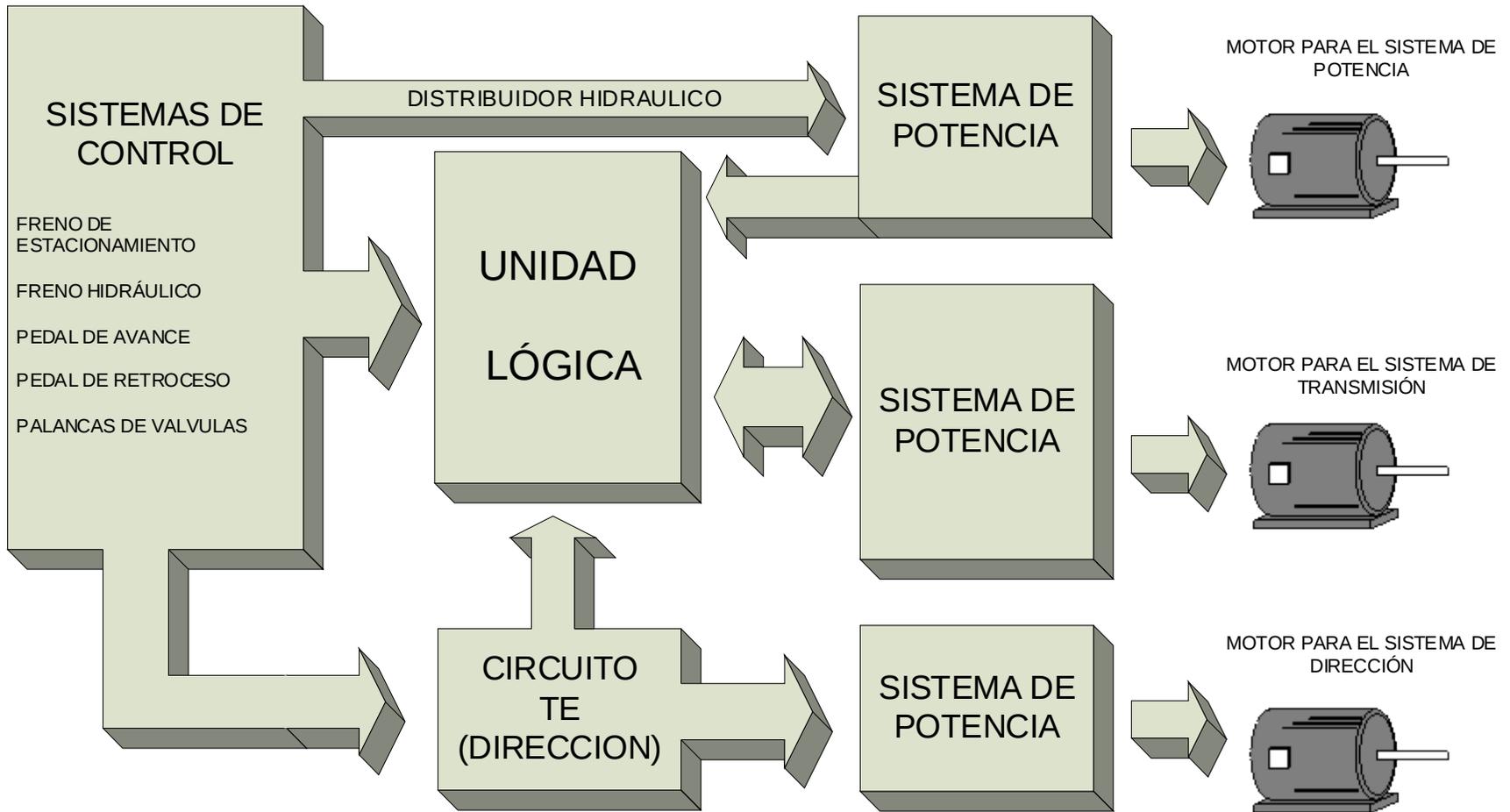
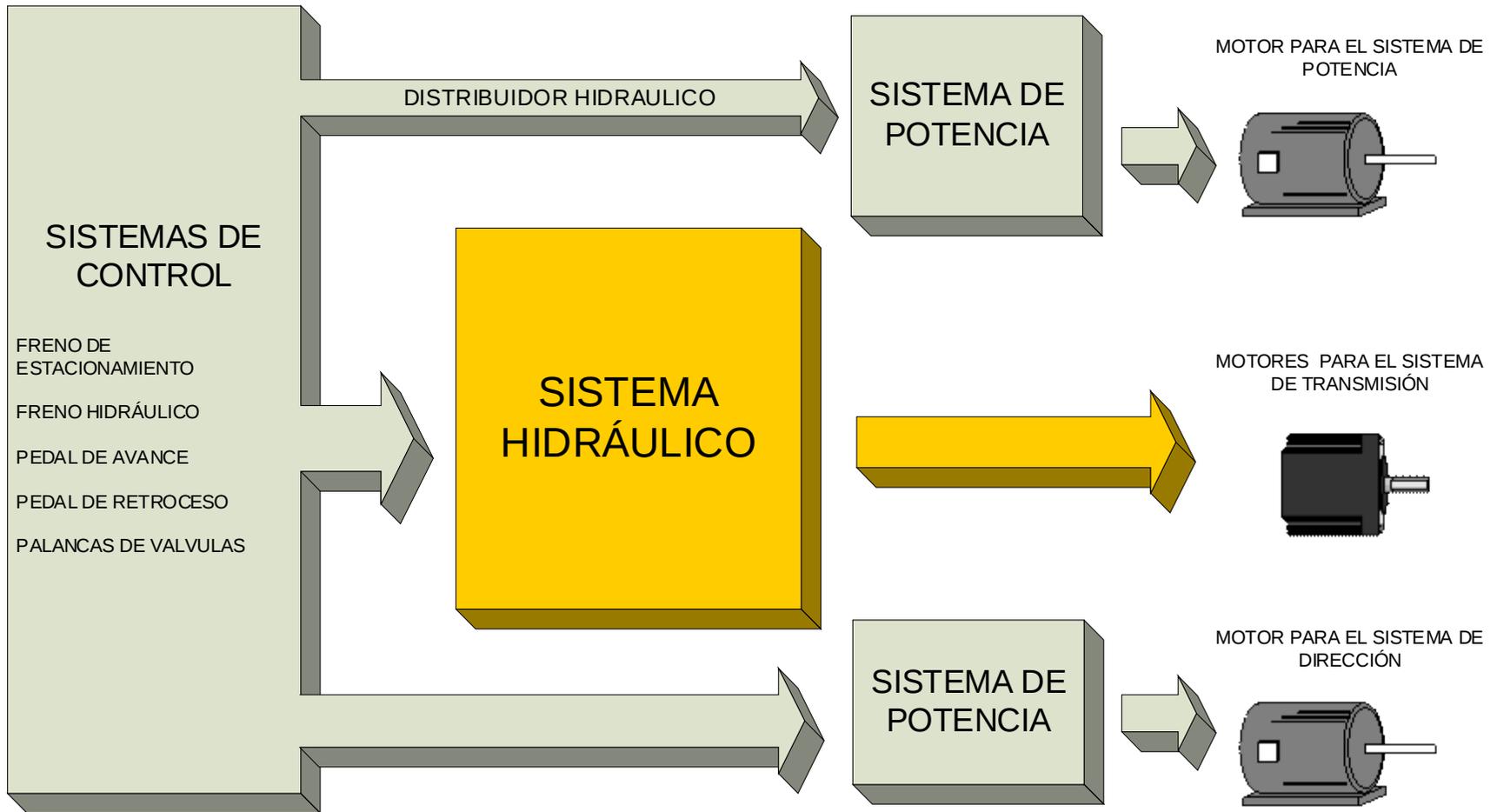


DIAGRAMA 3



## **BIBLIOGRAFÍA**

- WATTON J.  
Fluid Power Systems. Prince Hall, 1989.
- D. McCLOY, H.R. Martin.  
Control of Fluid Power. Ellis Horwood, Inglaterra, 1980.
- BLACKBURN J., REETHOF G., LOWEN J.  
Fluid Power Control. M.I.T. Massachusetts, 1960.
- ROSERO, Mario. Notas de clase (sin publicar).  
Universidad Técnica de Ambato.
- OGATA K.  
Ingeniería de Control Moderna. Tercera edición, Prentice Hall  
Hispanoamérica, México, 1998.
- PARKER HYDRAULICS.  
Catálogo HY13-1503/NA, EU.
- REXROTH HYDRAULICS.  
Catálogo.
- EATON HYDRAULICS.  
Product Literature 900. Release 1.1 Mayo 2001.

**ANEXOS**  
**Anexo 1**



160 10.0 in<sup>3</sup>/rev

Flow GPM (LPM)	Pressure psi (bars)						Max. Cont.	Max. Inter.	Theo. RPM
	250 (17)	500 (35)	750 (52)	1000 (69)	1250 (86)	1500 (104)			
0.5 (2)	281 (32) 11	630 (71) 10	908 (103) 8	1247 (141) 6	1481 (167) 2			12	
1 (4)	308 (35) 22	677 (76) 21	983 (111) 20	1245 (141) 20	1615 (182) 16	1867 (211) 11	2070 (234) 3	24	
2 (8)	320 (36) 45	694 (78) 45	1023 (116) 44	1403 (159) 42	1707 (193) 39	1974 (223) 34	2279 (257) 27	47	
4 (15)		633 (72) 91	1007 (114) 90	1375 (155) 86	1679 (190) 80	1998 (226) 71	2319 (262) 56	93	
6 (23)		608 (69) 138	961 (109) 137	1318 (149) 132	1667 (188) 125	1979 (224) 114	2359 (267) 101	139	
8 (30)		573 (65) 184	921 (104) 183	1233 (139) 180	1597 (181) 171	1941 (219) 161	2284 (258) 148	185	
10 (38)			837 (95) 230	1184 (134) 229	1531 (173) 221	1874 (212) 211	2220 (251) 197	231	
12 (45)			736 (83) 276	1095 (124) 275	1432 (162) 270	1796 (203) 259	2133 (241) 245	278	
14 (53)			643 (73) 322	1010 (114) 321	1366 (154) 320	1714 (194) 310	2045 (231) 295	324	
Max. Cont. 16 (61)				901 (102) 369	1255 (142) 368	1585 (179) 362	1936 (219) 345	370	
18 (68)				824 (93) 415	1121 (127) 414	1447 (164) 410		416	
Max. Inter. 20 (76)					980 (111) 460	1348 (152) 460		462	
<b>Theo. Torque</b>	398 (45)	796 (90)	1194 (135)	1592 (180)	1990 (225)	2389 (270)	2787 (315)		

DO NOT operate at maximum pressure and maximum flow simultaneously.

Areas within white represent maximum motor efficiencies.

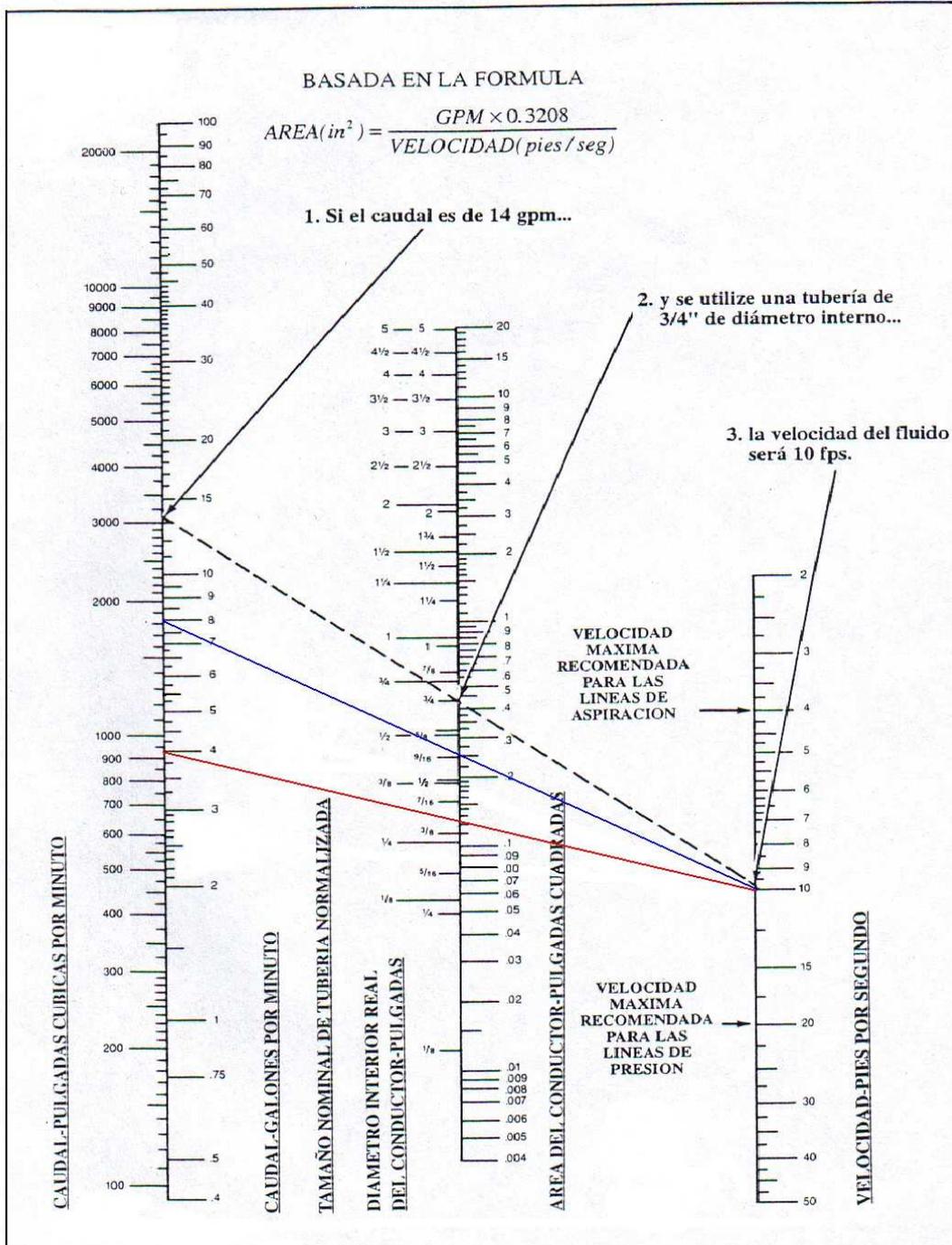
Torque, lb-in (Nm)  
Speed, RPM

Tested at 129°F with an oil viscosity of 213 SUS

Note: Performance data is typical. Performance of production units varies slightly from one motor to another.

## Anexo 2

Hidráulica Industrial  
VICKERS





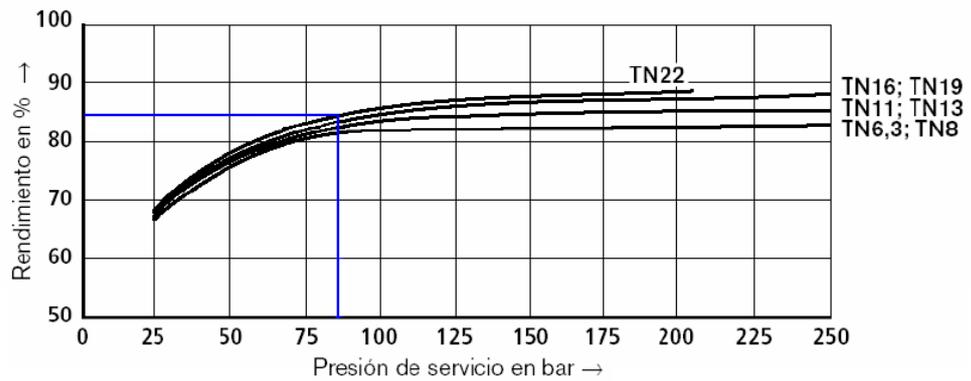
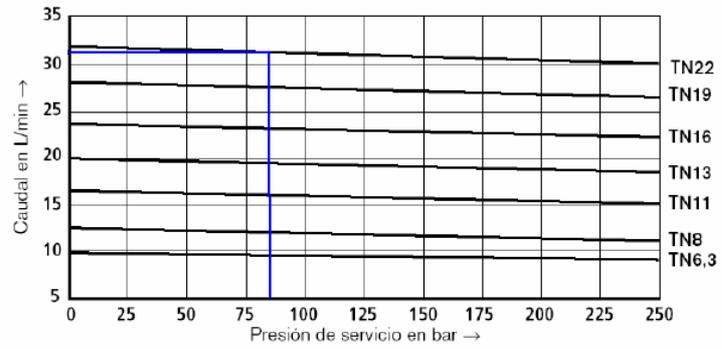
### Anexo 3

Tamaño constructivo		TC2									
Tamaño nominal	TN	6,3	8	11	13	16	19	22			
Masa <sup>4)</sup>	m kg	2,1	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1			
Rango de revoluciones <sup>1)</sup>	$n_{\min}$ min <sup>-1</sup>	600									
	$n_{\max}$ min <sup>-1</sup>	3600									
Cilindrada	V cm <sup>3</sup>	6,5	8,2	11	13,3	16	18,9	22			
Caudal <sup>2)</sup>	$q_v$ L/min	9,4	11,9	16	19,3	23,2	27,4	31,9			
Presión de servicio, absoluta	$p$ bar	0,6 hasta 3									
- Entrada	$p_{\max}$ bar	210	210	210	210	210	210	210	180		
- Salida, continua	$p_{\max}$ bar	250	250	250	250	250	250	250	210		
- Salida, intermitente <sup>3)</sup>	$p_{\max}$ bar	210	210	210	210	210	210	210	180		
Potencia de accionamiento min. requerida para $\Delta p = 0$ bar	kW	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,1		

## Anexo 4

Valores medios de las curvas del TC 2 (medidos para  $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ ;  $v = 46 \text{ mm}^2/\text{s}$  y  $\vartheta = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Caudal



## **Anexo 5**

Hay una serie de puntos a verificar y tener en cuenta diaria, semanal, mensual, semestral y anualmente.

### **Diariamente**

- Verificar el nivel de aceite del depósito.
- Verificar el aspecto del aceite (la presencia de espuma en la superficie indica que hay una entrada de aire).
- La presencia de espuma es motivo para que la bomba funcione con ruido y los receptores funcionen irregularmente.
- Anotar todas las fugas existentes o que se observen por muy pequeñas que sean, bien sean en un aparato o en una tubería. Durante el primer mes de funcionamiento de un circuito hidráulico es conveniente supervisar la instalaciones varias veces y corregir las posibles apretando las distintas uniones que presentan dichas fugas.
- Verificar las obstrucciones de los no sumergidos y ver el nivel de la posición» indicador de la obstrucción.

### **Semanalmente**

- Los filtros montados sobre líneas torno, los cartuchos son reemplazados de de un cierto número de horas de funcionar to, de acuerdo con las indicaciones impresas de la ficha de mantenimiento (500, 1.000 y 1. horas y en función de la atmósfera donde I bajan, y la instalación más o menos contaminante).
- Reparar las fugas que durante el funcionamiento se han visto y se ha hecho una lista de las mismas. No intenten reparar una apretando exageradamente los elementos. Es más recomendable cambiar los elementos defectuosos por otros nuevos, como son juntas biconos, bridas, etc.
- Para las uniones con biconos, cambiarle basta hacer una incisión en el y después, mediante un destornillador, hacerlo saltar

reemplazarlo por uno nuevo. Si la parte que vamos a montar nueva presenta algún deterioro de la rosca, es preferible cambiarla de colocar por una nueva, y siempre, antes poner o roscar una pieza, hay que tener la precaución de ponerle una cinta de teflón alrededor de la rosca para que le dé más estar dad a dicha unión.

- Verificar la estanqueidad de las tuberías.
- Verificar el buen anclaje de los receptores, motores, cilindros, etc. Sobre todo, verificar la alineación de los cilindros hidráulicos
- Verificar los acoplamientos elásticos entre bomba y motor.
- Si la instalación lleva acumuladores verificar la presión del gas y rectificar el llenado con la ayuda de un conjunto de llenado con manómetro incorporado, válvula de aislamiento y válvulas rígidas y flexibles no; cesibles cuando la máquina está en funcionamiento.

### **Mensual y semestralmente**

- Comprobación de aceite y transmisiones, puntos de anclajes de motores, cilindros y conjuntos móviles.

### **Anualmente**

#### **Tuberías**

Durante todas las operaciones de reparación o mantenimiento de la máquina es indispensable taponar los tubos que se encuentren desabrochados de su lugar mediante tapones metálicos o de cualquier otro material menos con trapos, ya que están prohibidos su utilización.

Todos los soportes y tuberías de los aparatos deben ser vueltos a montar con la máxima limpieza y con el mayor cuidado con respecto a su par de aprieto, sobre todo en las bombas, motores, etc.

#### **Depósitos**

Según el estado y las horas de funcionamiento del aceite, vaciar, limpiar y verificar bombas sumergidas, filtros y mirillas.

## **Bombas**

Bombas de paletas, verificar el estado de las diferentes piezas en movimiento.

Para el apretado de los tornillos de fijación de los diferentes elementos de las bombas, se observará siempre los pares de aprieto recomendados.

Una vez montada la bomba, el árbol de la misma debe girar con la mano.

Todas las bombas que se desarmen para hacerla un mantenimiento se deben de cambiar siempre las juntas y es muy recomendable el cambiar también los rodamientos.

Es necesario poner en la ficha de mantenimiento las piezas que se le hayan cambiado.

Con respecto a las bombas de pistones, es conveniente hacerle una revisión por ver las piezas que tienen demasiado juego y es necesario cambiar (sobre todo aquellas que tienen movimiento).

En estas bombas se tienen las mismas recomendaciones que para las bombas de paletas especificadas anteriormente.

## **Válvulas**

Después de desmontarlas y limpiar las piezas, verificar el buen estado de los asientos, cables, tiradores, etc.

Todos los elementos que presenten averías o anomalías serán reemplazados por otros nuevos.

## **Anexo 6**

### **Averías: Su localización**

Las máquinas automatizadas son de costo elevado, por lo cual su rentabilidad sólo puede estar asegurada sin averiarse, con lo que sobre el personal de mantenimiento recae la misión de reparar en corto tiempo las posibles averías o fallos que puedan presentarse. La dificultad reside generalmente en encontrar la causa del fallo, ya que la reparación en sí acostumbra a no ser difícil.

#### *Búsqueda sistemática de la avería*

#### **La señal de la avería**

Lo primero que debe hacer el mecánico es determinar exactamente la forma en que se presenta la avería. Con lo cual le será ya fácil determinar si obedece a razones mecánicas, hidráulicas o eléctricas. Comprobando sistemática y teóricamente las posibilidades puede irse circundando la avería, debiéndose entonces controlar el punto que se cree es la causa.

Naturalmente que en cada caso de averías debe comprobarse el nivel de aceite y controlar el grado de suciedad de los filtros, así como el grado de suciedad del aceite. Para esta última comprobación se deja caer una gota sobre un papel secante, con lo cual, por experiencia, puede verse la cantidad oscura de impurezas en suspensión. La experiencia demuestra que, en muchos casos, la avería provenía de los motivos sencillos citados.

#### *Averías más comunes*

#### **Tanques o depósitos**

*Temperatura elevada. Causas:*

- No hay refrigeración.
- El refrigerador no disipa suficiente calor.

*Aceite contaminado. Causas:*

- Circuito contaminado.
- Filtro ambiente defectuoso.
- Tuberías o circuitos obstruidos.

### **Bombas y motores**

*La bomba o el motor hacen ruido. Causas:*

- Entrada de aire por la aspiración.
- Cavitación.
- Obstrucción o aplastamiento del tubo de aspiración. ,
- Filtro de aspiración obstruido.
- Aceite demasiado caliente.
- Mala calidad del aceite o a alta temperatura.
- Nivel de aceite bajo.
- Bomba o motor con piezas gastadas.

### **Cilindros**

*Cilindro agarrotado. Causas:*

- Suciedad en el circuito.
- Deformación vástago.
- Entrada de impurezas.
- Ha recibido algún golpe.
- Montaje inadecuado.

### **Filtros**

*Filtración inadecuada. Causas:*

- Filtros obstruidos.
- Filtros de poca eficacia.
- Mantenimiento inadecuado.
- Demasiada suciedad en el aceite.
- Al estar el cartucho obstruido se abre la válvula antiretorno y el aceite pasa sin filtrar.

### **Reguladores de presión**

*Regulador de presión agarrotado. Causas:*

- Temperatura aceite muy elevada o muy baja.
- Aceite contaminado.
- Muelle bloqueado.
- Asiento con suciedad o agarrotado.
- Drenaje obstruido (contrapresión).

### **Reguladores de caudal**

*Regulador no regula el caudal. Causas*

- Regulador agarrotado.
- Asiento defectuoso.
- Mal estado válvula antiretorno.
- Sistema de compensación agarrotado.

### **Válvulas de retención (antiretorno)**

*Fugas. Causas:*

- Juntas defectuosas.
- Racores flojos.
- Asientos defectuosos.

### **Válvulas distribuidoras**

*El distribuidor se calienta. Causas:*

- Temperatura aceite elevada.
- Aceite sucio.
- Carrete agarrotado.
- Avería circuito eléctrico.

### **Tuberías**

*Vibraciones. Causas:*

- Caudal pulsatorio bomba.
- Aire en el circuito.
- Regulación de presión inestable.

- Cavitación.
- Resonancias elementos mecánicos circuito.
- Tuberías mal fijadas.

### **Acumuladores**

*No funciona. Causas:*

- Juntas en mal estado.
- Presión muy alta.
- Mal montado.
- Presión de precarga incorrecta.
- Diferencias de presiones muy pequeñas.
- Vejiga doblada o rota.
- Mecanismo interno averiado.

### **Enfriadores y refrigeradores**

*Refrigeración defectuosa. Causas:*

- Circuito obstruido.
- Refrigerador mal diseñado.
- No llega agua al refrigerador.
- No gira el ventilador.
- Mala colocación.

# SISTEMA HIDRÁULICO DEL CASTILLO

