



República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Departamento de Metalurgia Electromecánica

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero Mecánico

**Título: Tecnología de fabricación de un árbol y un eje
del transportador de paletas hundidas 650 - КΠС.**

Autor: Alien Yurieldis Garlobo Méndez.

Tutores: MsC. Tomás Fernández Columbié.

MsC. Isnel Rodríguez González.

MsC. Roberto Sierra Pérez.

Moa – 2008
“Año 50 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD:

Yo: Alien Yurieldis Garlobo Méndez.

Autor de este Trabajo de Diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

MsC. Tomás Fernández Columbié.

MsC. Isnel Rodríguez González.

MsC. Roberto Sierra Pérez.

Alien Yurieldis Garlobo Méndez.

Dedicatoria:

Dedico este trabajo a la obra de la Revolución Cubana que ha hecho posible que tantos jóvenes como yo hayan tenido la oportunidad de formarse como profesionales y como hombres de bien.

A mis padres Caridad y Lino, que han sido los máximos inspiradores en mi formación como profesional y como persona.

A mis hermanos Yereidis, Mayelennis y Geobanis que tanto apoyo me han brindado.

A mis compañeros, en especial a mis amigos Maykel, Liudbel, Luis Daniel, Yosbel, Lionis, Ricardo, Vladimir, Luis E., que han luchado a mi lado todo este tiempo y me han ayudado para alcanzar el éxito.

A mis demás familiares y amistades que con su ayuda me alentaron a continuar mis estudios.

Agradecimientos:

A mis padres, que han puesto todo su amor para ayudarme a alcanzar lo que deseo.

A mis hermanos, demás familiares y amigos, que me han apoyado todo este tiempo.

A mis tutores, M.Sc. Tomás Fernández Columbié, M.Sc. Isnel Rodríguez González y M.Sc. Roberto Sierra Pérez, que han depositado su plena confianza en mí para la realización de este trabajo.

A todos mis profesores del Departamento de Ingeniería Mecánica, que me enseñaron durante estos cinco años los conocimientos necesarios para formarme como profesional.

A mis amigos, compañeros de aula y vecinos del barrio, a la Revolución Cubana y a nuestro invicto Comandante Fidel Castro Ruz, que nos ha dado la oportunidad de formarnos como profesionales que ayudarán que este proceso revolucionario no se detenga.

A todos Muchas gracias.

Pensamientos:

... Quien busca algo busca soluciones; quien no busca nada busca justificaciones.

Ernesto Che Guevara

... Y siempre mediremos, por encima de todo un técnico y un científico no por su conocimiento, sino por el grado de humildad y modestia con que sea capaz de aportar sus conocimientos.

Fidel Castro Ruz

... El conocimiento sin conciencia es la ruina del alma.

Filosofo francés

CAPITULO I: MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACION.

1.1. Introducción.

El surgimiento del trabajo, fue el principal paso impulsor en la evolución de la especie humana. Con cada invento o innovación se buscaba humanizar aun más cada trabajo que se llevaba a cabo. Con ello, surgieron los equipos o dispositivos para el transporte de los más diversos materiales; entre ellos encontramos los camiones y transportadores. El transporte del mineral ocupa un papel primordial para el desarrollo económico de cada país en estos momentos. Los transportadores, han trascendido el transcurso de los años hasta nuestros días. En cada momento, el hombre se las ha ingeniado para hacerle transformaciones en sus estructuras para así poder explotar al máximo sus capacidades de trabajo.

Es de vital importancia saber que existen una gran variedad de estos transportadores; esto es debido a las más disímiles aplicaciones que se les da. Ejemplo de ello es en las industrias del azúcar, la minería y la química. Dentro de los equipos de transporte hay una gran gama de tipos; donde los que más se destacan son los de rastrillos, de bandas, de cangilones, de bandejas, de tornillo sinfín, neumáticos y de paletas. Estos últimos formaran parte del objeto principal de esta investigación.

En el presente capítulo se establece como objetivo:

- Realizar un análisis de la bibliografía existente que permita definir el estado del arte en la temática abordada y sustentar los resultados alcanzados en la investigación.

1.2. Clasificación de los dispositivos de transporte.

Los dispositivos de transporte industrial son de funcionamiento continuo e intermitente. Los dispositivos de transporte continuo están destinados para desplazar grandes masas de cargas que avanzan ininterrumpidamente. Según métodos de transmitir la fuerza motriz a la carga, los dispositivos de transporte se subdividen en: los de cadena, los de curso natural (gravitacional) y los de transporte hidráulico y neumático.

En la figura 1.1 se representan esquemáticamente las máquinas de transporte continuo y sus subdivisiones.

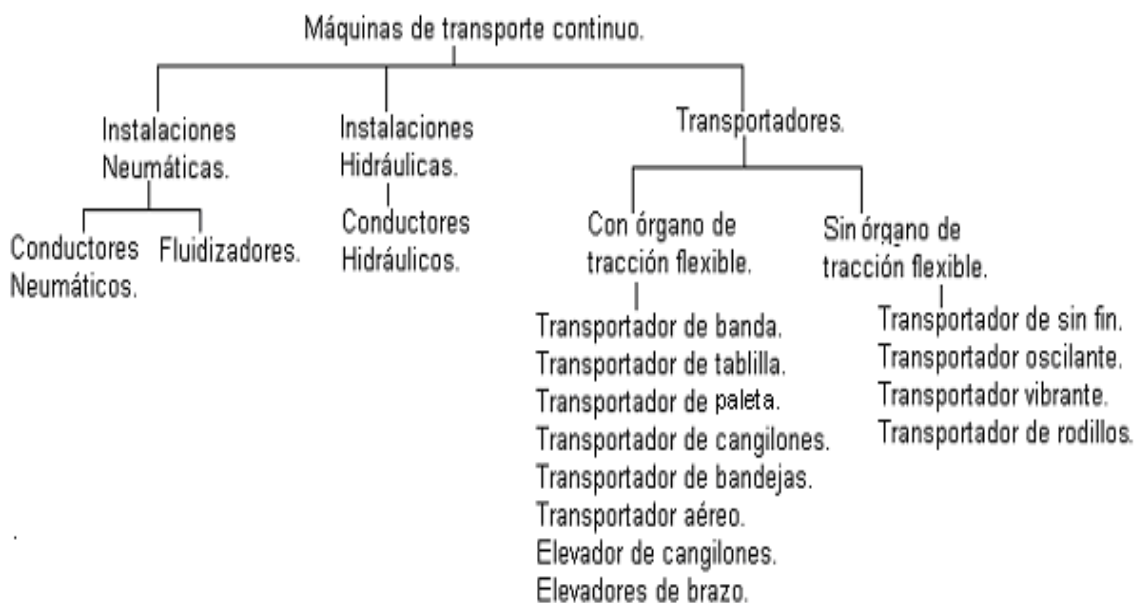


Figura 1.1. Subdivisión de las máquinas de transporte continuo (ininterrumpido).

Las cadenas transportadoras transmiten a la carga la fuerza motriz recibida del accionamiento mecánico (por ejemplo, del motor eléctrico). Según las características constructivas se distinguen transportadores con órgano de tracción y sin este. En el primer grupo de transportadores se incluyen los de banda (o de cinta), los de artesas (o de bandejas), los de paletas (o de rasquetas), elevadores; en el segundo grupo, los de tornillo sinfín, los vibratorios.

En los dispositivos gravitacionales la carga se desplaza bajo la fuerza de gravedad. Los dispositivos de este tipo tienen forma de canales y tubos instalados bajo cierto ángulo al horizonte.

En los dispositivos de transporte hidráulico y neumático la fuerza motriz es, respectivamente, el chorro de agua y la corriente de aire.

Los dispositivos de transporte de funcionamiento intermitente están destinados para la elevación y el desplazamiento horizontal, a pequeñas distancias, de piezas sueltas de carga (piezas técnicas, máquinas, distintos equipos) o de materias primas y productos de enriquecimiento dentro de los depósitos. Se llaman también máquinas de elevar cargas.

Como ya se ha hecho referencia anteriormente, en este trabajo se analizarán tanto características generales como técnicas acerca de los transportadores de paletas.

1.3. Características generales de los transportadores de paletas.

Los transportadores de paletas están dados por la forma y tipo del órgano de tracción y por la estructura de la transmisión. En las cadenas, está sujeta la paleta (rasqueta o rascadores), las cuales al arrastrarse la cadena, desplazan el material por el canal portador de carga. Estos tipos de transportadores se utilizan para transportar minerales no abrasivos, no adhesivos y los que no corran el peligro de retritarse.

El material puede transportarse por la rama inferior o superior o por las dos ramas simultáneamente (en direcciones contrarias). El transportador se carga por medio de la batea (tolva) y se descarga en el final del canal portador de carga o a lo largo del mismo, a través de las escotillas provistas de compuertas.

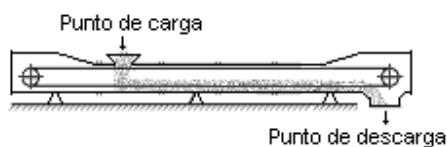
El órgano de tracción de estos transportadores son las cadenas, al igual que las de los transportadores de bandejas.

Se distinguen en transportadores de paletas de arrastre intermitente y los de arrastre continuo. En los transportadores del primer tipo, el material se desplaza a porciones que se encuentran delante de las paletas. Las paletas y los canales se fabrican de acero. La forma de las paletas es rectangular o trapezoidal, el perfil del canal pertenece a la forma de las paletas, las cuales se sitúan a dos pasos de la cadena, para los materiales gruesos y, a un paso para los finos. Estos transportadores se instalan generalmente en plano horizontal y se usan para distribuir el material entre los aparatos homogéneos (tolvas, trituradoras). La velocidad del movimiento del material es, en estos transportadores, de 0,1-0,5 m/s.

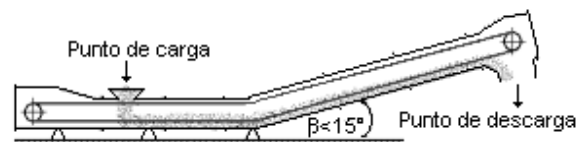
En los transportadores del segundo tipo, el material se transporta en forma de torrente continuo; en este caso, las paletas se encuentran sumergidas en el material, la altura de las mismas no supera la de los eslabones de la cadena y el espesor de la capa del material es un poco superior a la de las paletas. El canal de trabajo en estos transportadores está cerrado y debido, por un tabique, en dos partes (una, para la rama de trabajo, y la otra, para la rama de sentido contrario).

El principio de funcionamiento de los transportadores de arrastre continuo consiste en que la resistencia al corte de la capa de material es mayor que la de rozamiento del mismo contra las paredes del canal. La velocidad de transporte es de, 0.16-0.2 m/s. Al aumentar la velocidad, disminuye el rendimiento y aumenta el consumo de energía eléctrica causa de retardo del torrente de carga del órgano de tracción. Se instalan en planos horizontales inclinados; se admite la configuración de sectores horizontales e inclinados. Para los transportadores inclinados se fabrican paletas perfiladas de perímetro aumentado. Sumin y Matushev (1985).

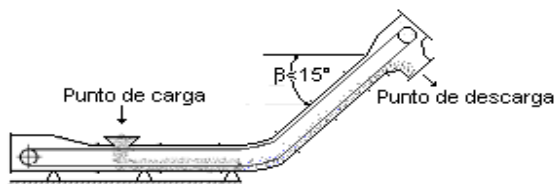
Considera Pis (2005) que los transportadores de paletas sumergidas van a clasificarse de acuerdo a la forma de su traza, ver figura 1.2: transportadores horizontales (Fig.1.2, a), horizontales levemente inclinados (Fig.1.2, b), horizontales-muy inclinados (Fig.1.2, c), horizontales en forma de Z (Fig. 1.2, d) y en forma de L (Fig. 1.1, e).



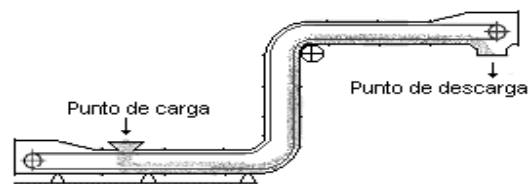
(a) Transportadores horizontales.



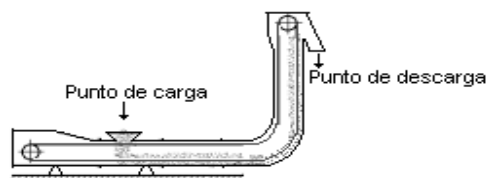
(b) Horizontales levemente inclinados.



(c) Horizontales-muy inclinados.



(d) Horizontales en forma de Z.



(e) En forma de L.

Figura 1.2. Ejemplos de distintos tipos de trazas de transportadores de paletas.

1.4. Características específicas de los transportadores de paletas hundidas.

El estudio de los transportadores de paletas o rastrillos como también se les conoce, no está dado de solo unos pocos años atrás, es decir, que desde los primeros instantes en que estos equipos de transporte industrial, surgieron han sido objeto de investigaciones y análisis para nada superficiales.

En 1975 se plantea la metodología de cálculo para los tipos de transportadores de paletas que existen, además se muestran una serie de aspectos concernientes a este tipo de transportador que sirven para tener un mayor entendimiento durante el cálculo, tales como: las características constructivas y determinación de los parámetros principales de un transportador de paletas. Matiushev (1985)

Plantea Oriol (1988) que el funcionamiento de los transportadores de paletas hundidas, se caracteriza por la transportación de la carga a granel o por piezas a través de una ruta dada sin que se produzcan paradas para la carga y descarga del material transportado. De acuerdo con lo expresado, el recorrido del elemento de la máquina encargado de portar la carga y el retorno de éste vacío, ocurrirán al mismo tiempo y en forma continua. Las características fundamentales (movimiento continuo de la carga, ausencia de paradas para la carga y descarga, simultaneidad de movimiento del órgano portador cargado y vacío en el retorno) confieren a las máquinas de transporte continuo una gran productividad, condición de gran importancia en la industria moderna en la cual son típicos los grandes flujos.

Más tarde Méndez (2002) trabajó en la automatización de la metodología de cálculo para transportadores de banda. El mismo realiza el perfeccionamiento y actualización de dicha metodología de cálculo para estos tipos de transportadores y desarrolla el algoritmo acorde con dicha metodología y a los intereses de la producción e investigaciones realizadas. Además se elaboró un software basado en la proyección del algoritmo antes mencionado.

Pis (2005), basándose en lo expuesto por Oriol (1988), Shuvín (1986) y Méndez (2002), realizó la automatización de la metodología de diseño para los transportadores de paletas así como el correcto régimen de mantenimiento de los mismos. Obteniendo muy buenos resultados.

Especialistas de la empresa Ernesto Che Guevara han trabajado en base al diseño de un transportador de paletas también para lograr una mayor capacidad de carga así como una transportación mineral más eficiente.

1.5. Características técnicas de los transportadores de paletas.

Los transportadores de paletas, también llamados transportadores de arrastre, son una variedad de máquinas de transporte continuo según Oriol (1988), en las cuales el desplazamiento de las cargas en polvo, granos y en pedazos pequeños se realizan mediante el arrastre por una base fija que pueden ser un canal o conducto.

Las partes componentes de estos tipos de transportadores son, generalmente, un canal o conducto fija a la estructura, a lo largo de la cual se mueve el órgano de tracción, que casi siempre es de cadena y en la cual se acoplan las paletas. También consta de un conjunto de elemento constituido por un sistema de accionamiento donde se encuentran el motor, reductor, y un sistema de atezado. El material se recibe a través de una o varias tolvas alimentadoras y se descargan a través de aberturas, que posee la canal o conducto a lo largo de la traza.

❖ Principales ventajas:

Este tipo de transportador presenta una serie de ventajas tanto técnicas como estructurales con respecto a otros tipos de transportadores. Ejemplo de ello, lo constituyen las siguientes. Sumin y Matiushev (1985):

1. Simpleza en el diseño y poca exigencia en el acabado de sus partes componentes.
2. Posibilidad de transportación de la carga en sentido contrario, empleando la rama inferior y superior.
3. Fácil carga y descarga del material en cualquier punto de la traza.
4. Pueden transportar cargas pesadas, en grandes pedazos y a elevadas temperaturas.
5. Alcanzan capacidades de 20 000 kN/h (2 000 t/h) o más.
6. Las trazas son de gran longitud, con la posibilidad de usar accionamientos intermedios.

7. Admiten una amplia gama de trazas diferentes, con radios de curvatura menores que los transportadores de banda (generalmente R de 5 a 8 m).

❖ Principales desventajas:

A pesar de las ventajas que aportan estos tipos de transportadores, no están exentos de inconvenientes. A continuación se mencionaran algunas de las principales desventajas que poseen estos equipos de transporte industrial. Oriol (1988):

1. Rápido desgaste de la canal y de las partes móviles, especialmente cuando se manipulan materiales abrasivos.
2. Alto consumo de energía.
3. El ruido creado por la fricción de la carga y los elementos del transportador sobre el canal y las guías.
4. Elevado peso propio de las tablillas y las cadenas.
5. Elevado costo por la complejidad de su fabricación.
6. Mantenimiento complejo debido al gran número de articulaciones.

Los transportadores de paletas son, por la forma y tipo del órgano de tracción y por la estructura de la transmisión, análogos a los de artesas. En las cadenas están sujetadas las paletas, las cuales, al arrastrarse la cadena, desplazan el material por el canal portador de carga. Shuvín (1986).

El material puede transportarse por la rama inferior o superior o por las dos ramas simultáneamente (en direcciones contrarias). El transportador se carga por medio de la batea y se descarga en el final del canal portador de carga o a lo largo del mismo, a través de las escotillas provistas de compuertas.

Por las razones anteriores, los transportadores de rastrillos no sobrepasan de los 50 a 60 m de longitud, con capacidad de hasta 1 800 kN/h. Las cargas que se transportan son materiales a granel que fluyen fácilmente como: talcos, polvos y granulados. Los materiales muy húmedos, pegajosos, viscosos y frágiles no son transportados eficientemente. Son ampliamente usados en la industria azucarera, en la manipulación de bagazo de caña, en la industria minera y en la industria química.

1.6. Generalidades y fundamentos de construcción de los árboles y ejes.

Las piezas giratorias de las máquinas se montan sobre árboles o ejes que aseguran la posición constante del eje de rotación de dichas piezas.

Los árboles son los elementos destinados a transmitir el momento de torsión a lo largo de su y sostener las piezas giratorias de las máquinas. (Solo una parte insignificante de los árboles, por ejemplo, los flexibles, parte de los árboles de torsión, no soportan a las piezas giratorias.). Los rectos simples tienen forma de cuerpos de rotación. Ellos giran en cojinetes. Ya que la transmisión de los momentos de torsión esta relacionada con la aparición de fuerzas que se transmiten a los mismos, por ejemplo la fuerza sobre los dientes de las ruedas dentadas, fuerzas de tensión de las correas; generalmente soportan, además de los momentos de torsión, las fuerzas transversales y los momentos de flexión.

Según su misión, pueden dividirse en árboles de transmisión que llevan las piezas de las transmisiones: ruedas dentadas, poleas, estrellas, manguitos, y en árboles principales de las máquinas y otros árboles especiales que, además de las piezas de transmisión, llevan los órganos de trabajo de las máquinas, motores o herramientas: ruedas o discos de turbinas, manivelas, mandriles de fijación.

Según la forma la forma del eje geométrico, los árboles se dividen en rectos y acodados. Los árboles acodados se emplean siempre que se requiera transformar en una máquina el movimiento alternativo en movimiento giratorio o viceversa, y simultanean las funciones de los árboles corrientes con las de las manivelas en los mecanismos de biela y manivela. A un grupo especial de árboles pertenecen los así llamados árboles flexibles, con forma variable de sus ejes.

Con igual masa estos árboles son más ventajosos que los de sección constante. En la práctica se hacen escalonados. Esta forma es cómoda en la fabricación y montaje; los escalonados pueden soportar grandes fuerzas axiales.

Además, pueden ser huecos. El árbol hueco con relación de 0,75 entre el diámetro del taladro y el diámetro exterior resulta más ligero aproximadamente en 50% que el árbol macizo, siendo iguales su resistencia y rigidez. En la práctica se emplean árboles huecos si se imponen exigencias a la masa, si es necesario hacer pasar por los árboles

o colocar en su interior de otras piezas, así como también en los árboles de propulsión largos (lo que permite reducir el número de apoyos intermedios). En la producción en masa a veces se emplean árboles huecos soldados de sección constante, contruidos de cinta enrollada en línea helicoidal. En este caso se puede ahorrar el 60% del metal.

Las cargas axiales sobre los árboles, producidas por las piezas montadas en ellos, se transmiten por los métodos que siguen:

1. Cargas pesadas: por apoyo de las piezas en el escalón del árbol, por ajuste con apriete de las piezas o anillos de ajuste.
2. Cargas medias: por tuercas, pasadores directamente o bien a través de anillos de ajuste, por uniones por cubo hendido.
3. Cargas ligeras y protección contra los desplazamientos por fuerzas casuales: por tornillos fijadores directamente o a través de anillos de ajuste, por uniones por cubo hendido, anillos de muelle.

La fijación bilateral en sentido axial no es obligatoria, si existe cierre por fuerza de acción constante, que impide el desplazamiento axial (en particular, por acción de la masa de las piezas montadas sobre los árboles verticales pesados).

Las partes de transición de los árboles entre dos escalones de diversos diámetros se construyen de los tipos siguientes:

- a) Con una ranura para la salida de las muelas de rectificar:

Tales ranuras se hacen en los árboles de diámetro de 10 a 15 mm, de anchura de 3 mm y profundidad de 0,25 mm, y en los árboles de diámetro de 50 a 100 mm, de anchura de 5 mm y profundidad de 0,5 mm. Las ranuras deben tener radios de curvatura lo más grandes posibles. Las ranuras aumentan considerablemente la resistencia de las muelas de rectificar durante la elaboración. No obstante, producen una notable concentración de tensiones y rebajan la resistencia de los árboles que soportan tensiones alternas.

Las ranuras se practican en los árboles, cuyos diámetros se determinan por las condiciones de rigidez, en particular, en las cajas de velocidades y en los extremos de

los árboles sobre los cuales los momentos de flexión. Las ranuras se necesitan también en los extremos roscados para la salida de la herramienta de roscar.

b) Con una superficie de transición, chaflán cóncavo de radio constante:

El radio del chaflán cóncavo se selecciona menor que el redondeo o que la dimensión radial de las piezas a encajar.

Para los muñones que se apoyan sobre los cojinetes de rodamientos se recomiendan $t/\rho = 3$, $t/d = 0,02...0,04$ (los valores menores se toman para los diámetros mayores); aquí d es el diámetro del escalón menor de los que se acoplan; t es la altura del escalón, es decir, la semidiferencia entre los diámetros de los escalones.

Es deseable que el radio del redondeo en los árboles muy cargados sea mayor o igual a $0,1.d$. No obstante, no siempre es posible cumplir esta condición. Si el árbol está muy tensado, es posible situar las piezas sobre la superficie del mismo chaflán cóncavo, pero esta ejecución es muy difícil desde el punto de vista tecnológico. Si el árbol está muy tensado, en los casos cuando el radio del chaflán cóncavo está muy limitado por el radio de redondeo de los chaflanes de las piezas a encajar, se montan anillos distanciadores.

c) Con un chaflán cóncavo de forma especial:

La zona peligrosa suele ser la transición del mismo chaflán cóncavo al escalón de menor diámetro; por eso dentro de las dimensiones exteriores dadas es conveniente hacer el chaflán cóncavo con radio de curvatura aumentando el radio en la zona de transición al escalón de menor diámetro.

Se emplean chaflanes cóncavos de formas elípticas y con más frecuencia, chaflanes cóncavos trazados por dos radios de curvatura. Los chaflanes cóncavos de radios de curvatura variable elevan la capacidad portante de los árboles en una magnitud de hasta 10 %. Los chaflanes cóncavos con rebaje aumentan la longitud de transición; no obstante, no son fáciles de pulirlos. Reshetov (1987).

El árbol del cabezote y el eje de la cola del transportador de paletas КЛС – 650 que se encuentran funcionando actualmente se pueden ver en la figura 4 del anexo 5.

1.6.1. Materiales y tratamiento de los árboles y ejes.

Plantea Dobrovolski (1989) que la selección del material y del tratamiento térmico de los ejes y árboles se determina por sus criterios de capacidad de trabajo, incluidos los criterios de capacidad de trabajo de los muñones con los apoyos. La importancia de los últimos criterios en caso de apoyos de deslizamiento puede ser decisiva.

Los materiales principales para los árboles y ejes son los aceros al carbono y los aleados, debido a su resistencia, al alto módulo de elasticidad, capacidad al endurecimiento y facilidad de fabricación de piezas brutas de forma cilíndrica por laminado.

Para los árboles y ejes supeditados a los criterios de rigidez y que no se someten al tratamiento térmico, se emplean predominantemente aceros CT5 y CT6 (AISI 1010 y AISI 1020). Para la mayoría de los árboles, se utilizan aceros medios en carbono y aleados 45, 40X, (AISI 1045, 3140), que se someten a tratamiento térmico. Para árboles muy cargados de las máquinas de responsabilidad se usan aceros aleados: 40XH, 40XH2MA, 30XIT, 30XICA, entre otros. Los árboles de estos aceros por lo general se someten a mejoramiento, al temple con alto revenido o bien al temple superficial por C.A.F. con bajo revenido (árboles estriados).

Los árboles rápidos que giran en cojinetes de deslizamiento requieren una dureza muy alta de los muñones; se fabrican de aceros cementados 20 X, 12 XH 3A, 18 XIT o bien de aceros nitrurados 38 X 2M 10юA. La resistencia máxima al desgaste las tienen los árboles cromados. Según la experiencia de la construcción de automóviles, el cromado de los muñones de los cigüeñales aumenta de 3 a 5 veces su duración hasta una nueva rectificación.

Conviene tener presente que para los árboles, cuyas dimensiones se determinan por las condiciones de rigidez, es oportuno emplear aceros de alta resistencia térmicamente tratados solo en las estrías y otras superficies sujetas al desgaste.

Las exigencias de ahorro de metal y de elevación de eficiencia tecnológica obligan a fabricar árboles de grandes diámetros, usando para ello tubos con bridas soldadas o encajadas, o árboles soldados de chapas también con bridas soldadas. El empleo de

árboles soldados para turbinas hidráulicas de gran potencia permite ahorrar de un 20 a un 40 % de metal.

Para fabricar árboles perfilados (acodados, con grandes bridas y agujeros y otros árboles pesados), a la par del acero se utilizan fundiciones de alta resistencia (de grafito esferoidal) e inoculadas. La menor resistencia de los árboles fundidos se compensa en grado considerable por sus formas más perfectas (sobre todo los árboles acodados), por la sensibilidad menor de la fundición a la concentración de tensiones y desplazamiento de los apoyos en los árboles de apoyos múltiples (debido al menor módulo de elasticidad) y por la carga dinámica menor, debido a la capacidad elevada de amortiguación.

Como piezas brutas para los árboles de acero hasta 150 mm de diámetro se utilizan productos laminados redondos; para los árboles de diámetro mayor y para los árboles perfilados, se emplean piezas forjadas. Los árboles se someten al torneado y al siguiente rectificado de sus superficies de ajuste. En los árboles muy tensados se rectifica toda su superficie. La aspereza de la superficie para los cojinetes de rodamiento según el grado de precisión y su diámetro, se establece de 6° a 9°, predominantemente desde el 7° hasta el 8°, y para los cojinetes de deslizamiento, de acuerdo con las condiciones de trabajo, desde el 7° hasta el 9° y más.

Los extremos de los árboles se hacen con biseles para facilitar el encaje de las piezas y evitar que las piezas dañen las manos de los operarios.

1.7. Características de los procesos de manufactura.

Los procesos de conformado por eliminación de material, habitualmente denominados procesos de mecanizado, se caracterizan por la obtención de la geometría final de la pieza mediante la eliminación del material sobrante de una preforma de partida.

Según el método empleado en la eliminación de material, pueden considerarse incluidas dentro de los procesos de conformado las dos siguientes categorías de procesos:

1. Procesos convencionales: la eliminación de material se realiza fundamentalmente por medios mecánicos. Los procesos de torneado, fresado y taladrado, pertenecen a este grupo.

2. Procesos no convencionales: la eliminación del material se debe fundamentalmente a otros medios diferentes de los mecánicos (eléctricos, físico-químicos, entre otros). Procesos pertenecientes a este grupo son la electroerosión y el fresado químico entre otros.

Los procesos de mecanizado constituyen en la actualidad, el conjunto de procesos de fabricación más ampliamente difundidos en la industria. Ello es debido, entre otras razones, a su gran versatilidad en la obtención de diferentes tipos de geometría y al nivel de precisión dimensional obtenido en comparación con otros procesos.

Esta difusión ha sido causa, entre otras razones, de que los equipos propios de mecanizado hayan experimentado una evolución más acusada que los restantes en el campo de la automatización, siendo las Máquinas-Herramienta de Control Numérico el más claro exponente de este hecho.

1.7.1. Elementos de un proceso de mecanizado convencional.

La realización de un proceso de mecanizado requiere la intervención de los siguientes elementos; en otras palabras sistema MADIHP:

1. Pieza
2. Herramienta
3. Máquina-Herramienta
4. Utillaje
5. Sistema de control

❖ Pieza:

El termino genérico "pieza" representa el elemento material objeto de la transformación durante la ejecución del proceso. En su estado inicial o preforma, la geometría de la pieza presenta unas *creces*, que suponen una sobredimensión respecto a las dimensiones finales a obtener. En la mayoría de las situaciones, el material sobrante se elimina en una serie de operaciones sucesivas que van aproximando la geometría de la preforma a la de la pieza terminada. Las operaciones intermedias de este proceso se designan genéricamente como operaciones de desbaste, mientras que la última de tales operaciones se designa como operación de acabado. Una vez alcanzada la forma

geométrico final, la pieza debe encontrarse dentro de las especificaciones dimensionales del diseño (tolerancias dimensionales, tolerancias de forma y posición, acabado superficial, entre otras).

Aparte de las especificaciones dimensionales de la pieza debe cumplir otras especificaciones de diseño tales con propiedades mecánicas. Estas propiedades serán asimismo un condicionante a la hora de elegir el proceso y la forma en que este será llevado a cabo.

❖ Herramienta:

Es el elemento que entra en contacto directo con la pieza y produce la eliminación del material sobrante de la preforma.

Una herramienta consta, en general, de una o varias aristas o filos, materializadas por la intersección de superficies, generalmente planas. Entre estas superficies, resultan de mayor interés la denominada *cara de incidencia*, aquella que queda enfrentada a la superficie mecanizada de la pieza y la *cara de desprendimiento*, aquella por la que se desprende el material eliminado, o viruta como comúnmente se le conoce.

La topología existente de las herramientas es muy amplia, ya que depende, entre otras cosas, de la operación a realizar y condiciones de la misma, de la máquina-herramienta en el que se desarrolla dicha operación y de las propiedades que se pretenden conseguir en la pieza una vez finalizado el proceso. En función del número de aristas de corte es frecuente considerar una primera clasificación de herramientas en *herramientas monofilo*, tales y como las empleadas en operaciones de torno, y *herramientas multifilo*, tales y como las empleadas en operaciones de fresado. La herramienta se completa con una parte no activa que permite su fijación a los elementos de sujeción de la máquina-herramienta.

Según su construcción pueden considerarse *herramientas enterizas*, cuando toda la herramienta es del mismo material y *herramientas de plaquitas* cuando la parte activa y el resto de la herramienta son de materiales diferentes. Se denominan de esta forma porque la parte activa suele tener forma de pequeñas placas que se unen al mango o al cuerpo de la herramienta mediante soldadura o medios de fijación mecánica (tornillos, bridas y otros).

Algunos materiales empleados para la fabricación de herramientas de corte y que admiten buenas velocidades de corte, así como avances elevados son:

❖ Carburos:

Son aleaciones en forma de pequeñas placas obtenidas por sinterización a temperaturas comprendidas entre 1400° C y 1700° C. Sus principales componentes son: carburo de tungsteno (WC), carburo - de titanio (TiC) o carburo de cobalto (CoC):

❖ Materiales cerámicos:

Es el producto obtenido por sinterización del óxido de aluminio combinado con óxido de sodio y óxido de potasio. Estos materiales aleados con óxido de silicio forman el compuesto para sinterizar a temperaturas próximas a 1800° C. Las placas de cerámica no resisten cargas de flexión superiores a los 40 kg/mm², pero en cambio presentan una gran resistencia a la abrasión, por tal motivo se emplean especialmente para el maquinado de metales no ferrosos, grafitos.

❖ Máquinas - herramienta:

Una máquina-herramienta puede considerarse por el conjunto de dispositivos que permiten el desplazamiento relativo entre la pieza y la herramienta y la eliminación del material sobrante de la preforma. Estos dispositivos pueden agruparse dentro de las siguientes categorías:

a) Dispositivos de sujeción:

Son aquellos que tienen como misión asegurar que la pieza o la herramienta se mantengan en posiciones tales que permiten la eliminación de material. Ejemplos de tales dispositivos son: platos de garras, mordazas, mesa portaherramientas y conos de sujeción.

b) Dispositivos de accionamiento:

Son aquellos encargados de realizar el desplazamiento relativo entre la pieza y la herramienta: motor, transmisiones y husillos.

❖ **Utillaje:**

Es todo conjunto, generalmente mecánico, que cumple misiones de posicionamiento, fijación o cualquier otra función auxiliar en relación con la pieza, la herramienta, o su movimiento relativo.

Algunos de los elementos considerados como partes integrantes de las máquinas-herramienta, pueden ser considerados a su vez como utillaje. Este sería el caso de un plato de garras en un torno, o una mordaza en una fresadora. Normalmente este tipo de utillaje, al ser estándar en la mayoría de las máquinas-herramienta de un cierto tipo, suele ser considerado como parte integrante de dichas máquinas, reservándose la denominación de utillaje para aquellos elementos específicos utilizados en cada proceso concreto.

❖ **Sistema de control:**

Engloba los dispositivos encargados de controlar los desplazamientos relativos entre pieza y herramienta. En las máquinas convencionales el control suele ser realizado por acciones del operario (tornero, fresador, taladrador) sobre los dispositivos que a tal efecto cuenta la máquina-herramienta (volantes, botoneras y palancas de control. En las máquinas de control numérico, este tipo de acciones quedan relegadas al propio control de la máquina sin que se produzca una intervención directa del operario sobre el proceso de eliminación de material. <http://www.altavista.com>. (2008).

1.8. Conclusiones del capítulo I.

El análisis de las fuentes bibliográficas consultadas permite plantear que:

1. La bibliografía consultada aporta información sobre las características tanto generales como técnicas de los transportadores de paletas hundidas.
2. El análisis bibliográfico permitió conocer las características principales del funcionamiento de los árboles y ejes, así como cuantos tipos de estos elementos de máquinas existen. También se hace referencia a los materiales de con que se fabrican los árboles y ejes; y las características de estos materiales.
3. Las fuentes bibliográficas que fueron consultadas permitieron conocer las características generales de los procesos de manufactura o de mecanizado como

también se les conoce; así como los principales elementos que intervienen en estos procesos.

CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Introducción.

El desarrollo de las máquinas-herramienta, como una de las ramas principales de la industria, que produce en sus empresas las fundamentales piezas del proceso de producción, es la base material del progreso técnico. El nivel de desarrollo, el volumen, los ritmos, la estructura de fabricación influyen de modo considerables en los índices de la producción social.

Existe una gran diferencia entre mecánico de taller y el ingeniero mecánico, el primero es el encargado de la elaboración de piezas en las diferentes máquinas herramienta, el segundo es el encargado de la elaboración de los procesos tecnológicos que se han de elaborar posteriormente en estas máquinas. Los procesos ingenieriles son a veces más complicados, no obstante, se hace necesario enfatizar sobre ellos y aunque existen tablas y manuales con regímenes de corte recomendado, es obvio que el propio ingeniero mecánico sepa determinar el empleo adecuado de una máquina o de herramienta de trabajo determinada.

En este capítulo se plantea como objetivo:

Fundamentar las propiedades a investigar; y explicar los métodos, procedimientos y condiciones en las que se realizará la tecnología de fabricación de los árboles del cabezote y cola del transportador de paletas hundidas КЛС-650.

2.2. Metodología de cálculo para la tecnología de fabricación.

Como ya se había hecho referencia en ocasiones anteriores, para la realización de la tecnología de fabricación de algunas piezas no normalizadas pertenecientes al transportador de paletas hundidas КЛС-650; se hace de vital importancia el empleo de la metodología de cálculo realizada por Fernández, Rodríguez y Alcántara (2004). A través de esta herramienta, podremos utilizar los diferentes cálculos de maquinado por los cuales transitarán las piezas ya mencionadas. Los procesos de maquinado que se hicieron las piezas serán el torneado, el fresado y el taladrado.

El árbol y el eje que actualmente están funcionando en el transportador poseen las características físicas que se pueden ver a continuación en las tablas (2.1) y (2.2).

Tabla 2.1. Características físicas del árbol actual del cabezote del transportador de paletas hundidas KJC-650.

Parámetros	
Material	Ac 45
Masa	120 Kg.
Longitud total	1 248 mm
Diámetro principal o mayor.	130 mm
Diámetro escalón de catalinas.	120 mm
Diámetro escalón de la estrella.	110 mm
Long. de chavets. de catalinas.	100 mm
Long. de chavet. de la estrella.	195 mm

Tabla 2.2. Características físicas del árbol actual de la cola del transportador de paletas hundidas KJC-650.

Parámetros	
Material	Ac 45
Masa	66 Kg.
Longitud total	1 080 mm
Diámetro principal o mayor	110 mm
Diámetro escalón de rodillos	100 mm
Diámetro escalón de dispositivo	60 mm
Long. de chavets. de rodillos	80 mm
Long. de chavet. del dispositivo.	45 mm

El árbol está ubicado en el cabezote del transportador, al cual están ajustadas dos catalinas idénticas encargadas de transmitirle el movimiento a las cadenas de arrastre. En uno de los extremos de este árbol encontramos otra catalina o estrella pero de otra configuración, la que se encarga de comunicar el movimiento rotatorio del árbol a través del reductor que sirve como puente en la transmisión del movimiento giratorio que transmite al motor hacia el árbol. Esta catalina se acopla al reductor mediante una transmisión por cadena, y este a su vez al motor mediante un sistema de transmisión de correa y polea.

Para validar la tecnología de fabricación de la propuesta del árbol y el eje se empleará el Método de Elementos Finitos (COSMOS 4.5). Las dimensiones propuestas para ambos elementos aparecen en las tablas 2.3 y 2.4.

Tabla 2.3. Características físicas del árbol del cabezote del transportador de paletas hundidas КЛС-650 propuesto a fabricar.

Parámetros	
Material	Ac 45
Masa	333.66 kg
Longitud total	1 248 mm
Diámetro principal o mayor	220 mm
Diámetro escalón de catalinas	210 mm
Diámetro escalón de la estrella	200 mm
Long. de chavets. de catalinas	100 mm
Long. de chavet. de la estrella	195 mm

Tabla 2.4. Características físicas del eje de cola del transportador de paletas hundidas КЛС-650 propuesto a fabricar.

Parámetros	
Material	Ac 45
Masa	90.1 kg.
Longitud total	1 080 mm
Diámetro principal o mayor	130 mm
Diámetro escalón de rodillos	120 mm
Diámetro escalón de dispositivo	80 mm
Long. de chavets. de rodillos	80 mm
Long. de chavet. de dispositivo	55 mm

2.2.1. Operación de torneado del árbol del cabezote.

El torneado es aquella operación que se realiza en el torno, incluyendo posibilidades tecnológicas como son: torneado exterior (desbaste y acabado), torneado interior (mandrinado, desbaste y acabado), taladrado, refrentado y roscado.

Para el desarrollo eficiente de este tipo de maquinado es necesario tener en cuenta una serie de parámetros o regímenes de corte, los cuales serán explicados a continuación:

2.2.1.1. Máquina:

A la pieza se le realizará la operación de torneado en un torno 1 M 63 debido a que su gran dimensión excede un metro de longitud, en caso contrario, entonces se podría maquinar en un torno CNC (Computer Number Control).

2.2.1.2. Herramienta:

La herramienta que emplearemos es una cuchilla Sandvick.

Código del vástago:

PCLNR 20 20 K 12.

Donde:

P: Sujeción de la palanca.

C: Forma de la plaquita.

L: Tipo de portaplaquita.

R: Sentidote la herramienta (derecha).

N: Forma de la plaquita (es de dos caras, corta por arriba y por debajo).

Descripción de la plaquita:

La plaquita es aquel elemento que se ajusta a las cuchillas, donde su principal objetivo es el de arrancar el material de la pieza que se está maquinando mediante el filo que estas poseen. Algunas de sus principales características aparecen en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Descripción de la plaquita para el torneado del árbol.

Denominación	Calidad	Aplicación
CNMM 12 04-QR	GC 4015	Amplia gama de rompevirutas combinado con un filo robusto y rompevirutas positivos.

En la figura 7 del anexo 8 aparecen algunas de las configuraciones y tipos de plaquitas que se utilizan para el maquinado de piezas.

Regímenes de corte:

Metodología de cálculo que se emplea para determinar los parámetros de trabajo en las máquinas herramientas.

2.2.1.3. Frecuencia de rotación.

Se entiende como el número de vueltas que realiza el husillo de la máquina para ejecutar el proceso de maquinado. El valor de este parámetro para elaborar el árbol y el eje se tomará de 300 rev./ min. Casillas (1987).

2.2.1.4. Velocidad de corte.

Es la distancia que recorre el filo de corte de la herramienta al pasar en dirección del movimiento principal (movimiento de corte) respecto a la superficie que se trabaja. El movimiento que se origina, la velocidad de corte puede ser rotativo o alternativo; en el primer caso, la velocidad de corte o velocidad lineal relativa entre pieza y herramienta corresponde a la velocidad tangencial en la zona donde se esta efectuando el desprendimiento de viruta, es decir donde entran en contacto herramienta y pieza. En el segundo caso, la velocidad relativa en un instante dado es la misma en cualquier punto de la pieza o la herramienta.

$$V = \frac{\pi * D * n}{1000} ; \quad \text{m/min.} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

$\pi = 3.14$. Constante

n : Frecuencia de rotación.

$D = 220$ mm. Diámetro a torneear.

1000: Coeficiente de conversión de milímetros en metro.

2.2.1.5. Avance.

Se entiende por avance al movimiento de la herramienta respecto a la pieza o de esta ultima respecto a la herramienta en un periodo de tiempo determinado. El avance se designa generalmente por la letra "S" y se mide en milímetros por una revolución del eje del cabezal o porta-herramienta, y en algunos casos en milímetros por minuto.

$S = 0.25$ mm/rev. Casillas (1987).

2.2.1.6. Profundidad de corte.

Se denomina a la profundidad de la capa arrancada de la superficie de la pieza en una pasada de la herramienta. Generalmente se designa con la letra "t" y se mide en milímetros en sentido perpendicular.

$$t = \frac{D - d}{2} ; \quad \text{mm} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

$D = 230$ mm: Diámetro de la barra.

$d = 220$ mm: Diámetro de la pieza.

2.2.1.7. Potencia de corte.

Es la potencia necesaria para que la máquina-herramienta pueda vencer las fuerzas que se oponen en las operaciones a realizar.

$$N_c = \frac{P_z \cdot V_{cr}}{6120}; \text{ kW.} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

P_z : Fuerza de corte en Kgf.

$$P_z = C_{fz} \cdot t^{Xfz} \cdot S^{Yfz} \cdot K_{fz} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

$C_{fz} = 300$. Factor que depende de las propiedades mecánicas del metal que se elabora.

Ver tabla 2.5 en anexo 10.

Xfz y Yfz : exponentes del grado de t y S que se encuentran en la tabla 2.5 del anexo 10.

$t = 5$ mm. Profundidad de corte.

$K_{fz} = 1,06$. Según Fernández (2004). Coeficiente que tiene en cuenta algunas condiciones del proceso.

2.2.1.8. Determinar si es posible el maquinado.

Para ello, es preciso que la potencia del husillo deba ser mayor que la potencia de corte. Alcántara (2004). Esta desigualdad se refleja en la siguiente ecuación:

$$N_h \geq N_c \quad (\text{Ec. 2.5})$$

$$N_h = N_{mot.} \cdot \eta \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

$\eta = 0,75$. Rendimiento.

$N_{mot} = 15$ kW. Potencia del motor.

2.2.1.9. Determinamos el tiempo de maquinado.

Es el tiempo invertido en la ejecución de una operación.

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i; \text{min} \quad (\text{Cilindrado no pasante}) \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

$L = 1\,793$ mm. Longitud de la barra.

$i = 1$. Número de pasadas.

$n = 300$ rev. /min. Frecuencia de rotación.

$S = 0,25$ mm/rev. Avance.

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i; \text{min} \quad (\text{Cilindrado pasante}) \quad (\text{Ec. 2.8})$$

$$L = l + y + \Delta \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Donde:

$l = 1\,258$ mm. Longitud de la barra.

$i = 1$. Número de pasadas.

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i \quad ; \quad \text{mm} \quad (\text{Refrentado}) \quad (\text{Ec. 2.10})$$

$$L = \frac{D}{2} + y + \Delta \quad ; \quad \text{mm} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Para todos los casos:

$$y = t \cdot \cot \varphi \quad ; \quad \text{mm} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

Donde:

$D = 130$ mm.

y : Longitud de entrada de la cuchilla.

$\Delta = 1 \dots 3$

$\cot 45^\circ = 1 \quad \cot 60^\circ = 1.7$

2.2.1.10. Cálculo de los gastos de tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos.

El tiempo de trabajo como regla debe ser tiempo útil completamente normado. Al obrero hay que crearle las mejores condiciones de trabajo que permitan en el transcurso de la jornada utilizar el tiempo económico racional.

En el tiempo total entran todas las categorías de gastos de tiempo de trabajo.

$$T_{pu} = T_b * T_a * T_{pt} * T_{org} * T_{dnp} ; \text{ min} \quad (\text{Ec. 2.13})$$

Donde:

T_{pu} : Tiempo por unidad de producción y la suma de todos los tiempos de las diferentes categorías.

T_b : Tiempo básico o principal de máquina.

T_{pt} : Tiempo de procesos tecnológicos.

T_{org} . Tiempo organizativo.

T_{dnp} : Tiempo de descanso y necesidades personales.

T_{pu} : Es el tiempo por unidad de producción de las normas técnicamente fundamentadas del tiempo necesario para ejecutar la operación tecnológica dada al aplicar los métodos modernos de maquinado.

T_b : Tiempo que se gasta en cambiar las dimensiones, la forma y rugosidad de la pieza y puede ser manual o de máquina.

$$T_b = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i ; \text{ min.} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

PTT: Es el tiempo que se gasta para el cuidado del PDT y otros gastos como buscar herramientas, limpieza de la máquina, llamado también T_{spt} .

$$T_{pt} \text{ ó } T_{spt} = (0,04 \dots 0,08) \cdot T_b ; \text{ min.} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

T_a : Tiempo que se gasta en la colocación de piezas, arranque y parada de la máquina, conexión y desconexión del avance, medición de la pieza.

$$T_a = (0,18 \dots 0,25) \cdot T_b ; \text{ min.} \quad (\text{Ec. 2.16})$$

To: Tiempo en el cual se realiza un trabajo productivo dirigido al concepto de una tarea (operación).

$$T_o = T_b + T_a; \text{ min.} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

Tdnp: Entran las pausas y descanso físico. Este tiempo suele descontarse de la jornada laboral.

$$T_{dnp} = (0,17 \dots 0,25), \text{ para una jornada de trabajo de 8 horas.} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

2.2.2. Operación de fresado de los chaveteros de las catalinas del árbol de cabezote.

La segunda operación por la que transita la pieza a elaborar es por el fresado, la cual está considerada como la operación más difícil dentro de los procesos de maquinado debido a las características de sus operaciones. Se caracteriza por poseer el movimiento de avance de la mesa y el de rotación de la herramienta llamada fresa.

2.2.2.1. Elección de la máquina.

La máquina-herramienta que se utilizará en esta operación es una fresadora vertical del tipo 6 M 12 Г. Ver figura 2.

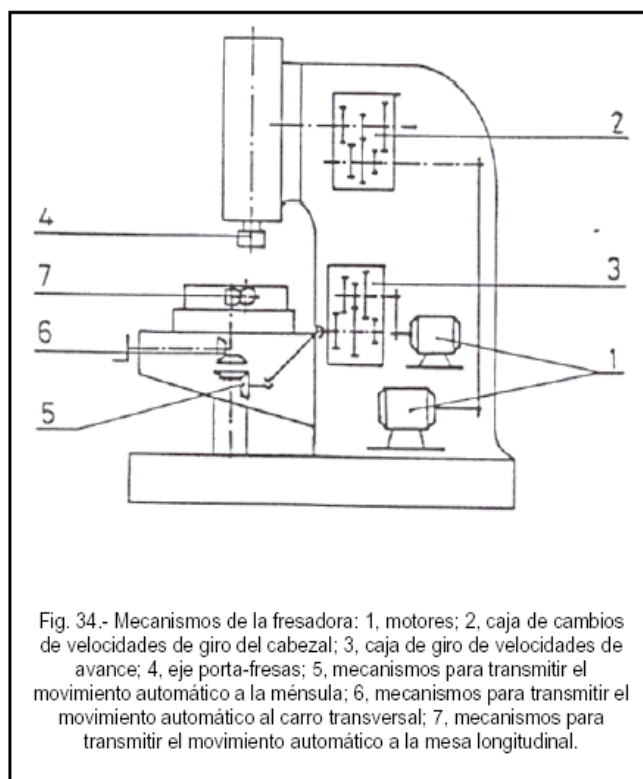
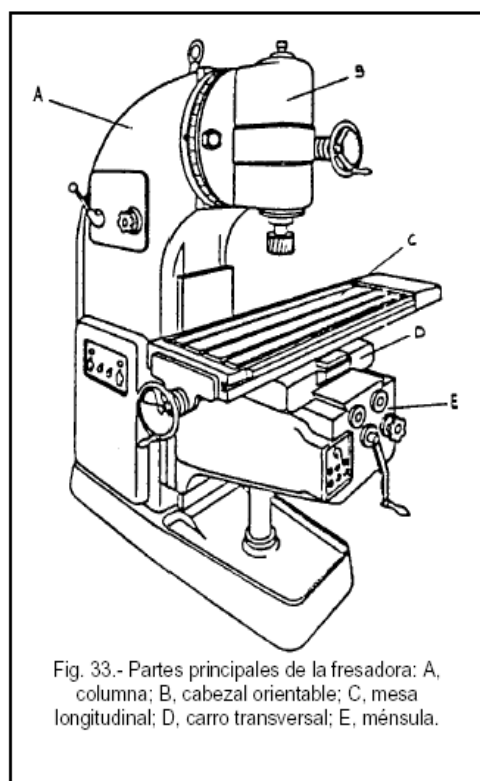


Figura 2.1. Fresadora vertical 6 M 12 Г.

2.2.2.2. Elección de la herramienta de corte.

La herramienta a emplear será una fresa de vástago de ocho labios o dientes marca HSS.

2.2.2.3. Determinación velocidad de corte real.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_f \cdot n}{1000}; \text{ m/min.} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

Donde:

V_c : Velocidad de corte.

$\pi = 3,14$. Constante.

$D_f = 52$ mm. Diámetro de la fresa.

Plantea Feschenko (1983) que la frecuencia de rotación será de 250 rev./min. y a su vez, el avance de la mesa será de 100 mm/rev.

Trabajo de Diploma en opción a Ingeniero Mecánico. Diplomante: Alien Yurieldis Garlobo Méndez.

2.2.2.4. Cálculo de la fuerza de corte.

$$P_z = P \cdot F \quad (\text{Ec. 2.20})$$

$$F = a \cdot b \quad (\text{Ec. 2.21})$$

$$a = 0.9 \cdot S_z \quad (\text{Ec. 2.22})$$

Donde:

$b = 32$ mm. Ancho de fresado.

P : presión específica.

Para los aceros $P := 40 - 55$ kgf/mm²

F : Área de la sección transversal del corte.

S_z : Avance por dientes. Se prefija entre 0,18 – 0,22 mm/diente, generalmente se adopta $S_z = 0,2$ mm/diente. Según Fernández (2004).

2.2.2.5. Cálculo de la potencia de corte efectiva.

$$N_c = \frac{P_z \cdot V_{cr}}{6120}; \text{ kW} \quad (\text{Ec. 2.23})$$

2.2.2.6. Determinar si es posible el maquinado.

$$N_c \leq N_h \quad (\text{Ec. 2.24})$$

$$N_h = N_{mot} \cdot \eta \quad (\text{Ec. 2.25})$$

N_{mot} y η (ver pasaporte de la máquina en anexo 2.)

2.2.2.7. Determinar el tiempo de maquinado.

$$T_m = \frac{L}{S_m} \cdot i; \text{ mm} \quad (\text{Ec. 2.26})$$

Donde:

L : Largo del desplazamiento del útil o de la pieza (contando la entrada y salida: en mm).

$i = 1$. Número de pasadas.

$S_m = 100$ mm/rev. Avance por minuto de la herramienta o pieza.

El largo del desplazamiento es:

$$L = l + y + \Delta \quad (\text{Ec. 2.27})$$

Donde:

$l = 1\,258$ mm. Largo de la pieza que se trabaja.

y : Es la magnitud (el camino) de la entrada (mm).

$\Delta = 1 \dots 3$. Magnitud de la salida o carrera libre de la herramienta.

Donde:

Para fresas frontales y de mango durante el fresado simétrico:

$$y = D \sqrt{\frac{D^2 - t^2}{2}} \quad ; \text{ mm} \quad (\text{Ec. 2.28})$$

Donde:

$D = 220$ mm. Diámetro de la pieza.

$t = 10$ mm. Profundidad de corte o espesor de corte (a).

Si la pieza a labrar se realiza en una mordaza o encima de la mesa de la fresadora se determinará el tiempo de maquinado, pero generalmente se emplean cabezales divisores.

2.2.3. Operación de fresado del chavetero de la estrella del árbol de cabezote.

En el fresado de este chavetero se aplica el mismo procedimiento que en epígrafe anterior. Tan solo hay que sustituir los valores que este chavetero posee.

2.2.3.1. Elección de la máquina.

Al igual que en la operación anterior, la máquina que emplearemos es 6 M 12 Г.

2.2.3.2. Elección de la herramienta de corte.

En este caso seleccionamos la misma herramienta que en el fresado anterior, es decir, una fresa de vástago de ocho labios o dientes, marca HSS.

2.2.3.3. Cálculo de la velocidad de corte.

Con el empleo de la ecuación 2.19 se calcula la velocidad de corte para el maquinado de este chavetero.

Donde:

$\pi = 3.14$. Constante.

$D_f = 42$ mm. Diámetro de la fresa.

Al igual que en fresado de los chaveteros de las catalinas, Feschenko (1983) plantea que la frecuencia de rotación será de 250 rev./min. y a su vez, el avance de la mesa será de 100 mm/rev.

2.2.3.4 Cálculo de la fuerza de corte.

Para el cálculo de la fuerza de corte, sustituimos las ecuaciones 2.21 y 2.22 en la 2.20.

Donde:

$b = 42$ mm. Ancho de fresado.

2.2.3.5. Cálculo de la potencia de corte efectiva.

En el cálculo de la potencia de corte efectiva se emplea la ecuación 2.23, donde los parámetros necesarios ya han sido calculados, tan solo hay que sustituirlos.

2.2.3.6. Determinar si es posible el maquinado.

Con este cálculo nos aseguramos de si es posible el maquinado de esta pieza. Para ello, se emplean las ecuaciones 2.24 y 2.25. Los valores de la potencia del motor de la máquina así como su rendimiento, los encontramos en el pasaporte de la máquina. Ver anexo 4.

2.2.3.7. Determinar el tiempo de maquinado.

Cuando calculamos el tiempo de maquinado del fresado de este chavetero, es necesario valerse de las ecuaciones 2.27 y 2.28; donde los valores obtenidos serán sustituidos en la ecuación 2.26.

Donde:

L : Largo del desplazamiento del útil o de la pieza (contando la entrada y salida: en mm).

$i = 1$. Número de pasadas.

$l = 1\,258$ mm. Largo de la pieza que se trabaja.

y : Es la magnitud (el camino) de la entrada (mm).

$\Delta = 1 \dots 3$. Magnitud de la salida o carrera libre de la herramienta.

$D = 200$ mm. Diámetro de la pieza.

$t = 9$ mm. Profundidad de corte o espesor de corte (a).

2.2.4. Operación de taladrado del árbol de cabezote.

El taladrado es uno de los más antiguos y utilizados métodos de elaboración de orificios, donde se realiza la operación de elaboración de agujeros con una herramienta llamada broca, la broca helicoidal apareció a principio del siglo XIX (1860).

2.2.4.1. Máquina.

Debido a las grandes dimensiones de las piezas a taladrar, estas serán maquinadas en la misma fresadora que se utilizó en la operación de fresado (6 M 12 Г). Además, con esta ventaja tecnológica se gana en tiempo a la hora de trasladar las piezas de una máquina-herramienta a otra. Por lo tanto la metodología de cálculo que se efectúa es la misma que se utilizó para el fresado de los chaveteros de las catalinas y de la estrella.

2.2.4.2. Elección de la herramienta de corte.

La herramienta a emplear será una broca 10,25 marca HSS al igual que el utilizado en el fresado de los chaveteros de las catalinas. En la figura 2.2 del anexo 4 aparecen algunos ejemplos de brocas utilizadas en la operación de taladrado.

2.2.4.3. Frecuencia de rotación.

Para el taladrado de estos agujeros, sugiere Feschenko (1983) que la frecuencia de rotación será de 250 rev./min; al igual que la utilizada en el fresado de los chaveteros.

2.2.4.4. Determinación de la velocidad de corte.

Para calcular la velocidad de corte de la broca, es necesario emplear la ecuación 2.19. Para ello, se emplean los siguientes datos.

Donde:

$D_b = 10,25$ mm. Diámetro de la broca.

2.2.4.5. Avance.

A su vez, el avance de la mesa será de 100 mm/rev. Según lo planteado por Alcántara (2004).

2.2.4.6. Profundidad de corte.

$$t = \frac{Db}{2} \quad (\text{Ec. 2.29})$$

2.2.4.7. Cálculo de la fuerza de corte.

Cuando se calcula la fuerza de corte se emplean las ecuaciones 2.21 y 2.22; las cuales se sustituyen en la ecuación principal 2.20. Los datos que se utilizan están expuestos a continuación.

Donde:

$b = Db = 10,25$ mm. Ancho del taladrado.

2.2.4.8. Cálculo de la potencia de corte efectiva.

Para el cálculo de la potencia de corte efectiva se emplea la expresión 2.23., donde los valores de la fuerza de corte efectiva y de la velocidad de corte son sustituido, ya que han sido calculados anteriormente.

Donde:

6 120: coeficiente de conversión de CV en kW.

2.2.4.9. Determinar si es posible el maquinado.

Para comprobar que esta operación se puede efectuar en la máquina se utilizan las ecuaciones 2.25 y 2.24; donde esta ultima se sustituye en la primera.

Donde:

N_{mot} y η . Ver pasaporte de la máquina en anexo 10.

2.2.4.10. Cabezal divisor.

Es aquel accesorio de las fresadoras para ampliar las posibilidades tecnológicas de las máquinas en la fabricación de diferentes piezas.

Para la realización de esta operación se selecciona un círculo de agujero 39 porque la división es sencilla. Entonces, se inclina el cabezal a 90° con respecto al eje y se rota el árbol a 120°, donde se taladrarán los agujeros.

$$n = \frac{N}{Z} \quad (\text{División simple}) \quad (\text{Ec. 2.30})$$

Donde:

n : Número de vueltas de la manivela.

N : Características del cabezal divisor ($N = 40$).

$Z = 3$. Número necesario de divisiones.

2.2.4.11. Cálculo del tiempo de maquinado.

Cuando calculamos el tiempo de maquinado del fresado de este chavetero, es necesario valerse de las ecuaciones 2.27 y 2.28; donde los valores obtenidos serán sustituidos en la ecuación 2.26.

Donde:

L : Largo del desplazamiento del útil o de la pieza (contando la entrada y salida: en mm).

$i = 1$. Número de pasadas.

$S_m = 100$ mm/rev. Avance por minuto de la herramienta o pieza. Según Rodríguez (2004).

$l = 1\,248$ mm. Largo de la pieza que se trabaja.

y : Es la magnitud (el camino) de la entrada (mm).

$\Delta = 1...3$. Magnitud de la salida o carrera libre de la herramienta.

$D = 140$ mm. Diámetro de la pieza.

t : Profundidad de corte.

El tiempo de maquinado obtenido multiplica por 6, ya que cada extremo de este árbol posee 3 agujeros.

2.2.5. Operaciones de maquinado del eje de cola.

Se empleará la misma metodología de cálculo que para el árbol. Al analizar los resultados se hará por separado. Muchos de los valores se mantienen constantes según plantea Fernández (1987), los mismos aparecen reflejados en las Tablas 2.6, 2.7 y 2.8:

Tabla 2.6. Valores constantes para el torneado y fresado del eje.

Torneado del eje de cola			Fresado del eje de cola		
Parámetros	Valores	Magnitudes	Parámetros	Valores	Magnitudes
n	300	rev/min	n	250	rev/min
S	0.25	mm/rev	S	100	mm/rev
i	1		i	1	
t	5	mm	P	40	kgf
P	40	kgf	a	0.18	mm
a	0.18	mm	Cfz	300	
Cfz	300		xfz	1	
xfz	1		yfz	0.75	
yfz	0.75		Kfz	1.06	
Kfz	1.06		Δ	2	
Δ	2				

Tabla 2.7. Valores constantes para el taladrado del eje.

Taladrado del eje de cola		
Parámetros	Valores	Magnitudes
n	250	rev/min
S	100	mm/rev
i	1	
P	40	kgf
a	0.18	mm
Cfz	300	
xfz	1	
yfz	0.75	
Kfz	1.06	
Δ	2	

A continuación, reflejaremos las dimensiones necesarias del eje de cola para la realización de las mismas operaciones por las que atravesó el árbol del cabezote, Ver figura 2.2.

Aquí va el plano del eje de cola. Imprimirlo en carta.

2.3. Simulación de las piezas mediante el Método de Elementos Finitos.

Como ya se ha hecho referencia anteriormente, el árbol y el eje que están en estudio se someterán a una simulación mediante un Método de Elementos Finitos. Con esto se podrá tener un gran acercamiento del comportamiento de las tensiones que actúan sobre determinadas regiones de estos árboles durante los momentos torsores a los que están sometidos estos durante su periodo de trabajo.

Además, a través de este estudio se podrán comprobar los cálculos hechos en cuanto a sus resistencias a la torsión, la flexión, la fatiga, los desplazamientos, entre otros.

A continuación se representan tablas que reflejan algunas de las variables a tener en cuenta para la realización del estudio:

Tabla 2.6. Variables del árbol del cabezote a introducir en el software.

Parámetros	Valores	Magnitud
------------	---------	----------

Trabajo de Diploma en opción a Ingeniero Mecánico. Diplomante: Ailen Yurieldis Garlobo Méndez.

Material	Acero 45	---
Módulo de elasticidad	2,1x e5	Pa
Momento torsor	20 297, 391	Nm
Momento flector	12 747, 439	Nm
Tensión total	67 556	N
Peso total	2 138	N

Tabla 2.7. Variables del eje del cabezote a introducir en el software.

Parámetros	Valores	Magnitud
Material	Acero 45	---
Módulo de elasticidad	2,1x e5	Pa
Momento torsor	0	Nm
Momento flector	11 174, 787	Nm
Tensión total	50 592	N
Peso	800	N

Cuando se realizó el estudio se tuvo en cuenta que se debía considerar el extremo donde está ubicado uno de los rodamientos como fijo. Además, en el otro extremos se introdujeron restricciones para que no permitiese el movimiento de traslación en el eje de las X y se le aplica un momento torsor.

2.4. Conclusiones del capítulo II.

1. Se seleccionaron los principales regímenes de corte para la tecnología de fabricación por los cuales deben transitar los elementos que han de elaborarse, así como las posibles máquinas y alternativas tecnológicas teniendo en cuenta las características constructivas de los mismos.
2. Se analizaron los parámetros de los elementos para su posterior simulación a través del Método de Elementos Finitos Cosmos 4.5, para de esta forma validar los resultados de los cálculos de la tecnología de fabricación.

CAPITULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

3.1. Introducción.

En este capítulo se exponen los resultados derivados del trabajo, las expresiones matemáticas que describen la tecnología de fabricación del árbol y el eje respectivamente del transportador de paletas hundidas КЛС – 650 perteneciente al flujo productivo de la empresa comandante Ernesto che Guevara, teniendo en cuenta metodología de cálculo de las maquinas- herramienta empleadas.

Se realiza una valoración económica a partir de Ficha para costos, precios y su componente en pesos convertibles” que en formato de hoja de cálculo se utiliza como Norma empresarial en la Empresa Mecánica del Níquel para calcular las fichas de costo, así como el impacto medioambiental que incurre el transportador.

El objetivo del capítulo es:

Realizar la valoración crítica de los resultados y a través de ella, explicar los fundamentos científicos que dan solución al problema planteado a partir de la interpretación de las regularidades observadas.

3.2. Análisis de la metodología de cálculo para el torneado del árbol ubicado en el cabezote del transportador de paletas hundidas КЛС – 650.

Primeramente, analizaremos la metodología de calculo empleada para determinar los valores de los parámetros de corte en la operación de torneado del árbol ubicado en el cabezote del transportador de paletas hundidas КЛС – 650.

A partir de la ecuación 2.1, sustituyendo sus valores tendremos que el resultado de la velocidad de corte es de 207,3 m/min.

Este valor de la velocidad de corte y considerando que el trabajo se realiza en el torno 1 M 63, permite un mayor tiempo de durabilidad de la cuchilla, un calentamiento inferior de la pieza y el operario trabaja con menos esfuerzo.

Sustituyendo en la expresión 2.2 la profundidad de corte es igual a 5 mm. Esto permite un menor momento torsor, mejor acabado superficial, el esfuerzo tangencial es menor, se cuida mas el borde cortante de la cuchilla, el ángulo de incidencia sufre menos.

Sustituyendo en la expresión 2.3 los valores de obtenidos en la ecuación 2.4, entonces la potencia de corte es igual a 1,9 kW. Posibilita que la potencia del motor no sea consumida en su totalidad. Además, el valor de la fuerza de corte que se le aplicará será el idóneo.

Mediante el empleo de ecuación 2.7 se obtiene un tiempo básico de maquinado de 42,2 minutos. Esto posibilita que el operario emplee el tiempo necesario en cada uno de los pasos realizados, es decir, se ahorra tiempo para invertirlo en otros trabajos.

El valor del tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos se obtiene mediante la expresión 2.13, y el mismo es de 101,5 minutos. Al igual que en el tiempo básico, esto permite que el operario emplee el tiempo necesario en cada uno de los pasos realizados, es decir, se ahorra tiempo para invertirlo en otros trabajos.

3.2.1. Análisis de la metodología de cálculo para el fresado del árbol del cabezote.

A partir de la ecuación 2.19, sustituyendo sus valores tendremos que el resultado de la velocidad de corte para fresar los chiveteros donde se ubican las catalinas es de 40,82 m/min.

Este valor de la velocidad de corte y considerando que el trabajo se realiza en la fresadora 6 M 12 Γ , permite un mayor tiempo de durabilidad de la broca, un calentamiento inferior de la pieza y el operario trabaja con menos esfuerzo.

Sustituyendo en la expresión 2.29 la profundidad de corte es igual a 5, 125 mm. Esto permite un menor momento torsor, mejor acabado superficial, el esfuerzo tangencial es menor, se cuida mas el borde cortante de la cuchilla, el ángulo de incidencia sufre menos.

Sustituyendo en la expresión 2.23 los valores de obtenidos en la ecuaciones 2.19 y 2.20, entonces la potencia de corte es igual a 1,53 kW. Posibilita que la potencia del motor no sea consumida en su totalidad. Además, el valor de la fuerza de corte que se le aplicará será el idóneo.

Mediante el empleo de ecuación 2.26 se obtiene un tiempo básico de maquinado de uno de los chaveteros, donde su valor es de 12,9 minutos; es decir que para ambos chaveteros el tiempo de maquinado es de 25,8 minutos. Esto posibilita que el operario

emplee el tiempo necesario en cada uno de los pasos realizados, es decir, se ahorra tiempo para invertirlo en otros trabajos.

Empleando las mismas expresiones que se utilizaron para la metodología de cálculo de los chaveteros donde se ubican las catalinas podemos obtener los valores de los parámetros para el cálculo del chavetero donde se sitúa la estrella de este árbol. Estos valores están en la tabla siguiente:

Tabla 3.1. Valores de parámetros calculados en el fresado del chavetero donde ubica la estrella del árbol del cabezote.

Parámetros	Ecuación	Valor	Magnitud
Velocidad de corte	2,19	39,25	m/min.
Profundidad de corte	2,29	5,125	mm
Potencia de corte	2,23	1,39	kW
Tiempo de Maquinado	2,26	16	min.

Los beneficios de cada uno de los resultados son los mismos que los obtenidos para el fresado de los chaveteros donde se ubican las catalinas.

3.2.2. Análisis de la metodología de cálculo del taladrado de agujeros de árbol del cabezote.

Empleando las mismas expresiones que se utilizaron para la metodología de cálculo de los chaveteros donde se ubican las catalinas podemos obtener los valores de los parámetros para el cálculo del taladrado de los agujeros donde se ubica la estrella de este árbol. Estos valores están en la tabla siguiente:

Tabla 3.2. Valores de parámetros calculados en el taladrado de los agujeros de los extremos del árbol del cabezote.

Parámetros	Ecuación	Valor	Magnitud
Velocidad de corte	2,19	8,05	m/min.
Profundidad de corte	2,29	5,125	mm
Potencia de corte	2,23	0.6	kW
Tiempo de Maquinado	2,26	16	min.

Para el taladrado de los tres agujeros en cada extremo del árbol es necesario rotar este a 120°. Para ello, empleamos la expresión 2.30. Como la división es simple, la cantidad de vueltas que debemos darle al cabezal divisor de 39 agujeros es 13 1/3.

3.3. Análisis de la metodología de cálculo del torneado del eje de la cola.

Ahora analizaremos la metodología de cálculo empleada para determinar los valores de los parámetros de corte en la operación de torneado del eje ubicado en la cola del transportador de paletas hundidas КЛС – 650.

A partir de la ecuación 2.1, sustituyendo sus valores tendremos que el resultado de la velocidad de corte es de 122,5 m/min.

Este valor de la velocidad de corte y considerando que el trabajo se realiza en el torno 1 M 63, permite un mayor tiempo de durabilidad de la cuchilla, un calentamiento inferior de la pieza y el operario trabaja con menos esfuerzo.

Sustituyendo en la expresión 2.2 la profundidad de corte es igual a 5 mm. Esto permite un menor momento torsor, mejor acabado superficial, el esfuerzo tangencial es menor, se cuida mas el borde cortante de la cuchilla, el ángulo de incidencia sufre menos.

Sustituyendo en la expresión 2.3 los valores de obtenidos en la ecuación 2.4, entonces la potencia de corte es igual a 1,13 kW. Posibilita que la potencia del motor no sea consumida en su totalidad. Además, el valor de la fuerza de corte que se le aplicará será el idóneo.

Mediante el empleo de ecuación 2.7 se obtiene un tiempo básico de maquinado de 35,9 minutos. Esto posibilita que el operario emplee el tiempo necesario en cada uno de los pasos realizados, es decir, se ahorra tiempo para invertirlo en otros trabajos.

El valor del tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos se obtiene mediante la expresión 2.13, y el mismo es de 86,4 minutos. Al igual que en el tiempo básico, esto permite que el operario emplee el tiempo necesario en cada uno de los pasos realizados, es decir, se ahorra tiempo para invertirlo en otros trabajos.

3.3.1. Análisis de la metodología de cálculo para el fresado del eje de la cola.

A partir de la ecuación 2.19, sustituyendo sus valores tendremos que el resultado de la velocidad de corte en los chaveteros donde se ubican los rodillos es de 25,12 m/min.

Este valor de la velocidad de corte en los chaveteros donde se ubican los rodillos y considerando que el trabajo se realiza en la fresadora 6 M 12 Г, permite un mayor tiempo de durabilidad de la cuchilla, un calentamiento inferior de la pieza y el operario trabaja con menos esfuerzo.

Según el plano del anexo 4 la profundidad de corte es igual a 7 mm. Esto permite un menor momento torsor, mejor acabado superficial, el esfuerzo tangencial es menor, se cuida mas el borde cortante de la cuchilla, el ángulo de incidencia sufre menos.

Sustituyendo en la expresión 2.23 los valores de obtenidos en la ecuaciones 2.19 y 2.20, entonces la potencia de corte es igual a 0.95 kW. Posibilita que la potencia del motor no sea consumida en toda su totalidad. Además, el valor de la fuerza de corte que se le aplicará será el idóneo para el arranque del material.

Mediante el empleo de ecuación 2.26 se obtiene un tiempo básico de maquinado de uno de los chaveteros donde se sitúan los rodillos, donde su valor es de 12,9 minutos; es decir que para ambos chaveteros el tiempo de maquinado es de 25,8 minutos. Esto posibilita que el operario emplee el tiempo necesario en cada uno de los pasos realizados, es decir, se ahorra tiempo para invertirlo en otros trabajos.

Empleando las mismas expresiones que se utilizaron para la metodología de cálculo de los chaveteros donde se ubican las catalinas podemos obtener los valores de los parámetros para el cálculo del chavetero donde se ubica el dispositivo del eje del transportador. Estos valores están en la tabla siguiente:

Tabla 3.3. Valores de parámetros calculados en el fresado del chavetero donde ubica la estrella del árbol del cabezote.

Parámetros	Ecuación	Valor	Magnitud
Velocidad de corte	2,19	17,27	m/min.
Profundidad de corte	2,29	5,125	mm
Potencia de corte	2,23	0,61	kW
Tiempo de Maquinado	2,26	16	min.

Los beneficios de cada uno de los resultados son los mismos que los obtenidos para el fresado de los chaveteros donde se ubican las catalinas.

3.3.2. Análisis de la metodología de cálculo del taladrado de eje de la cola.

Empleando las mismas expresiones que se utilizaron para la metodología de cálculo del taladrado de los agujeros del árbol del cabezote, entonces podemos obtener los valores de los parámetros para el cálculo de los agujeros ubicados en los extremos del eje. Estos valores están en la tabla siguiente:

Tabla 3.4. Valores de parámetros calculados en el taladrado de los agujeros de los extremos del árbol del cabezote.

Parámetros	Ecuación	Valor	Magnitud
Velocidad de corte	2,19	8,05	m/min.
Profundidad de corte	2,29	5,125	mm
Potencia de corte	2,23	0,1	kW
Tiempo de Maquinado	2,26	12,8	min.

Para el taladrado de los tres agujeros en cada extremo del árbol es necesario rotar este a 120° . Para ello, empleamos la expresión 2.30. Como la división es simple, la cantidad de vueltas que debemos darle al cabezal divisor de 39 agujeros es $13 \frac{1}{3}$.

3.4. Análisis de la simulación por el Método de Elementos Finitos del árbol del cabezote del transportador de paletas hundidas КЛС – 650.

Mediante la simulación del árbol pudimos comprobar que bajo las nuevas condiciones de trabajo, este elemento puede soportar tanto el valor de las tensiones aplicadas así como el momento torsor al que está sometido. Además, el desplazamiento que se refleja es de un valor muy pequeño.

Todo lo antes expuesto, nos permite afirmar que este árbol trabajará bajo condiciones muy favorables. Ver figuras de la 8 a la 10 en los anexos 13 a 15, respectivamente.

3.4.1. Análisis de la simulación por el Método de Elementos Finitos del eje de la cola del transportador de paletas hundidas КЛС – 650.

Al igual que en el análisis hecho al árbol mediante la simulación por el Método de Elementos Finitos, pudimos comprobar que el eje bajo las nuevas condiciones de trabajo puede soportar tanto el valor de las tensiones aplicadas así como el momento torsor al que está sometido. Además, el desplazamiento que se refleja es de un valor muy pequeño (ver figura 7 – 10, en Anexos del 12 - 15).

Lo antes expuesto, nos permite aseverar que este eje trabajará bajo condiciones muy favorables.

3.5. Valoración económica.

Con lo planteado hasta aquí vale la pena hacer algunos razonamientos que tocan de cerca a la economía, sin llegar aún a conclusiones definitivas ya que faltan muchos asuntos por tratar relativos a la producción de piezas por mecanizado. Pero es

indudable que la economía del mecanizado está estrechamente ligada al régimen de corte, sin ser éste el único factor que influye en ella.

3.5.1. Algunas consideraciones de carácter económico.

Con frecuencia, cuando se necesita fabricar una nueva pieza, surge la pregunta: ¿Dónde es más económico fabricarla, aquí o en un taller ajeno? A veces esta pregunta no es válida, por lo menos vista solo desde el ángulo que corresponde a la tecnología de fabricación, porque a veces la pieza necesaria provoca una interrupción tal en el proceso productivo de la fábrica, que los cálculos a realizar pueden ser más bien en cuanto a lo que representa el tiempo perdido en la producción, y aunque resulte más caro producir la pieza en el propio taller de la empresa, a la larga es más barato porque reduce el tiempo de interrupción de la producción. Pero en cualquier caso resulta una tarea insoslayable hacer que el proceso de producción de una pieza sea lo menos caro posible, y dentro de esa tarea hay que considerar las herramientas de corte y los regímenes de corte.

Las herramientas de corte son caras, y mientras más productivas más caras son. Sin embargo, empleando herramientas más baratas no se resuelve el problema porque ellas son menos productivas. El asunto no radica en el costo de las herramientas solamente, sino en que sean explotadas de acuerdo con las potencialidades para las cuales estas fueron fabricadas. Precisamente la experiencia de los talleres más competitivos indica que el aumento del costo de las herramientas de corte no incide negativamente en los costos de producción, sino todo lo contrario, los reducen. La aparente contradicción se explica porque el aumento de la productividad compensa con creces el aumento de los costos de las herramientas.

Sin embargo, hay que tener cuidado con las generalizaciones. El análisis serio no puede obviar el tiempo de amortización del costo de las herramientas, ni el costo del inventario de herramientas en almacén que pueden ser muchas y poco usadas. Así, para poner un ejemplo extremo, no tendría sentido disponer de una fresa madre o sinfín (o "hob", como también se le conoce) para fabricar una rueda sinfín o catalina que a lo mejor se fabrica cada 3 o 4 años, ya que esa herramienta es tan cara que solo se amortiza en una producción seriada.

Otro aspecto del asunto son los hombres encargados de sacarle el máximo a las herramientas y las máquinas. Si no se les orienta y controla adecuadamente, sobre todo cuando se acude a nuevas herramientas o nuevas máquinas, o ambas, los operarios tienden a ser conservadores, a trabajar con el mismo ritmo anterior, y las nuevas inversiones en busca de más productividad y reducción de los costos totales pueden diluirse por esta causa, y hasta dar la sensación de que herramientas más caras resultan inevitablemente en un encarecimiento de la producción de piezas.

Un taller centralizado, especializado en producción de piezas para empresas diversas, siempre va a tener ciertas ventajas, porque al tener garantizada una mayor carga de trabajo puede emplear métodos de producción seriada más rentables, y porque podrá disponer de equipos más costosos y herramientas más costosas, que tienen garantizadas su amortización en un plazo razonable gracias a la cantidad de piezas que se prevé deben producir. Pero siempre va a tener la desventaja de la falta de inmediatez, de la entrega justo a tiempo cuando el cliente tiene premura, así como el aumento de los costos que representa para el cliente la transportación de sus piezas desde lugares distantes.

Parece evidente que a la mayoría de las fábricas les conviene tener un taller para fabricar algunas de sus propias piezas, pero si se comienza a descubrir que determinadas piezas comienzan a ser más baratas si se compran fuera que si se producen en el propio taller, hay que preguntarse en qué está la pérdida de competitividad, y entre las respuestas posibles habrá que considerar las herramientas de corte que se emplean y los regímenes de corte a que se someten.

3.5.2. Generalidades.

Al abordar la valoración técnico económica de la tecnología de fabricación y a partir de las ventajas de este tratamiento establecidas en el Capítulo I por la revisión bibliográfica, se parte del hecho de que el mismo es altamente beneficioso para mejorar la calidad superficial de las piezas en forma integral, porque mejora las cualidades físico mecánicas de la superficie. Todo ello sin dudas repercute económicamente durante el proceso de explotación de los árboles así tratadas, al incrementar su durabilidad por tener mayor resistencia al desgaste, a la corrosión, a la rotura, aumenta su fiabilidad, por el incremento de la resistencia de las piezas y mayor resistencia a la fatiga.

Adicionalmente, se obtiene una mayor precisión en los ajustes, lo que condiciona un funcionamiento más eficiente de la maquinaria en general.

Para la estimación de los costos de fabricación que se desean determinar se parte de la metodología del cálculo del costo de fabricación conocida como "Ficha para costos, precios y su componente en pesos convertibles" que en formato de hoja de cálculo se utiliza como Norma empresarial en la Empresa Mecánica del Níquel para calcular las fichas de costo.

Costos de materiales empleados.

Son los costos que tienen incidencia en el proceso de transformación del objeto o el producto a elaborar, en la tabla 3.1 se realiza el estimado de los materiales que se emplearon en la elaboración del árbol de cabezote y del eje de cola del transportador.

Tabla 3.1. Costos de materiales empleados.

Materiales	Cantidad	Precio(CUC)
Acero 45 ø 145	1 090 mm	347,74
Acero 45 ø 230	1 258 mm	604,79
Cuchilla de tronzar (Sandvik)	1(vástago PCLNR 20 20 K 12, con plaquita CNMM 12 04 -QR de calidad GC 4015	18,23

En la tabla 3.2, se elabora la ficha de costo por concepto de operaciones y operarios, así como el comportamiento del consumo eléctrico.

Tabla. 3.2. Costo de fabricación para el árbol del cabezote.

Costo de fabricación de la pieza.			
Tipo de material	Costo material(\$)	Peso del semiproducto(kg)	Prec.(CUC)
Acero 45 ø 145	347,74	131,6	287,13
Acero 45 ø 230	604,79	409,9	544,31
Cuchilla	16,41	0,5	18,23
Operario	Tarifa(\$)	Tiempo efectivo(h/\$)	Costo(\$)
Tornero A	1,78	1,69	0,0082
Fresador A	1,78	0,75	1,335
Salario Básico del árbol (Sb_A) = Suma de los costos = \$ 640,77			
Salario Básico del eje (Sb_E) = Suma de los costos = \$ 383,72			
Salario complementario del arbol $Sc_A = (Sb \cdot 0,1) =$ \$ 64,07			
Salario complementario del arbol $Sc_E = (Sb \cdot 0,1) =$ \$ 38,37			
Aporte a la seguridad social $Ss_A = (Sc+Sb) \cdot 0,09 =$ \$ 63,43			
Aporte a la seguridad social $Ss_E = (Sc+Sb) \cdot 0,09 =$ \$ 37,98			
Gasto de Energía			
Máquinas	Tiempo trab.(h)	Potenc. máquina/kW	Energía consumida (kW/h)
Torno	1,69	1,9	3,211
Fresadora	0,98	1,12	1,097
Costo Energía			
Torno $C_{\text{torno}} = 0,04 \cdot E \cdot c = 0,13$		Costo de energía eléctrica.	
		$C_e = C_t + C_{ss} + C_M + C_P =$ \$ 0,17	
Fresadora $C_{\text{fresad.}} = 0,04 \cdot E \cdot c = 0,043$		Costo Total	
		$CT_A = Sb_A + Sc_A + Ss_A + C_e =$ \$ 768,80	
		$CT_E = Sb_E + Sc_E + Ss_E + C_e =$ \$ 460,60	

Costos de producción del maquinado.

El costo de producción viene dado por el gasto de materiales fundamentales y auxiliares, energía eléctrica y salario de la fuerza de trabajo en la fabricación de esta, durante el proceso de maquinado.

El costo total de elaboración del árbol y el eje del transportador de paletas KJC-650 es de **1 229 CUC**.

3.6. Impacto ambiental.

El desarrollo acelerado de las grandes industrias por todo el mundo ha venido acompañado de una creciente contaminación del medio ambiente. En las últimas décadas del siglo pasado este aspecto negativo ha subido a uno de los mayores registros, principalmente en los países más desarrollados y en los que están en vía de desarrollo.

Debido a este fenómeno que está azotando al mundo no son menos los que se alarman con las consecuencias que provocan todos los agentes contaminantes sobre los diferentes recursos hídricos, forestales, animales y principalmente, humanos. Una de las cosas que actualmente mas alarman al mundo es lo concerniente a la contaminación ambiental que lo esta azotando. Con respecto a esto, se han desarrollado varias convecciones con el fin de encontrar una pronta solución o reducción de este mal que nos afecta a todos. Ejemplo de ello lo constituyen las asambleas que se realizan cada año en la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en Ginebra, Suiza. Además, se han firmado documentos de gran importancia para la conservación de un mundo libre de polución; prueba de esto es el Tratado de Kyoto. Nuestro país no está exento de tal polución. En Cuba se realizan esfuerzos extraordinarios para desarrollar nuestra economía hasta niveles que satisfagan las necesidades actuales, sin comprometer la capacidad de las generaciones venideras por satisfacer las propias.

Los equipos de transporte industrial constituyen un factor a tener en cuenta en la preservación del medio; sus efectos adversos son trasladados por su movilidad y la variabilidad de los impactos negativos que provocan, en correspondencia con la calidad de los ecosistemas afectados y en muchos casos suelen ser más peligrosos que una fuente móvil.

El desarrollo de la industria minero metalúrgica en la región de Moa, es una muestra de todo lo agresiva que puede ser la actividad humana sobre el medio ambiente, sin embargo, industria y ecología no son incompatibles, por lo que se pueden compaginar y coexistir. La interacción empresa-medio ambiente ha de ser beneficiosa y llegar a formar parte del entorno físico, social y humano de la región.

3.6.1. Suspensión de polvo.

De la masa total de contaminante que sale a la atmósfera por esta vía el 9 % está formado por partículas sólidas, estas pueden ser químicamente inertes o activas. Los valores límites permisibles de las concentraciones de polvo que pueden ser lanzadas a la atmósfera por las fábricas metalúrgicas de metales no ferrosos a nivel internacional son de 20 a 30 (gr. /m³). En el caso del área aledaña a los transportadores 17/18, es particularmente significativa la cantidad de polvo que se enviaba a la atmósfera por

dificultades en el antiguo sistema de aspiración provocando grandes afectaciones a la salud de los obreros que trabajan en esta zona.

Los principales problemas detectados en la relación con el medio ambiente en la Planta de Preparación de Mineral comienzan en los electrofiltros. En esta área se producen emanaciones de polvo principalmente por los salideros en la parte superior de las tolvas que van desde los transportadores de rastrillo hasta los transportadores de paletas que están en la parte inferior, esta contaminación afecta el área de trabajo. La limpieza que se realiza en esta parte es manual.

El derrame y salideros de mineral en la planta por los sellos de los transportadores, cae a la planta baja; este mineral se somete a la limpieza con agua y es trasladado por los canales hacia tres pozos. Mediante bombas la pulpa se envía hacia la canalización oeste de la fábrica, que lo descarga al río Moa. Este residual contiene grandes cantidades de sólidos y grasas sin previo tratamiento; lo que además provoca un gran porcentaje de sedimentación en este recurso de la hidrosfera. Los elementos metálicos que se relacionan en este trabajo tienen las siguientes características toxicológicas sobre el hombre:

- ❖ **Níquel:** La aspiración de aerosoles ricos en sales solubles de níquel puede provocar corizas crónicas y sinusitis. A pesar que la dermatitis de níquel es provocada normalmente a través de contacto externo con aleaciones de níquel o sales se han reportado también reacciones alérgicas en pacientes sensibles.
- ❖ **Cobalto:** Presenta propiedades dañinas sobre los riñones. También se le atribuyen la aparición de dermatitis por ser altamente irritante.
- ❖ **Hierro:** Los polvos finos de óxido de hierro son inertes y pueden como máximo interrumpir las funciones de los órganos respiratorios.
- ❖ **Silicio:** Como parte del resultado obtenido en estudios realizados en plantas que procesan minerales con altas concentraciones de silicio y silicatos se ha demostrado la presencia de severas afectaciones pulmonares a obreros que se encuentran trabajando en zonas cercanas a las fuentes de emisión, esta enfermedad se conoce como Silicosis, la cual posee el siguiente comportamiento:

Silicosis crónica; silicosis aguda; silicosis acelerada; fibrosis masiva progresiva; silicosis por conglomerado.

- ❖ **Cobre:** La inhalación de vapores de cobre es peligrosa para diferentes órganos como el páncreas y los pulmones.
- ❖ **Manganeso:** La exposición a los polvos de manganeso provoca la aparición de diversas infecciones respiratorias.

3.6.2. Contaminación acústica.

La contaminación acústica o contaminación por ruido, como también se le conoce, es considerada por la mayoría de la población como un factor medioambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida. La contaminación ambiental es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades que se desarrollan en las industrias.

El término contaminación acústica hace referencia al ruido cuando este se considera como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. La causa principal de la contaminación acústica es la actividad humana; el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, la industria, entre otras. Los efectos producidos por el ruido pueden ser fisiológicos, como la pérdida de audición, y psicológicos, como la irritabilidad exagerada.

Técnicamente, el ruido es un tipo de energía secundaria de los procesos o actividades que se propaga en el ambiente en forma de ondulatoria compleja desde el foco productor hasta el receptor a una velocidad determinada y disminuyendo su intensidad con la distancia y el entorno físico.

La contaminación acústica perturba las distintas actividades comunitarias, interfiriendo la comunicación hablada, base esta de la convivencia humana, perturbando el sueño, el descanso y la relajación, impidiendo la concentración y el aprendizaje, y lo que es más grave, creando estados de cansancio y tensión que pueden degenerar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular.

Uno de los principales factores contaminantes lo constituye el ruido emitido por este medio de transporte es el provocado por las vibraciones del motor eléctrico, el reductor y del contacto directo que existe entre las paletas y la canal. El ruido se mide en decibelios (dB)a; los equipos de medida más utilizados son los sonómetros. Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 (dB)a como el límite

superior deseable. Este equipo sobrepasa los niveles promedios de audición que puede soportar un ser humano.

3.7. Conclusiones del capítulo III.

Con el cumplimiento y desarrollo de los objetivos correspondientes a este capítulo, entonces se puede arribar a las siguientes conclusiones:

1. Quedó establecida la metodología de cálculo para la tecnología de fabricación del árbol y el eje, quedando demostrado que es posible el empleo de la misma en las máquinas propuestas.
2. Los regímenes de corte establecidos están dentro del rango de trabajo, teniendo en cuenta que se emplearon máquinas convencionales con auxilio de máquinas computarizadas.
3. Se estimó el costo de fabricación del árbol y el eje. Además, se comprobó que por la ficha de costo que el primero tiene un valor de **\$ 768,80 CUC**, y el segundo un valor de **460,60 CUC**.
4. Debido al inapropiado mantenimiento que se le da a este equipo de transporte industrial, esto lo que provoca es un impacto ambiental desfavorable en toda la región del municipio, y especialmente en la Planta de Preparación de Mineral. Con la suspensión de polvos y el ruido que este transportador genera los más afectados tanto físico como mentalmente son los obreros que trabajan directamente en ese sitio.

CONCLUSIONES GENERALES.

1. La bibliografía consultada, aporta información sobre las características de los equipos transportadores, propiedades físicas, mecánicas y funcionales de los mismos, pero son escasas las referencias que establecen el comportamiento del árbol del cabezote al igual que el eje de la cola de los transportadores de paletas hundidas del tipo КЛС - 650.
2. Las ecuaciones desarrolladas en el capítulo II, relacionadas con la tecnología de fabricación, así como la simulación por el Método de Elementos Finitos de el árbol y el eje, permiten determinar que existe problema en las dimensiones que poseen estos elementos, imposibilitando la transportación eficiente del flujo de mineral por el transportador КЛС - 650, por lo que requiere la propuesta de un nuevo diseño de dichos elementos.
3. Al efectuar los cálculos económicos con la ayuda de una ficha de costo para el árbol y el eje, podemos concluir que a pesar del alto costo de fabricación de estos, su funcionamiento va a ser aprovechado eficientemente por la demanda de mineral transportado que el árbol y el eje que en estos momentos son explotados.
4. Los transportadores de paletas hundidas КЛС - 650 dentro de los equipos empleados en el flujo productivo de la Empresa Ernesto Che Guevara son uno de los que más afectan al ecosistema, ya que los mismos generan ruidos y polvos, influyendo en la calidad de vida de los obreros.

Recomendaciones.

1. Proponer a la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara el incremento de los diámetros de los transportadores de paletas hundidas КЛС- 650 que permitan mayor torque en el accionamiento para la transportación de 80 t/h.
2. Efectuar la simulación de estos elementos por otro Método de Elementos Finitos como el ANSYS, para de esta forma determinar con mayor precisión los nodos y mallas durante el accionamiento de los mismos.
3. Realizar con mayor periodicidad el Sistema Preventivo Planificado (MPP) para evitar roturas y paros innecesarios durante el trabajo de estos equipos. Además, se evita la emisión de molestos ruidos y el derrame de polvos y grasas, donde estos factores repercuten de manera negativa sobre el medio ambiente que nos circunda.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Anyuris, B.; Construcción de maquinarias; Editorial MIR; Moscú; 1978.
2. Arshinov; Metal Cutting Theory and Cutting Tools Design; Editorial MIR; Moscú; URSS; 1989.
3. Barbashov, F. A.; Manual del fresador, Editorial MIR; Moscú; 1981.
4. Catálogo General SKF; Stamperia Artistica Nazionale; Torino; Italia; 1989.
5. Casillas, A. L.; Cálculos de Taller; Editorial Revolucionaria; Ciudad de La Habana; Cuba; 1989.
6. Dobrovolski R.; Elementos de máquinas; Editorial MIR; 1989.
7. F, Feshsenkov y Matmutov; El Torneado, Editorial MIR; Moscú; 1983.
8. Fernández Columbié, Tomás; Rodríguez González, Isnel y Alcántara Borges, Dayanis; Procesos de maquinado con arranque de virutas; Moa; Holguín; Cuba; 2004.
9. Matushev, L. G.; Sumin, V. N.; Dispositivos de transporte y dispositivos de las fábricas de enriquecimiento; Moscú; URSS; Editorial MIR; 1985.
10. Nikolaev, Anatoli: Máquinas-Herramientas Tomo I, Editorial Pueblo y Educación; 1979.
11. Pis, Orleydis; Automatización de metodología de cálculo de transportadores de paletas; ISMM; Moa; 2005.
12. Reshetov D.; Elementos de Máquinas; Editorial Pueblo y Educación; 1987.
13. Rodríguez Hernández, Orlando; Manual de trabajos prácticos de dibujo aplicado; Editorial Pueblo y Educación; Ciudad de La Habana; 1986.
14. Shubin, V., Pedre, C.; Diseño de maquinaria industrial; Editorial de Pueblo y Educación; 1986.
15. www.altavista.com.
16. www.google.com.