



República de Cuba
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
Dr. Antonio Núñez Jiménez
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

Título: Diseño de los principales agregados de la criba autobalanceada para los áridos cubanos

Autor: Orlainis Chibás Laborde

Tutores: MSc. Roberto Johan Sierra Pérez.

Ing. Francisco Rodríguez Domínguez

Moa-2008
“Año 50 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Orlainis Chibás Laborde, autor de este trabajo de diploma y los tutores M.Sc. Roberto Johan Sierra Pérez, Francisco Rodríguez Domínguez declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y el Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de la Construcción para que dispongan de su uso cuando estimen conveniente.

Autor:

Orlainis Chibás Laborde

Tutor:

M.Sc. Roberto Johan Sierra Pérez

Tutor:

Ing. Francisco Rodríguez Domínguez

PENSAMIENTOS

No hay en la tierra más vía honrada, que la que uno se abre con sus propios brazos.

José Martí

...y siempre mediremos, por encima de todo un Técnico y un Científico no por sus conocimientos, sino por el grado de humildad y modestia con que sea capaz de aportar sus conocimientos.

Fidel Castro.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de diploma en primer lugar a mis padres: Onelsy Laborde Montero y Orlando Chibás Ruiz, que han logrado con su ejemplo y dedicación ser baluartes inspiradores en mi formación personal y profesional.

A mis demás familiares y amistades que siempre me alentaron a seguir y tener un único objetivo, el de graduarme como ingeniero.

AGRADECIMIENTOS

Agradecerle a la Revolución por darme la posibilidad de formarme como ingeniero y así lograr uno de los sueños de mi vida.

Al colectivo de trabajadores del departamento de diseño del CTDMC por darme su apoyo incondicional y conocimientos.

A mis compañeros de aula por haber compartido todo este tiempo junto; sin olvidar los que por razones de la vida no se encuentran hoy físicamente junto a nosotros.

Agradezco de corazón a mis tutores y los ingenieros Enrique Castellano Pérez y José Díaz Laínque por el apoyo que me brindaron.

A los profesores del departamento de mecánica por haberme cedido sus conocimientos y experiencias como profesionales.

RESUMEN

La demanda de materiales de construcción crece vertiginosamente y con ello la necesidad de perfeccionar e incrementar las plantas procesadoras de estos materiales. En el presente trabajo de diploma desarrollado en conjunto con el Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de la Construcción, se realizó la recolección de las propiedades físico mecánicas de los áridos utilizados en el Ministerio de la Construcción y se realizó un estudio bibliográfico de las cribas, de las cuales se profundizó en las cribas autobalanceantes, resaltando su funcionamiento, clasificación e identificación de sus agregados.

Se establece la metodología de cálculo de las máquinas de cribado de acuerdo a las condiciones de explotación de los áridos cubanos, se analizan las principales averías de las cribas en explotación y se plasman las principales peculiaridades de explotación.

Se realizan los cálculos de diseño, basándose en esto se desarrolla la ingeniería de detalle de los principales elementos y agregados de la criba analizados y se establecen los ciclos de revisión, mantenimiento y reparaciones.

Por último se realizan un análisis técnico económico de los principales resultados obtenidos, reflejando los parámetros principales de los elementos y agregados y se demuestra la factibilidad de su construcción en Cuba.

ABTRACTS

The demand of construction materials grows vertiginously and with it the necessity to perfect and to increase the plants producers of these materials. Presently work of developed diploma of group with the Technical Center for the Development of the Materials of Construction, was carried out the gathering of the properties physique mechanics of the arid ones used in the Ministry of the Construction and the was carried out a bibliographical study of the sieves, of which was deepened in the sieves to compensate, standing out its operation, classification and identification of its attachés.

The methodology of calculation of the machines settles down of having sieved according to the conditions of Cuba arid exploitation, the main mishaps of the sieves are analyzed in exploitation and the main peculiarities of exploitation are captured

They are carried out the design calculations, being based on this is developed the engineering of detail of the main elements and attachés of the analyzed sieve and the revision cycles, maintenance and repairs settle down.

Lastly they are carried out an economic technical analysis of the main obtained results, reflecting the main parameters of the elements and attachés and the feasibility of its construction is demonstrated in Cuba.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
Introducción.....	1
CAPÍTULO I: Marco teórico	
1.1 1.1. Introducción.....	4
1.2 Generalidades de las máquinas de cribado.....	5
1.2.1 Definición.....	5
1.2.2 Superficies de cribado.....	5
1.2.3 Elección de las superficies de cribado.....	6
1.2.4. Tipos de cribas.....	7
1.3. Tipos de máquinas de cribado más utilizadas en la producción de áridos en el Ministerio de la Construcción	9
1.4. Propiedades de los yacimientos de piedras y arenas para la construcción	10
1.5 Conclusiones del capítulo.....	13
CAPÍTULO II: Fundamentación teórica de la criba autobalanceante	
2.1. Introducción.....	14
2.2. Descripción técnica de la criba CM-742.....	14
2.2.1. Principio de funcionamiento.....	14
2.2.2. Campo de empleo de la criba.....	15
2.2.3. Característica técnica.....	15
2.2.4. Estructura y funcionamiento de la criba.....	15
2.3. Metodología de cálculo del rendimiento de cribado y de la superficie de cribado	17
2.4. Instrucciones para la explotación.....	19
2.4.1. Preparación para el trabajo, regulación y puesta a punto.....	21
2.5. Principales problemas que pueden surgir y el procedimiento para resolverlos ver tabla	22
2.6. Conclusiones del capítulo.....	27
CAPITULO III: Diseño	

3.1.	Introducción.....	28
3.2.	Cálculos de diseño.....	29
3.2.1.	Cálculos de vibraciones.....	29
3.3.	Régimen de trabajo y condiciones de explotación de los principales elementos de la criba	31
3.3.1.	Cálculo de la transmisión polea-correa.....	31
3.3.2.	Cálculo de la transmisión de ruedas dentadas cilíndricas de dientes inclinados	35
3.3.3.	Cálculo de selección del la chaveta que une la rueda dentada y el árbol	39
3.3.4.	Cálculo de selección del la chaveta que une la polea conducida y el árbol	41
3.3.5.	Cálculo de resistencia de las placas que soportan el vibrador....	43
3.3.6.	Cálculo de los muelles que soportan la criba.....	46
3.4.	Elección de los materiales de los elementos de la criba.....	49
3.5.	Ingeniería de detalles de los elementos de la criba.....	50
3.6.	Diseño del mantenimiento.....	50
3.6.1.	Lubricantes y lubricación.....	53
3.7.	Conclusiones del capítulo.....	55
CAPITULO IV: Análisis de los Resultados y Valoración Económica		
4.1.	Introducción.....	57
4.2.	Análisis de los resultados obtenidos en la investigación.....	57
4.3.	Determinación de los gastos de energía eléctrica en la clasificación	58
4.4.	Cálculos económicos.....	59
4.5.	Conclusiones del capítulo.....	61
Conclusiones Generales.....		62
Recomendaciones.....		63
Bibliografía.....		64

INTRODUCCIÓN.

La reanimación de la economía cubana conduce a una reestructuración de la producción y los servicios en la búsqueda de una mayor competitividad. La misma deberá atravesar, al igual que en otros países, aunque en condiciones mucho más complejas por la aguda crisis de las relaciones entre Cuba y los EE.UU., por una reconversión de la tipología de la empresa estatal tradicional.

En los últimos años se han ido desarrollando diversas iniciativas que tienden a la búsqueda de nuevas formas de explotar las considerables capacidades productivas creadas, dentro de los sectores inmersos en un progresivo desarrollo se encuentra el Ministerio de la Construcción, el cual apunta hacia la renovación tecnológica y organizativa de la producción. Es decir, nuevas estrategias adecuadas a las nuevas condiciones dentro de las cuales el buen manejo de las variables tecnológicas es un factor de gran importancia.

En los años posteriores aumentaron ligeramente los niveles de producción dentro de la recuperación económica, de donde se deriva que, el equipamiento tecnológico y la técnica existente en esta industria, padeció de una sobreexplotación por la necesidad de cumplir los planes y compromisos contraídos. Esta situación provocó que en estos momentos sus equipos tengan generalmente muchos años de explotación, estén deteriorados y atrasados con relación a los equipos homólogos existentes en el mercado internacional, que el monto de la inversión necesaria para el mejoramiento tecnológico de sus equipos sea considerable y que se produzcan importantes interrupciones en el proceso productivo por roturas en su equipamiento.

Este trabajo muestra el diseño de la Criba CM 742 con el objetivo de su posterior fabricación en nuestro país. Esta máquina, por sus características, permite su utilización en instalaciones que varíen sus niveles de producción. El trabajo incluye el cálculo de los parámetros tecnológicos, el mantenimiento y el impacto socio ambiental de la máquina.

Situación Problemática:

De acuerdo a la demanda necesaria requerida en las diferentes instalaciones existentes en el país es preciso el diseño de una Criba de poco tamaño que satisfaga la producción requerida. Por otro lado, el país dispone de empresas con suficiente capacidad técnica para la construcción de equipos mecánicos; que

incluyen todos los componentes de una máquina de cribado. Por tanto es necesario su construcción y distribución por los distintos territorios. La experiencia en la explotación de estos equipos refleja insuficiencia en el trabajo de algunos de sus elementos y agregados, las cuales se hace imprescindible corregir.

Problema Científico

No existe una metodología de diseño de las máquinas de criado para áridos cubanos, que permita su construcción en Cuba.

Objeto de estudio:

Las máquinas de cribado para áridos.

Campo de acción:

Diseño de maquinas de cribado.

Objetivo general:

Determinar los parámetros tecnológicos que determinan la proyección y el diseño de los principales elementos y agregados de las máquinas de cribado considerando los áridos cubanos y la experiencia en la explotación de estos equipos.

Objetivos específicos:

1. Establecer el flujo tecnológico del proceso y describir el proceso de cribado de dicha planta
2. Establecer la metodología de cálculo del proceso de cribado para los áridos de la industria de la construcción.
3. Calcular los parámetros de diseño de los principales elementos de la criba
4. Establecer un método de mantenimiento efectivo de la criba.

Hipótesis:

Si se consideran las propiedades físico-mecánica de los áridos de construcción y las peculiaridades de explotación de las cribas en Cuba, entonces se pueden obtener los parámetros tecnológicos que determinan su diseño preciso

Aportes prácticos que se esperan conseguir.

Los procedimientos necesarios para la determinación de los parámetros tecnológicos que caracterizan las máquinas de cribado para el tratamiento de los áridos cubanos.

Tareas:

- Establecer la fundamentación teórica de la temática.
- Calcular los parámetros de trabajo del proceso de cribado
- Calculo de diseño de los componentes principales de la Criba autobalanceante
- Determinar el mantenimiento de dicha criba y una valoración económico del mismo.

CAPÍTULO I: Marco teórico

1.1. Introducción

Las máquinas de cribado desempeñan un papel fundamental en la producción de áridos utilizados por el Ministerio de las Construcción. En Cuba existen en todas las provincias, de una capacidad determinada, plantas procesadoras de áridos. Se utilizan distintos tipos de cribas para la clasificación mecánica, donde juegan un papel decisivo en la efectividad de dichas máquinas, las propiedades físico-mecánicas de los materiales extraídos de las canteras y yacimientos. No existe experiencia en el diseño y construcción de estos equipos en Cuba; costosos en el mercado exterior, por lo que se hace necesario estudiar la posibilidad de su proyección y construcción nacional.

Los objetivos del capítulo son:

- 1- Realizar una sinopsis de la aplicación de los tipos de máquinas de cribado en Cuba y del nivel de información científico técnico.
 - 2- Identificar las propiedades físico-mecánicas de los áridos para la construcción
- Estudio del Arte

Según Sierra 1987 se realiza un estudio de una planta procesadora de grava y arena en la ACI Nro. 3 de Moa, donde se observa el nivel de subutilización de los equipos de cribado, trituración y transporte de los áridos, demostrándose que la selección y diseño de estos equipos no se hizo en base a las condiciones reales de explotación, además; se reflejaron las principales averías y sus causas.

En 1939, D. Frederick Mogensen (1904-1978) obtuvo un doctorado en Tecnología Mineral y luego se convirtió en Profesor en sistema de preparación de minerales en La universidad técnica Helsinki, en Finlandia, donde desarrolló una fórmula para determinar la probabilidad de que una partícula pase a través de la malla de una criba.

Esta probabilidad dependía del tamaño de la partícula, de la apertura de mallas y del diámetro de hilo de las mallas, la cual mostró que las llamadas partículas críticas (con tamaños próximos a la apertura de las mallas) estorbaban el proceso de cribado considerablemente. Sin embargo no fue sino hasta varios años más tarde que se dio cuenta que, a pesar de que las partículas fueran más pequeñas que la aperturas de mallas, la "probabilidad" de su paso a través de la malla

podría ser la base de la determinación de la apertura de mallas en función del tamaño de las partículas y del diámetro de los hilos de mallas.

1.2. Generalidades de las máquinas de cribado

1.2.1. Definición.

El cribado no es más que un proceso mecánico de clasificación dimensional de materiales de forma y dimensiones variadas, mediante la presentación de estos sobre una superficie cernidora con aberturas que dejan pasar los granos de dimensiones inferiores, mientras que los granos de dimensiones superiores son retenidos y evacuados separadamente.

El proceso es necesario debido a que los materiales procedentes de la trituración o molienda no se ajustan a los tamaños requeridos y por lo tanto hay que hacer una separación por dimensiones en función de su destino posterior. Esto permite aumentar la capacidad de los equipos de trituración y molienda y evita la reducción excesiva.

1.2.2. Superficies de cribado

Existen diversas formas de las superficies de cribado, las más utilizadas son las siguientes:

- Parrillas de barras; están formadas por una serie de barras semiparalelas entre sí con distintas aberturas en función de la clasificación deseada y alineadas paralelamente a la dirección de caída del producto.
- Chapas perforadas; es una chapa con un número de perforaciones, por las cuales pasa el material que tenga dimensiones menores a las del orificio. Estas chapas se emplean generalmente en aplicaciones donde es necesario la utilización de superficies de cribado que aguanten tamaños de partículas importantes.
- Mallas metálicas; son un conjunto de alambres tejidos de diferentes maneras que dan orificios de forma cuadrada o rectangular por los cuales van a pasar o ser rechazados los materiales durante el proceso de cribado.
- Mallas de poliuretano; como su nombre lo indica, están fabricadas de este material y pueden tener diferentes grados de dureza. Estas mallas se emplean para el cribado de materiales altamente abrasivos pudiendo ser su duración de 30 a 50 veces superior a las mallas metálicas.

➤ Rejillas filtrantes; se utilizan generalmente para la separación de cuerpos sólidos y líquidos empleándose una instalación de lavado, secado, filtrado, clasificado y concentrado.

1.2.3. Elección de las superficies de cribado

Los criterios de elección de una superficie de cribado se basan en los siguientes puntos:

- La solidez de la malla frente a la deformación, la resistencia al desgaste y la resistencia a la rotura por fatiga. Factores muy importantes a la hora de trabajar con materiales de gran tamaño y pesados. Las más resistentes son las parrillas, chapas perforadas y, por último, las mallas.
- La regularidad en las luces de mallas. Estas son más constantes en las chapas perforadas seguidas de las mallas y las menos constantes son las parrillas.
- El porcentaje de superficie útil de malla respecto a la superficie total. Estos valores son mayores en mallas de alambres (65% - 75%), y va disminuyendo en las chapas perforadas (30% - 45%) y las parrillas (10% - 75%).
- El porcentaje de tupición debido a las obstrucciones causadas por la humedad, plasticidad, suciedad, etc. Son varios los mecanismos utilizados para disminuir este porcentaje: las rejillas de ranuras, parrillas de perfil divergente, varillas flotantes, mallas que evitan la tupición, bolas golpeando debajo de las mallas además de una serie de artificios mecánicos y térmicos instalados en las cribas.
- La resistencia a la obstrucción por atascamiento de granos difíciles. Generalmente son mayores en las cribas con parrillas de barrotes y en las chapas perforadas con luces de malla de forma cónica.

Actualmente se utilizan también las superficies cribantes fabricadas de materiales plásticos, nylon o en gomas. Las superficies cribantes de gomas son muy resistentes a la abrasión y a la corrosión, teniendo para materiales densos y abrasivos una duración superior a las parrillas de acero. Los fragmentos de materiales atascados en las luces de las superficies de goma son en general más fácilmente expulsados por el pandeo elástico de la goma. El principal inconveniente que presenta este material es el precio.

Una vez estudiados todos estos puntos y decidido que tipo de superficie de cribado es la que más conviene para los materiales de una explotación, se ha de

tener en cuenta la gama de aberturas admisible en cada tipo de superficie de cribado:

- 40 mm a 300 mm para parrillas fijas o de movimiento mecánico
- 4 mm a 100 mm para chapas perforadas
- 0.10 mm a 125 mm para las mallas
- 0.10 mm a 40 mm para mallas de acero inoxidable
- 3 mm a 125 mm para mallas de resortes
- 0.038 mm a 0.100 mm para los tejidos de tela o nylon
- 0.1 mm a 3 mm para rejillas de ranuras
- 0.3 mm a 125 mm para superficies de goma y poliuretano

En Cuba las superficies de cribado mas utilizadas son las mallas metálicas.

1.2.4. Tipos de cribas

Es preciso recordar según L. Fueyo en el libro Equipos de trituración, molienda y clasificación. Tecnología, diseño y aplicaciones; que existen cribas para clasificar por vía seca y por vía húmeda, en este trabajo únicamente se van a describir las cribas por vía seca.

Las máquinas de cribado se dividen como cribas estáticas y cribas mecánicas:

1. Cribas estáticas; aunque no son muy utilizadas, si que para algunas aplicaciones su uso continúa siendo muy común. Las cribas estáticas más corrientes son las mencionadas a continuación:

- Parrillas planas inclinadas; están formadas por barras de acero de gran grosor de sección trapezoidal o rectangular dispuestas en el sentido de la pendiente. Se utilizan generalmente bajo las tolvas de recepción del todo-uno y separar el material estéril.

2. Cribas mecánicas; son las que se utilizan habitualmente en la explotación de áridos y minerales. Se conocen generalmente por precribadores y de ellos existen varios modelos descritos a continuación:

- Precribadores de barras móviles; están formados por dos juegos de barras longitudinales alternadas, de los que una extremidad se encuentra sobre un soporte móvil de vibradores que le proporciona u movimiento unidireccional y el otro extremo oscila libremente. Con este mecanismo las barras pares se elevan y las impares describen el movimiento inverso.

- Precribador de rodillos elípticos; estos precribadores han evolucionado a partir de los rodillos cilíndricos acanalados prácticamente hoy ya en desuso.
- Precribadores de discos; están formados por un eje de acero sobre el que van colocados los discos destinados a realizar el trabajo de separación.
- Precribadores vibrantes o separadores de barras; están formados por una estructura soporte que monta una o más series de superficies cribantes formadas por barras, que pueden estar situadas una sobre la otra o en forma de cascada.

3. Cribas vibrantes, existe un gran número de este tipo de cribas, solo se exponen los más utilizados en Cuba.

- Cribas de probabilidades; están formadas por varias bandejas superpuestas con inclinación creciente de la superior a la inferior y con luces de mallas decrecientes también de la bandeja superior a la inferior.

Su movimiento se debe a una vibración lineal de alta frecuencia generada por vibradores accionados en sentidos opuestos que ayudan a eliminar los problemas de tупición provocados por la humedad o por la geometría de las partículas.

- Cribas vibrantes de movimiento circular; son las más empleadas en la explotación de áridos. En estas cribas los materiales no avanzan sobre el aparato por el efecto de la gravedad, sino gracias a una combinación del movimiento cinemático impartido por el propio mecanismo vibrante y la pendiente de las bandejas.

- Cribas vibrantes horizontales o ligeramente inclinada; estas máquinas tienen su campo de acción generalmente donde la altura es limitada. Esto es debido a que el mecanismo está alojado en el sentido horizontal y en la línea de la base del cajón, lo cual hace que la medida exterior del aparato en lo que respecta a la altura sea muy reducida. Gracias a ello, son muy utilizadas en instalaciones móviles de cribado.

5. Cribas de resonancia; es una variante de criba vibrante, fabricada únicamente con dos bandejas, en la cual el movimiento sinusoidal es remplazado por un movimiento más entrecortado y brusco.

6. Cribas de ondas lineales; están fabricadas con un doble sistema interior y exterior con vigas transversales ordenadas alternativamente de uno a otro sistema. Mediante un movimiento lineal opuesto de ambos sistemas de vigas transversales se aproximan o se separa, de formas que la malla de tipo elástico se tensan o se aflojan alternativamente.

1.3. Tipos de máquinas de cribado más utilizadas en la producción de áridos en el Ministerio de la Construcción

El principal objetivo de las plantas productoras de áridos es garantizar los niveles de producción que demande el Ministerio de la Construcción, para lograr estos objetivos es preciso garantizar altos niveles de eficiencia en las diferentes líneas de trituración y moliendas de las instalaciones a lo largo de todo el país, dentro de estas líneas de producción una de las etapas determinante es la clasificación, la cual se logra con el empleo de cribas generalmente. Se dispone de un gran número de modelos de cribas, los que se emplean en dependencia de sus características técnicas, a continuación se muestran algunas de las más utilizadas:

➤ Criba CMD – 107; según catálogo del fabricante, es una criba horizontal auto balanceada que consta con 2 filas de tamices con una longitud de 3000 mm y una anchura de 1250 mm que clasifican un material triturado no mayor de 100 mm, las dimensiones exteriores en mm son; 3870 y 1940 de longitud y anchura respectivamente, la producción aproximada es de 70 m³ /h, el rendimiento (capacidad de paso) de la criba no puede ser indicado exactamente, ya que depende de muchos factores, principalmente de la composición granulométrica del material a clasificar, propiedades físicas y humedad del mismo, así como la uniformidad de su alimentación.

➤ Criba VKN – 720; según catálogo del fabricante, está específicamente diseñada para trabajos duros y altos rendimientos, son de gran robustez y se puede utilizar para cribar en seco y por vía húmeda, arenas, gravillas, gravas, piedra machacada, carbón, escorias, entre otros procesos de cribado industrial.

La criba es de tamices inclinados con un ángulo de 20° respecto a la horizontal y consta con vibrador, la vibraciones son producidas por un árbol excéntrico giratorio dotado de contrapesos, lo contrapesos están situados en los extremos del eje y están formados por un conjunto de chapas de diferentes espesores lo que permite variar la masa excéntrica de los ejes.

➤ Cribas CVN Granier, según los catálogos de la firma Granier SAE, las características generales de las cribas vibrantes utilizadas en la construcción suministradas por dicha firma de nacionalidad española, se presentan a continuación en la tabla 1.1

Tabla 1.1 Características generales de las cribas CVN Granier.

Tipo de criba		CVN 150	CVN 200	CVN 300	CVN 437	CVN 600	CVN 800
Dimensiones de la bandeja (m)		0.75 x 2.00	1.00 x 2.00	1.00 x 3.00	1.25 x 3.50	1.5 x 4.00	1.50 x 5.35
Potencia absorbida (c.v)		3/4	4/5	5/6	8/10	10/12	10/12
Motor recomendado (c.v)		6	7	10	15	20	20
Rendimiento aproximado (t/h)	3 mm	6.5	9	13	19.5	28	35
	5 mm	9.5	12.5	20	27.5	42	50
Para materiales de densidad 1.7 g/cm ³	8 mm	13	17.5	27	38.5	55	68
	10 mm	15	20	30	44.5	62	82
Cribado en la 1 ^{ra} bandeja y rechazo de 50%	15 mm	20	27	40	59	82	110
	20 mm	24	32	51	71	100	125
	25 mm	28.5	38	60	83	120	150

Nota: Estos rendimientos son solo aproximados para productos secos, se ha supuesto un rechazo de 50%. Ejemplo; La criba CVN 200 alimentada con 25 t/h de un material de 0-10 mm de tamaño de sus partículas da 12.5 t/h en la malla de 5 mm.

➤ Criba CM – 742, según datos obtenidos de catálogos del fabricante, es una criba horizontal que consta con 2 filas de tamices con una longitud de 3000 mm y una anchura de 1250 mm que clasifican un material triturado no mayor de 100 mm, las dimensiones exteriores en mm son; 4000 y 2000 de longitud y anchura respectivamente y una altura de 1500, la producción aproximada es de 50 m³ /h, el rendimiento (capacidad de paso) de la criba no puede ser indicado exactamente, ya que depende de muchos factores, principalmente de la composición granulométrica del material, a clasificar, propiedades físicas y humedad del mismo, así como la uniformidad de su alimentación.

1.4. Propiedades de los yacimientos de piedras y arenas para la construcción

Las características físico-mecánicas de las piedras y arenas varían según sus características morfológicas, el ejemplo de estas en varios de los yacimientos de piedras y arenas utilizados para la construcción en Cuba se presenta a continuación en la tabla 1.2. Los valores de densidad y paso específicos fueron obtenidos del Manual On the Geological technical Assessment of Mineral Construction Materials.

Entre las diversas propiedades de los áridos utilizados en el Ministerio de la Construcción, ofrecen particular interés, para el diseño de la máquina en cuestión, las que se expresan a continuación:

- La densidad, que en general se representa con el símbolo ρ , se define como la masa en la unidad de volumen, las unidades más utilizadas para expresarla son: gramos por centímetros cúbicos (g/cm^3) y kilogramos por metros cúbicos (kg/m^3).
- El peso específico es la relación entre la densidad de un cuerpo y la densidad de otra sustancia tomada como referencia o sea (ρ/ρ_{ref}). Para los cuerpos sólidos y líquidos se toma como referencia el agua a la temperatura de 4°C . En muchos estudios de ingeniería el peso específico está expresado por el mismo valor numérico que la densidad, pero ha de entenderse que es una magnitud dimensional.
- Resistencia a la compresión, no es más que la capacidad que tiene el material de soportar cargas de compresión.

Tabla 1.2 Características físico-mecánicas de yacimientos cubanos

Provincia	Yacimiento	Propiedades físico- mecánicas					
		Piedra			Arena		
		M.V. g/cm^3	Abs., %	Marca	Grava %	< 0.149 mm	M. Fin.
P. del Río	Quiñones	2.70	0.55	600			
	La muralla	2.68	0.50	800			
	La reforma	2.65	0.8	600			
C. Habana y La Habana	Zona de San José	2.60 a 2.64	1.38 a 2.38	400 a 800			
	Peñalver MINFA	2.49 a 2.50	3.42 a 3.56	300			

	Peñalver Victoria I	2.44 2.45	a	3.68 3.83	a	300					
	Peñalver Victoria II	2.44 2.45	a	3.00 3.55	a	300					
	Peñalver Victoria III	2.45		3.86 4.33	a	400					
	Sierra Anafe Sector la Cruz	2.50		2.34		400					
	La Molina	2.65		1.00		800					
	Minas	2.01 2.45	a	3.45 3.87	a	600					
Matanzas	Alacranes	2.62 2.63	a	1.30 1.33	a	1200					
	Coliseo	2.42 2.57	a	2.07 2.40	a	600 800					
	Planta libertad	2.14 2.38	a	3.23 4.28	a	600					
V. Clara	Sinaloa	2.49 2.55	a	1.75 1.95	a	600					
	La rubia	2.60		1.45		800					
S. Spíritus	El Yigre	2.60 2.61	a	1.11 1.33	a	600					
	Paleo Zaza						11.2 12.5	a	17.1 19.3	a	2.6 2.7
	Jatibonico del sur						7.9 12.4	a	14.6 20.3	a	2.7 3.2
C. de Ávila	Las Cuevas	2.46		3.28		400					
	Chambas (Nguyen Van Troi)						12.3 12.4	a	23.2 24.6	a	2.9
Camagüey	Las Cuabas	2.66		0.74		600					
	Casorro						3.9 4.1		22.3 26.2	a	3.2
Las Tunas	Rincón						2.4		21.0		3.0
Holguín	Pilón	2.34 2.47	a	3.39 3.53	a	400 600					
	Plazuela						64.1		11.9		3.3
	Rio Sagua						48.5 59.8	a	10.6 11.8	a	3.3 3.4

Guantánamo	Río Nibujón				42.0 a 61.0	22.0 a 36.0	1.7 a 2.2
	Cajobabo				54.0 a 57.2	12.2 a 14.2	3.1
	Río las Minas				76.0 a 76.5	1.0	3.9 a 4.0

Leyenda de la tabla

M.V. Masa volumétrica

Abs. – Absorción de agua

M. Fin. – Módulo de finura

Grava – Porcentaje de partículas mayores de 4.76 mm

La densidad a granel (kg/m³) de algunos materiales se expresa en la tabla 1.3 expuesta a continuación:

Tabla 1.3. Densidad a granel.

Designación del material	Densidad
Arena de piedra aplastada tosca (1/4), seca	1550 - 1600
La arena lavada (0/4), húmeda	1,600 - 1,700
En arena, ligeramente húmeda	1,800 - 1,900
la arena gruesa, seca	1,300 - 1,600
La arena gruesa, ligeramente húmeda	1,400 - 1,700
La arena gruesa, mojada	1,600 - 1,900
La arcilla, seca	1,800
La arcilla, ligeramente húmeda	1,850 - 2,300
La piedra arenisca,	1,250 - 1,350
La caliza	800 - 1,700
La piedra rota en cantera	1,500 - 1,750

La resistencia a la compresión de las piedras y las arenas es 100 N/mm²

1.5 Conclusiones del capítulo

- 1- Se establecen las propiedades físico mecánica que caracterizan los áridos de construcción sometidos a tratamiento mecánico en el Ministerio de la Construcción
- 2- Se logra realizar una sinopsis de las principales peculiaridades de las máquinas de cribado mas utilizadas para la clasificación de los áridos por su composición granulométrica.

CAPÍTULO II: Fundamentación teórica de la criba autobalanceante

2.1. Introducción

De la gran variedad de cribas utilizadas en Cuba la de mayor utilización para la clasificación de áridos es la CM - 742. Los resultados de su explotación son favorables en comparación con otros tipos de criba utilizados en el país, pero presenta deficiencias en el funcionamiento del vibrador y algunos de sus componentes y agregados. En este capítulo se exponen su principio de funcionamiento y elementos constructivos con sus características técnicas y las peculiaridades de explotación. Se determina la efectividad del cribado de este tipo de máquina y los factores que afectan el nivel de fiabilidad de la máquina.

El objetivo del capítulo es identificar los principales elementos constructivos de la criba autoequilibrante, sus funciones y los factores que determinan su estado de explotación.

2.2. Descripción técnica de la criba CM-742

La presente descripción técnica e instrucciones para la explotación, se destina para guiarse durante el montaje, explotación, reparación y mantenimiento de la criba autocompensante y contiene las recomendaciones características solo para el montaje y explotación de la criba.

2.2.1. Principio de funcionamiento

Las vibraciones de la criba se producen mediante dos ejes excéntricos girando en sentidos opuestos accionados por un motor que acciona los dos ejes, estando conectados ambos entre sí por un sistema de engranajes. El sistema de frenado a contramarcha del motor que se debe utilizar elimina las resonancias y las vibraciones laterales del bastidor durante el arranque y la parada.

Estas vibraciones hacen que la trayectoria tome la forma de un arco de círculo de gran radio o de una elipse alargada, cuyo eje más grande forma con la horizontal un ángulo que puede variar de 45° a 75°. De esta manera las partículas introducidas en la criba sufren un impulso sucesivo en forma de salto y son transportadas a lo largo de la criba a la vez que se produce el cribado.

Según el tipo de trabajo deseado, se puede regular la criba para dar un gran caudal con una eficiencia menor de cribado, o un caudal bajos con una gran eficiencia de cribado.

2.2.2. Campo de empleo de la criba

La criba autoequilibrante se destina para clasificar en fracciones la piedra machacada, grava, escorias y otros materiales incoherentes que se emplean en la construcción.

La criba se puede utilizar con éxitos en otras ramas de la industria, donde es necesaria la clasificación de los materiales, la temperatura de los cuales no excede de 80°C.

Junto con la clasificación de la criba se puede realizar el lavado de los materiales, contaminados con arcillas y otras mezclas.

La estructura de la criba garantiza el funcionamiento infalible de ésta en el margen de temperatura del aire circulante desde -20 hasta 40°C.

2.2.3. Característica técnica

Rendimiento (m^3/h).....	50
Dimensiones de la superficie de cribado (mm):	
Anchura.....	2000
Longitud.....	5000
Cantidad de pisos de tamices.....	2
Amplitudes de las oscilaciones.....	8
Cantidad de oscilaciones por minuto, no menos.....	700
Dimensiones iniciales de los trozos, (mm) no más.....	100
Potencia del motor eléctrico, (KW).....	7,5
Dimensiones (mm), no más:	
Longitud.....	6000
Anchura.....	3000
Masa de la criba (sin el motor eléctrico y bastidor), (Kg), no más	2500

2.2.4. Estructura y funcionamiento de la criba

La criba representa entre sí un bastidor fijo 4, ver anexo 1, en el cual se apoya la cuna vibrante 3. En calidad de apoyos se utilizan soportes, los cuales están formados por palancas y muelles (5). Las oscilaciones de la cuna son creadas por el vibrador 2.

El accionamiento 1 de la criba se efectúa por un motor eléctrico a través del árbol propulsor del vibrador.

La suspensión de la cuna en el bastidor fijo se realiza mediante las palancas, que llevan prensados en sus cabezas los casquillos de goma.

El vibrador, anexo 2, está formado por dos ejes excéntricos 7 y 8, que giran en cojinetes de rodillos 4, montados en las mordazas 5 y 9.

En el extremo derecho del contrapeso 8 va montada la polea receptora 12 de la transmisión por polea trapezoidal, en los extremos izquierdos de los contrapesos van montados los piñones 1 y 2, que se encuentran en toma constante entre sí y van alojados en la cubierta 20, llena de aceite, las partes medias de los contrapesos se encuentran en la cubierta 6.

Los cojinetes de los árboles, dispuestos por el lado de la polea receptora, se lubrican mediante los dispositivos de engrase 3 y 10 y el aceite se elimina por el tapón 18, los cojinetes de los árboles, dispuestos por el lado de los piñones, se lubrican con el aceite, que se echa a la cubierta de los piñones.

El vibrador armado se acopla a la cuna con ayuda de los tornillos de presión 17.

El bastidor de la cuna representa en sí una estructura soldada de chapas laterales, paredes 1 y 2, anexo 3, unidas entre sí con la chapa 6, viga 4 y angular 3. La cuna se destina para instalar los tamices.

Los tamices en la cuna de la criba se disponen en dos pisos; es de indicar que la estructura de la criba prevé la posibilidad de instalar en el piso superior dos tamices de diferentes dimensiones.

En el piso inferior se pone un tamiz. Para comodidad de acceso hacia el tamiz inferior para cambiarlo, el tamiz superior está fijado en el bastidor que se quita junto con este. En el piso superior va instalado un tamiz de 1820 mm de longitud con los claros de 26x26 mm. El tamiz colocado en el piso inferior tiene los claros de 11 x 11 mm y longitud de 1200 mm.

La sujeción de los tamices de la criba, se realiza con ayuda de platinas y tornillos, para comodidad del cambio de los tamices, así como para proteger los tornillos contra el desgaste.

A las paredes de la cuna se fijan los soportes 5, anexo 3, a los cuales con los extremos superiores se fijan las palancas 9, anexo 1, y los muelles especiales 5.

Se pueden instalar tamices con otros claros, pero en estos casos estos no deberán ser más de 42 mm.

El tamiz inferior está trenzado de alambres finos y se tensa fijándolo con tornillos a las paredes de la cuna.

La criba se acciona desde un motor eléctrico individual mediante tres correa trapecial.

La división del material en fracciones ocurre al desplazarse este por la superficie horizontal de cribado debido a las oscilaciones orientadas de la cuna.

2.3. Metodología de cálculo del rendimiento de cribado y de la superficie de cribado

El rendimiento o eficiencia de cribado (E) o rendimiento de paso expresa el porcentaje de producto fino de la alimentación que pasa a través de la criba.

Aunque es un valor muy complejo de obtener, ya que depende de gran cantidad de factores, existen varias fórmulas que realizan estos cálculos. Según L. Fueyo, en el libro Equipos de trituración, molienda y clasificación. Tecnología, diseño y aplicación, los factores que influyen en el rendimiento de pasos se pueden resumir en los siguientes:

Factores propios de la superficie de cribado: dimensión, forma de las aberturas, perfil de la sección de paso, inclinación, superficie libre de paso, etc.

Factores propios del producto a cribar: granulometría, coeficiente de forma, distribución de tamaños, humedad, plasticidad, etc.

Factores propios al movimiento de la criba: frecuencia del movimiento, amplitud, coeficiente de aceleración, ángulo de trabajo, etc. Todos estos factores permiten determinar un coeficiente de cribado:

$$K_v = \frac{an^2 \cdot \text{sen}(\alpha + \beta)}{90.000 \cdot \cos \beta}$$

Siendo:

a - amplitud del movimiento (cm)

n - velocidad angular (rev /min.)

α -ángulo de reposo del material a cribar

β - ángulo del paño respecto a la horizontal

K_v - coeficiente de cribado, puede estar comprendido entre 1.5 y 2 para un cribado fácil, entre 2 y 2.5 para un cribado normal, y entre 3 y 3.5 para uno difícil.

Factores propios de las condiciones de trabajo de la criba: número de paños, ritmo de alimentación, coeficiente de disponibilidad, eficiencia, etc.

Una de las fórmulas más empleadas es la descrita a continuación: si m es la abertura de la malla de la criba, A la masa de alimentación, P la masa del material pasante, R la masa de rechazo y a , p y r los porcentajes de partículas con dimensiones inferiores a m , respectivamente en la alimentación, pasante y rechazo, el rendimiento o eficiencia de cribado viene dado por la fórmula:

$$E = 100 \frac{P \cdot p}{A \cdot a}$$

Como $A = P + R$; $Aa = Pp + Rr$

$$E(\%) = 100 \frac{100(a - r)}{a(100 - r)}$$

Se establece que los granos de dimensiones críticas son los granos comprendidos entre m y $m/2$.

Una vez calculado el rendimiento de cribado es necesario pasar a realizar los cálculos de la superficie de cribado con el objetivo de no perder producción por el uso de una superficie menor.

Existen dos bases de cálculo completamente diferentes para hallar los cálculos de superficies de cribado. Estas bases de cálculos, usadas por desconocimientos de manera indistinta y muchas veces mezcladas, conducen en numerosos casos a errores bastantes notables incluso por profesionales del sector. Una de las bases de cálculo se basa en la alimentación total y la otra se basa en la capacidad de paso de dichos materiales.

La fórmula para el cálculo de la superficie de alimentación en función de la alimentación es la siguiente:

$$\text{Superficie de cribado} = \frac{\text{Alimentación}}{\text{Capacidad Específica} \times B \times C \times D \times E}$$

Superficie de cribado (m^2)

Alimentación a la malla (m^3/h)

Capacidad específica (m^3/m^2h)

B – sobre tamaño o rechazo

C – tamaño mitad

D – posición de la malla.

E – Factor sistema de riego. Viene determinado por el tamaño y abundancia de riego.

Para valores de: Capacidad Específica, B, C, (ver tabla 9.2 a y b de la página 221 del libro Equipos de trituración, molienda y clasificación. Tecnología, diseño y aplicación). D y E en tabla 9.6 y 9.7 (página 223 del libro citado).

Esta fórmula se aplica para cada uno de los paños de la criba y en función de los resultados se determina la superficie cuadrada necesaria de cribado.

Para realizar los cálculos de la superficie de cribado basados en la capacidad de paso de dicho material a través de la superficie cribante se emplea la misma fórmula con tablas de coeficientes diferentes para la capacidad específica, el sobre tamaño o rechazo y tamaño mitad.

$$\text{Superficie de cribado} = \frac{\text{Material pasante}}{\text{Capacidad Específica} \times B \times C \times D \times E}$$

Donde:

Material pasante (t/h) = Alimentación (t/h) – Rechazo (t/h)

Capacidad específica (t/m²h) – coeficiente en función de la clase de material a clasificar y las dimensiones del hueco. Tabla 9.3 (página 222 libro citado).

B – coeficiente en función de la cantidad de sobre tamaño o rechazo que acompaña al todo-uno. Ver tabla 9.4 (página 223 libro citado).

C – coeficiente en función del % de partículas inferiores a la mitad de la dimensión del hueco de la criba y que acompaña al material a clasificar. Ver tabla 9.5 (página 223 libro citado).

D – coeficiente que depende de la posición de la malla en la criba de clasificación. Ver tabla 9.6 (página 223 libro citado).

E – coeficiente en función de que el cribado se efectúe por vía húmeda, con sistema de riego. Ver tabla 9.7 (página 223 libro citado).

2.4. Instrucciones para la explotación

Indicaciones sobre la técnica de seguridad del trabajo

El volumen de las medidas de la seguridad del trabajo se determina en cada caso aparte por las Inspecciones Técnicas en el lugar de trabajo.

Los cuerpos de los motores eléctricos y las instalaciones eléctricas de arranque deberán estar puestos a tierra con firmeza.

La criba no se debe cargar antes de que el motor eléctrico no desarrolle el número normal de revoluciones.

El material de partida se deberá suministrar a la criba de acuerdo con las dimensiones máximas admisibles (las dimensiones máxima de éste se indican en las características técnicas).

No se permite corregir con las manos las posiciones del material en la malla de la criba.

La criba se debe parar solo después que todo el material, que se encuentra en la malla haya abandonado los tamices.

El nivel de ruido y de la vibración, que crea la criba durante el trabajo en vacío, no rebasa las normas máximas admisibles. Pero es de indicar que durante el trabajo la fuente principal de ruido es el material de partida, que se debe clasificar. Por esto el puesto de trabajo del operador deberá estar alejado de la criba o protegido contra el ruido.

Instalación

Cuando se recibe la criba hay que examinarla con el fin de aclarar si tiene desarreglos (desperfectos recibidos durante la transportación).

La criba se instala en un fundamento o en un bastidor especial y se fija con 8 pernos de anclaje, anexo 1. Debajo del bastidor fijo de la criba se deben colocar guarniciones de fieltro o de goma.

Cuando la criba se instala en el fundamento o sobre un bastidor especial, hay que nivelar minuciosamente el bastidor fijo de la criba con un nivel, para que el bastidor no se desvíe y la carga sobre la palanca sea uniforme.

Las canaletas para suministrar y derivar el material se deberán instalar de manera tal que el bastidor móvil de la criba durante el trabajo no choque con éstas.

La canaleta, que suministra el material a la criba, deberá asegurar la carga uniforme del tamiz superior a todo lo ancho de éste.

Los árboles de la polea de transmisión deberán estar dispuestos paralelamente, y las ranuras una frente a la otra.

La falta de paralelismo admisible de los ejes de rotación deberá ser no más de 5 mm; las tolerancias del desplazamiento de la polea deberán ser de 1 mm.

2.4.1. Preparación para el trabajo, regulación y puesta a punto

Examinar atentamente la criba y, si fuese necesario, hay que eliminar los deterioros, comprobar y reapretar las uniones a tornillo.

Comprobar y regular el tensado de las correas trapeciales.

Lubricar la criba de acuerdo con las recomendaciones especificadas.

Después de verificar el estado técnico y de lubricar la criba, Hay que realizar el rodaje sin carga. En esto hay que cerciorarse de que no hay roce de las piezas en rotación con las piezas fijas, en esto la temperatura de los cojinetes no deberá rebasar la temperatura del aire circulante más de 40°C. El tiempo de rodaje deberá ser suficiente para persuadirse de que la criba trabaje normalmente.

Para permitir que los conjuntos de piezas se adapten mutuamente, las primeras 8 horas de trabajo la criba no se debe cargar más del 50%.

Terminando el rodaje de la criba, hay que reapretar las sujeciones de las mallas
Después de persuadirse de que la criba funciona normalmente, ésta se puede cargar normalmente.

Orden de trabajo

Antes de comenzar el trabajo es necesario examinar la criba, en esto hay que convencerse de que no hay objetos extraños en las mallas, todos los alambres de la criba deberán estar enteros y bien tensados.

La criba se pone en marcha por el siguiente orden:

Se ponen en marcha los transportadores, que alimentan material clasificado en fracciones.

Se pone en marcha el accionamiento de la criba.

Durante el trabajo hay que controlar la temperatura de los cojinetes, que no debe ser más de 90°C, comprobar la sujeción de los tamices.

Durante los primeros tres días de poner en marcha una criba nueva antes de cambiar los tamices, es necesario comprobar y reapretar la sujeción de los tamices cada 7 horas de trabajo, en lo sucesivo esto se realizará cada 35 horas. Cuando se cambien los tamices hay que prestar atención para que éstos estén bien apretados al bastidor.

Atención especial hay que prestar a los tornillos que sujetan el vibrador a la cuna, no hay que tolerar el trabajo de la criba si la sujeción está floja.

El suministro del material a la criba deberá ser uniforme a todo lo ancho del tamiz, la incidencia de éste deberá estar dirigida hacia la plancha de seguridad.

Para desconectar la criba es necesario:

Interrumpir el suministro de material.

Dejar que la criba trabaje hasta que el material abandone por completo los tamices.

Desconectar el motor eléctrico.

2.5. Principales problemas que pueden surgir y el procedimiento para resolverlos ver tabla

Tabla 2.1 principales problemas que puede presentar la criba

Nº por orden	Desarreglo	Causa	solución
1	Mala calidad del cribado	<p>Obstrucción de los claros de los tamices</p> <p>Cantidad excesiva de detritos finos</p> <p>Humedad excesiva del material</p> <p>Alimentación irregular de la criba</p> <p>Capa gruesa de material en el tamiz</p> <p>Aflojamiento del tensado o de la sujeción de los tamices</p>	<p>Evacuar el material de la criba y limpiar los claros de los tamices</p> <p>Reducir la cantidad de material que se suministra</p> <p>Cargar la criba con material de humedad normal</p> <p>Regular el suministro de material</p> <p>Reducir el suministro del material</p> <p>Fijar o reapretar los tamices</p>

2	Calentamiento excesivo de los cojinetes	Lubricante contaminado Cantidad excesiva de grasa Desgaste del cojinete	Lavar los cojinetes y engrasarlos nuevamente Evacuar parte de la grasa, dejando solo la necesaria Cambiar los cojinetes
3	Desgaste rápido de los tamices	El material incide directamente sobre el tamiz Tensado débil de los tamices o se ha aflojado la sujeción de éstos	Modificar la dirección del suministro del material Reapretar o fijar los tamices
4	Golpeteo durante el trabajo	Tensado débil de los tamices o se ha aflojado la sujeción de éstos	Reapretar o fijar los tamices
5	Siendo normal la carga la criba reduce su movimiento	Debilitamiento de las correas trapeciales Agarrotamiento de los cojinetes	Reapretar las correas trapeciales Comprobar los conjuntos de los cojinetes
6	Parada inesperada de la criba	Agarrotamiento de los cojinetes	Comprobar los conjuntos de los cojinetes
7	Se calienta la polea del motor eléctrico	Patinan las correas	Tensar las correas trapeciales
8	Desgaste rápido de la correa trapecial	Longitud diferente de las correas	Cambiar las correas trapeciales

La lista mostrada no puede reflejar por completo todas las anomalías que pueden surgir durante la explotación de la criba, por esto en los demás casos hay que regirse por las reglas generales de los cuidados de los mecanismos.

Indicaciones para realizar las reparaciones de la criba

La periodicidad de las reparaciones de la criba depende, en grado considerable, de las propiedades físicas y químicas del material que se elabora y de las condiciones climatológicas. Como término medio, la reparación general de la criba se debe realizar cada 9000 horas de trabajo.

La reparación general representa en sí un complejo de medidas, orientadas a corregir los desarreglos, que han surgido durante el proceso de trabajo, y a restablecer la capacidad de trabajo de la máquina.

Durante la reparación general la criba se realiza los trabajos siguientes:

Lavado e inspección del vibrador

Cambio de los tamices

Inspección de las suspensiones

Los plazos aproximados de servicios de las piezas de desgaste rápido hasta el cambio de éstas, trabajando con materiales de dureza y abrasividad livianas se dan a continuación:

Tabla 2.2 Plazos de servicio de algunos agregados de la criba

Denominación de las piezas	Plazo de servicio en (h)
Muelle.....	3100
Casquillo de goma.....	3100
Tamiz con claros 11x11 mm.....	350
Tamiz con claros 26x26 mm.....	350
Piñón del vibrador.....	7000
Cojinetes.....	7000
Revestimientos.....	3000
Empaquetadura YMA-50.....	3500

Los plazos de servicios de los tamices y de los revestimientos para otras condiciones de trabajo se deben adoptar teniendo en cuenta el factor de corrección que es igual a 0.5 para rocas de alta dureza y 5.0 para rocas de dureza y abrasividad pequeña.

Cuando se examina el conjunto del vibrador hay que prestar atención especial al montaje y desmontaje de los cojinetes, porque del montaje adecuado depende su buen funcionamiento.

El orden a seguir para montar las piezas del conjunto vibrador es el siguiente:
presar los vasos 10, anexo 2, en la mordaza 9, fijarlos con tornillos y frenarlos con arandelas de inmovilización; poner las juntas debajo de la brida del vaso;
presar las empaquetaduras y los cojinetes 15, antes de esto hay que embutir grasa densa en la cavidad de las empaquetaduras de los cojinetes;
realizar operaciones similares de montaje en la mordaza 5 instalando completamente, los aros 19;
presar los contrapesos 7 y 8 en los cojinetes de la mordaza 5;
Instalar y atornillar la cubierta 6;
presar la mordaza 9 con los cojinetes en los contrapesos 7 y 8, atornillar la cubierta 6 a la mordaza 9;
instalar las tapas 13, antes de esto hay que embutir grasa densa en la cavidad de la empaquetadura de la tapa; la regulación del aprieto de los cojinetes 15 se realiza escogiendo las juntas, que se colocan debajo de la tapa 13;
instalar el casquillo 14 (la superficie exterior del casquillo deberá tener un alisado no inferior de 6.3, presar la polea 12, fijarla con la arandela terminal;
presar los piñones 1 y 2 fijarlos con una arandela terminal. Los piñones deberán instalarse de manera que las marcas, que hay en la corona coincidan.
La posición relativa de los contrapesos 7 y 8 de los piñones se ilustra en la figura 8;
instalar la cubierta 20;
con los tornillos 17 fijar el vibrador a la cuna.

El vibrador se desmonta obrando por el orden contrario.

Caso de desgaste de los casquillos de goma 10 (figura 2), estos se deben cambiar, para lo cual se extrae el perno 9, empleando un dispositivo especial (véase figura 9).

Clases y prioridades del servicio técnico

El servicio de la criba se divide en servicio a realizar cada relevo de trabajo y en el servicio técnico.

El servicio de turno se realiza en el transcurso del relevo de trabajo, entre los relevos o durante los períodos de inactividad tecnológica del equipo.

En esto es necesario realizar los trabajos siguientes:

lubricar la pieza en roce;

controlar el trabajo de los cojinetes para impedir que estos se calienten excesivamente;

controlar el estado de los aprietes de los tornillos y uniones con chavetas;

comprobar el buen estado de las protecciones, de los dispositivos de seguridad y puesta en tierra;

controlar el estado de las empaquetaduras;

realizar los trabajos más sencillos de reparación, ligados con las correcciones de pequeños defectos de la criba.

El servicio técnico periódico se realiza después de 200 horas de trabajo de la criba.

En el volumen de los trabajos a realizar del servicio técnico entran:

el control del estado de las superficies de trabajo en las piezas de desgastes rápido;

la comprobación del estado de la transmisión por correas trapezoidales;

la comprobación del estado del equipo eléctrico;

todos los trabajos a realizar durante el servicio de turno.

Por la estructura de la criba a sido previsto el empleo de lubricante denso y líquido.

La criba tiene tres puntos de engrase:

piñón del vibrador (1 punto)

cojinetes de los contrapesos (2 punto)

Los piñones del vibrador se lubrican con aceite industrial ISO VG 15.

Los cuerpos de los cojinetes se deben llenar con grasa en 2/3 partes del espacio libre. En el cuerpo de los cojinetes se añade 2-3 cm³ de grasa Lissan una vez al mes si el trabajo se realiza en un turno y una vez cada 15 días, si se trabaja en dos turnos.

Es necesario tener en cuenta que el suministro en cantidad excesiva de grasa al cojinete motiva siempre el aumento de la temperatura.

No menos de una vez cada medio año hay que lubricar el tornillo para tensar las correas trapeziales del accionamiento.

El cambio completo de la grasa con el lavado se debe realizar: la primera vez cada 300 horas de trabajo; en lo sucesivo cada 1200 horas de trabajo.

Los cojinetes se deben lavar echando combustible diesel por el agujero, normalmente cerrado por el tapón 3, anexo 2, este se vacía junto con el lubricante usado por el agujero para el tapón 18.

2.6. Conclusiones del capítulo

1. Se logra identificar cada elemento componente del cribado autobalanceante
2. Se exponen las principales averías de los elementos componentes de la criba y sirven como elemento de referencia para el cálculo, diseño y proyección.

CAPITULO III: Diseño

3.1. Introducción

La construcción de máquinas se perfecciona continuamente de acuerdo con las nuevas exigencias que imponen las condiciones de explotación y producción y las nuevas posibilidades que se abren con el desarrollo de la ciencia, con la aparición de nuevos materiales, así como los nuevos procedimientos de dar a estos una forma conveniente y las propiedades requeridas.

Los requisitos principales de funcionamiento y producción de las máquinas modernas que determinan su construcción son: el mayor rendimiento posible de la máquina de trabajo, potencia racional y economía de los motores; sencillez de servicio durante el cual se alivian los esfuerzos físicos y mentales del obrero; alta seguridad del servicio, funcionabilidad y fiabilidad de las máquinas; fabricación de las máquinas con el mínimo de trabajo, materiales y otros recursos.

Durante el diseño de la máquina el cumplimiento de dichos requisitos se asegura mediante: el esquema cinemática elegido y sus parámetros principales; las dimensiones y formas de los elementos de máquinas determinadas en función de los regímenes de aplicación: la tecnología preestablecida de fabricación de piezas, así como el ensamblaje de las máquinas.

Examinando los fundamentos del diseño de los elementos de máquinas, es preciso destacar requisitos que se plantean antes los elementos por separados: resistencia mecánica, rigidez, resistencia a la vibración y al calor, propiedades tecnológicas admisibles de la estructura, posibilidad de fabricar dichos elementos de materiales no escasos, costo mínimo, entre otros.

En el presente capítulo se realiza la determinación de los parámetros técnicos del vibrador y algunos elementos y agregados, su régimen de trabajo y de explotación, el accionamiento, la selección de los materiales y la verificación de la resistencia mecánica de cada elemento.

Otros de los aspectos tratados en este capítulo es lo referente al mantenimiento a que será sometida la criba, aspecto esencial en la prolongación de la vida útil de la máquina y el cumplimiento de los parámetros de trabajos para los cuales está diseñada.

En tal sentido los **objetivos** del capítulo son:

- 1- Determinar los parámetros mecánicos necesario para la selección de los elementos componentes de la máquina de cribado y los materiales requerido.
- 2- Establecer los índices de explotación técnicas de estas máquinas durante el proceso de preparación mecánica de los áridos.

3.2. Cálculos de diseño

3.2.1. Cálculos de vibraciones, según Shubin Pedre

Las vibraciones de la criba son producidas por la rotación de dos masas desbalanceadoras que provocan deformación en los muelles, que están inclinados con un ángulo $\alpha = 135^\circ$.

Los muelles sufrirán tracción cuando los desbalanceadores recorran la semicircunferencia izquierda, compresión cuando los desbalanceadores recorran la semicircunferencia derecha, se compensarán las fuerzas cuando recorran la semicircunferencia superior el desbalanceador superior y la inferior el desbalanceador inferior, ocurriendo lo mismo cuando el desbalanceadores superior recorra la semicircunferencia inferior y el inferior recorra la semicircunferencia superior.

De acuerdo con la dependencia entre el peso de la criba y la amplitud de su vibración e , el peso del vibrador q y su radio de rotación, se plantea la ecuación siguiente:

$$Gc \cdot e = q \cdot r$$

Donde

Gc : es la el peso de la criba

e : es la amplitud de la vibración

r : radio de rotación del desbalanceador

Datos

$$Gc = 3000kg$$

$$e = 8mm$$

El radio fue asumido dada la experiencia de algunos fabricantes.

$$r = 110mm$$

Sustituyendo en la expresión anterior:

$$q = 218kg$$

El valor de la fuerza centrífuga P ocasionada por la rotación de los árboles teniendo en cuenta los dos ejes desbalanceadores, es:

$$P = \frac{2 \cdot q \cdot r \cdot n^2}{900}$$

Donde n es la velocidad de rotación del árbol

$$n = 61.96 \text{ rev/min}$$

Sustituyendo

$$P = 20457.8 \text{ N}$$

El peso que soporta cada muelle que sostiene la criba es:

$$G_0 = \frac{G_c}{z}$$

Donde

z : el número de muelles que soporta la criba ($z = 4$)

$$G_0 = 750 \text{ kg}$$

Deformación de los muelles de la criba

$$a = \frac{G_0}{k}$$

Donde

k : es la constante de deformación del muelle

$$k = \frac{P_0}{e} \quad \text{Donde } P_0 = \frac{P}{z}$$

P_0 : es la magnitud de la fuerza centrífuga del vibrador

$$P_0 = 5114.45 \text{ N}$$

Sustituyendo en k

$$k = 639.3 \text{ N/m}$$

Sustituyendo en a

$$a = 12 \text{ mm}$$

Período de oscilaciones elásticas de la masa de la criba que se suspende con muelles

$$\tau_c = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{a}{g}}$$

Donde

g : es la constante de la gravedad $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$$\tau_c = 0.22s$$

Período de las oscilaciones de la criba a causa de la fuerza centrífuga del vibrador

$$\tau = \frac{60}{n}$$

$$\tau = 0.97s$$

La fuerza de fricción que actúa en los cojinetes de la criba

$$T = P \cdot f$$

f: es el coeficiente de fricción del árbol en los cojinetes

$$f = 5 \dots 15, \text{ escogiendo } f = 8$$

$$T = 163662.4N$$

El trabajo de la fricción con una velocidad de rotación del árbol en rev/min. y un diámetro d en m

$$d = 0.080m$$

$$A_f = T \cdot \pi \cdot d \cdot n$$

$$A_f = 2445 \times 10^3 kJ$$

La potencia consumida

$$N = \frac{q \cdot r \cdot d \cdot n^3 \cdot f}{1760000}$$

$$N = 4.1kW$$

3.3. Régimen de trabajo y condiciones de explotación de los principales elementos de la criba

Durante la explotación de la criba autobalanceante sus elementos se encuentran sometidos con frecuencia bajo la acción de cargas variables, cuyo carácter de variación puede depender de factores sistemáticos o casuales.

A continuación se determinan los valores de dichas cargas y la influencia que tienen en los diferentes elementos de la máquina.

3.3.1. Cálculo de la transmisión polea-correa, según González y Rodríguez 1999 y Dobrovolski 1980

$$Mt = \frac{N}{\omega}$$

Donde:

ω - es la velocidad angular de la polea;

N - es la potencia que se transmite;

n - es el número de revoluciones de la polea conductora;

$$\omega = \frac{n \cdot \pi}{30} = 182.12 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$Mt = 41.18 N \cdot m$$

Características de la correa a emplear en la transmisión

Se utilizará una correa trapezoidal de sección B. Figura 3.1

En dependencia del Mt las dimensiones escogidas son:

$$\begin{aligned} b_p &= 14 \text{ mm} & h &= 10.5 \text{ mm} & F &= 1.38 \text{ cm}^2 \\ b_o &= 17 \text{ mm} & Y_o &= 4.1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Esquema correa tipo B

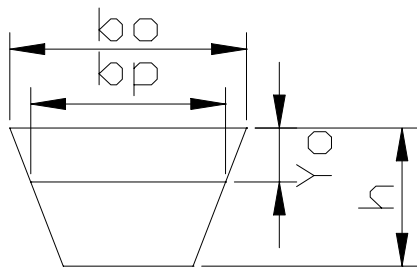


Figura 3.1

Esquema de la Polea

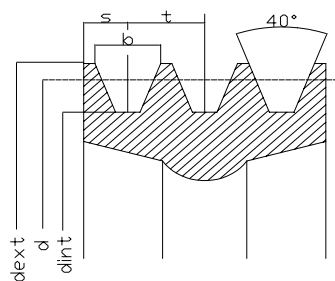


Figura 3.2

Longitudes máximas admisibles de la correa: 800 - 6300 mm

Longitud normalizada: 850 mm

Diámetro mínimo: 125 mm

Momento máximo admisible: 4 - 19 kgf · m

Diámetro mínimo de la polea menor (D_1)

$$D_1 = (110 \dots 130) \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \quad ; \text{ cm}$$

$$D_1 = 20 \text{ cm}$$

Diámetro de la polea mayor (D_2)

$$D_2 = D_1 \cdot i_p \cdot (i - s) \quad ; \text{ mm}$$

Donde:

i_p : es la relación de transmisión predeterminada

$$i_p = 3$$

S : es el coeficiente de desplazamiento

Para correas trapezoidales de tejido cord $S = 0.02$

$$D_2 = 580mm$$

Relación de transmisión real (i)

$$i = \frac{D_2}{D_1 \cdot (1 - S)}$$

$$i = 2.96$$

Distancia entre los eje de la transmisión (A)

$$A_{mín} = 0.55 \cdot (D_1 + D_2) + h \qquad A_{m'ax} = 2 \cdot (D_1 + D_2)$$

$$A_{mín} = 439.5mm \qquad A_{máz} = 1560mm$$

Distancia óptima entre los ejes de rotación recomendada ($A_{ópt}$)

$$A_{ópt} = 1500mm$$

La velocidad periférica máxima: 25 m/s

Para determinar el número de correas a utilizar en la transmisión se determina:

$$z = \frac{P}{K \cdot F}$$

Donde:

K : Coeficiente que depende de los esfuerzos a las condiciones diferentes de carga

$$K = K_0 \cdot C_v \cdot C_\alpha \cdot C_0 \cdot C_r$$

K_0 : es la capacidad de tracción de la correa

$$K_0 = \frac{w \cdot h}{D_{\min}}$$

w : es una constante experimental que para correas trapezoidales de sección B tiene un valor de 150

$$K_0 = 12.6$$

C_v : Coeficiente de velocidad

$$C_v = 0.74$$

C_0 : Coeficiente que depende de las condiciones de esfuerzo

$$C_0 = 1$$

C_α : Coeficiente que tiene en cuenta el ángulo de abrazo (depende de α)

α : Ángulo de abrazo de la correa sobre la polea pequeña

$$\alpha = 180^\circ \frac{D_2 - D_1}{A_{opt}} 60^\circ$$

$$\alpha = 165^\circ$$

$$C_{\alpha} = 0.97$$

C_r : Coeficiente que tiene en cuenta el régimen de trabajo y las cargas dinámicas

$$C_r = 0.8$$

Sustituyendo valores en la ecuación de K

$$K = 7.23$$

P : Fuerza periférica

$$b_0 = \frac{P}{K \cdot h}$$

Despejando P de la ecuación anterior:

$$P = b_0 \cdot K \cdot h$$

$$P = 1290.6 \text{ kgf} / \text{mm}^2$$

Sustituyendo valores en la ecuación de z y normalizando el valor obtenido se determina el número de correas a utilizar en la transmisión

$$z = 3$$

Cálculos de la polea

La cantidad de radios que debe tener la polea en dependencia de su diámetro (580mm) es 6, referirse al dibujo de la polea. El material del cual se fabricará la polea se determina por la siguiente condición de resistencia. La experiencia demuestra que los material idóneo para la fabricación de una polea bajo las condiciones a que esta sometida esta son los hierros fundidos.

Determinación del hierro fundido.

$$\sigma = \frac{\rho \cdot v^2}{1000g} \leq [\sigma_{tr}]$$

Donde:

$[\sigma_{tr}]$: Carga admisible a la tracción

ρ : Densidad del hierro fundido

$$\rho = 7.2 \times 10^3 \text{ kg} / \text{mm}^3$$

V : la velocidad periférica máxima de la polea.

Para una velocidad máxima de 50 m/s

$\sigma = 360 \text{ MPa}$ Por tanto el material de la rueda es Hierro Fundido gris de alta resistencia B440-10. La condición de resistencia se cumple:

$$360 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$$

Para una anchura de la llanta $B \leq 300 \text{ mm}$ se coloca una fila de radios

$$B = (z - 1) \cdot t + 2S$$

Donde:

t y S : Son las dimensiones nominales de la polea

$$t = 20mm$$

$$S = 12.5mm$$

$$\varphi^0 = 40^0$$

Sustituyendo en la ecuación de B:

$$B = 65mm \text{ Por tanto se coloca una sola fila con 6 radios.}$$

El ancho de la cubo de la polea es 100mm

3.3.2. Cálculo de la transmisión de ruedas dentadas cilíndricas de dientes inclinados, según González y Rodríguez 1999.

Cálculo de la resistencia al contacto

$$\sigma_t = \frac{1085 \cdot Zh}{a\omega} \sqrt{\frac{(i+1)^3 \cdot k_{ca} \cdot k \cdot Mtor}{b}} \leq [\sigma]_t \quad ; \text{ kgf/cm}^2$$

Donde:

$a\omega$: Distancia interaxial

$$a\omega = (i+1) \cdot \sqrt{\left(\frac{1085 \cdot Zh}{[\sigma]_t \cdot i}\right)^2 \cdot \frac{k_{ca} \cdot k \cdot Mtor}{\Psi_a}} \quad ; \text{ cm}$$

i : Relación de transmisión

Zh : Coeficiente

Para $Z_1 \geq 20$; $Zh = 0.8$

Z_1 : Número de dientes de la rueda conductora

El producto $1085 \cdot Zh \cong 870$

k_{ca} : Coeficiente que considera la irregularidad de de distribución de la carga entre dientes para velocidades desde 1 hasta 20 m/s

$$k_{ca} = 1.1$$

k : Coeficiente de carga

$$k = 1.4$$

$[\sigma]_t$: Tensión admisible por contacto; para el diámetro de la circunferencia exterior de la rueda $Da \leq 700mm$

$$[\sigma]_t = \frac{\sigma_{0t} \cdot Zr}{n} ; \text{kgf} / \text{cm}^2$$

σ_{0t} : Limite a la fatiga de las cargas superficiales del diente

Por tabla 2.2, para un tratamiento térmico de temple + revenido con una dureza 300 HB y material es acero 45

$$\sigma_{0t} = 20 \cdot (\text{dureza} \cdot 300 \text{HB}) + 700$$

$$\sigma_{0t} = 6700 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

n : Coeficiente de seguridad

$$n = (1.2 \div 1.35) = 1.3$$

Zr : Coeficiente que considera la aspereza de la superficie. Para un grado de precisión 8^{vo}

$$Zr = 1$$

Sustituyendo en la ecuación de $[\sigma]_t$ obtenemos:

$$[\sigma]_t = 5153.85 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

M_{tor} : Momento torsor

$$M_{tor} = \frac{N_2}{\omega_2}$$

N_2 : Potencia transmitida

$$N_2 = 7.056 \text{kW}$$

ω_2 : Velocidad angular de la rueda conducida

$$\omega_2 = \frac{n_2 \cdot \pi}{30}$$

n_2 : Número de revoluciones por minutos de la rueda conducida

Teniendo en cuenta la relación de transmisión de la transmisión de polea -correa y la del motor que genera el movimiento de la criba:

$$n_2 = 592 \text{rev} / \text{min}$$

$$\omega_2 = 61.96 \text{rad} / \text{s}$$

$$N_2 = 7.056 \text{kW}$$

Sustituyendo en la ecuación del M_{tor}

$$M_{tor} = 113.88 \text{Nm}$$

Ψa : Relación entre la anchura de la rueda y la distancia interaxial

$\Psi a = 0.3$ Para aceros templados

Sustituyendo valores en la ecuación de $a\omega$:

$$a\omega = 25.18\text{cm}$$

Normalizando el valor del cálculo de $a\omega$

$$a\omega = 315\text{mm}$$

Fijando preliminarmente el módulo normal (m_n)

$m_n = (0.001 \dots 0.002) \cdot a\omega$; Donde se obtienen los valores de módulos siguientes:

$$m_n = 3.15\text{mm} \quad m_n = 6.3\text{mm}$$

Tomando un valor de módulo normalizado entre los obtenidos

$$m_n = 4.5\text{mm}$$

Módulo normal para el caso en que predomina la resistencia al contacto como criterio

$$m_n = \frac{(i+1) \cdot Y_F \cdot Y_\beta \cdot K_\alpha \cdot K \cdot M_{tor}}{i \cdot a\omega \cdot b \cdot [\sigma]_F}$$

Donde:

b : Ancho de la rueda

$$\Psi a = \frac{b}{a\omega} \quad \text{Sustituyendo } b = \Psi a \cdot a\omega$$

$$b = 94.5\text{mm}$$

$[\sigma]_F$: Tensión admisible a la flexión

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_0 \cdot Y_R \cdot Y_{e,m} \cdot Y_e}{n} ; \text{kgf} / \text{cm}^2$$

n : Coeficiente de seguridad

$$n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$$

n_1 : Este coeficiente se selecciona en dependencia de la probabilidad del trabajo sin fallo en la tabla 2.4.

Selección el material de la rueda: acero 45

Selección del tratamiento térmico: temple superficial

Dureza del diente: (45 - 55) HRC

$$\sigma_0 = 6500\text{kgf} / \text{cm}^2$$

$$n_1 = 1.75$$

$$n_2 = 1.3$$

n_3 : Se utiliza solo cuando los dientes trabajan en condiciones de corrosión o de altas temperaturas

$$n = 2.275$$

Y_R : Coeficiente que considera la aspereza de la superficie y el rectificado de redondeo

$$Y_R = 0.8$$

$Y_{e,m}$: Coeficiente que considera el endurecimiento por deformación en frío

$$Y_{e,m} = 1.2$$

Y_e : Factor de escala

$$Y_e = 1$$

Sustituyendo valores en la ecuación de $[\sigma]_F$

$$[\sigma]_F = 2742.86 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

Y_β : Coeficiente del ángulo de inclinación del diente

β : Ángulo de inclinación del diente

$$\beta = 20^\circ$$

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140^\circ} \leq 1$$

$$Y_\beta = 0.86$$

K_α : Coeficiente en función del grado de precisión del engranaje

$$K_\alpha = 0.625$$

Y_F : Coeficiente de resistencia de los dientes según las tensiones locales en la sección peligrosa del diente

Para valores de $Z_1 = Z_2 = 70$ dientes

$$Y_F = 3.731$$

Sustituyendo en la ecuación del m_n se obtiene:

$$m_n : 0.8 \text{ mm}$$

Los cálculos se continuaran realizando con $m_n = 4.5 \text{ mm}$ debido a que es mayor que el módulo calculado para el caso en que predomina la resistencia al contacto como criterio.

Cálculo del número sumario de dientes

$$\sum Z = \frac{2a\omega}{m_n} \geq 36$$

$$\sum Z = 140$$

Cálculo del número de dientes de la rueda conductora

$$Z_1 = \frac{\sum Z}{i+1} \geq Z_{\min} = 17$$

$$Z_1 = 70$$

Cálculo del número de dientes de la rueda conducida

$$Z_2 = \sum Z - Z_1$$

$$Z_2 = 70$$

Relaciones geométricas principales

Distancia interaxial $a\omega = 315\text{mm}$

Altura del diente $h = 10.125\text{mm}$

Altura de la cabeza del diente $ha = m_n = 4.5\text{mm}$

Juego radial $c = 1.125$

Diámetro de la circunferencia primitiva $dw_1 = dw_2 = 324.64\text{mm}$

Diámetro de la circunferencia exterior $da_1 = da_2 = 333.39\text{mm}$

Diámetro de la circunferencia de fondo $df_1 = df_2 = 313.39\text{mm}$

Nota: los subíndices 1 y 2 se refieren a la rueda conductora y la rueda conducida respectivamente.

3.3.3. Cálculo de selección del la chaveta que une la rueda dentada y el árbol, según González y Rodríguez 1999.

Según las condiciones de trabajos a que está sometida la unión:

Momento torsor $M_{tor} = 113.88\text{Nm}$

Material de la chaveta acero 45

Material del árbol acero 45

Diámetro del árbol $D = 80\text{mm}$

Como las ruedas son iguales y están sometidas a los mismos esfuerzos las chavetas a diseñar son iguales.

Se selecciona una chaveta normalizada en dependencia del diámetro del árbol. En la tabla 31 de la página 303 del libro Manual de trabajo práctico de dibujo aplicado. 1986.

Para el diámetro de 80mm las dimensiones normalizadas de la chaveta y el chavetero son:

Tabla # 3.1 Dimensiones básicas de la chaveta y el chavetero de la transmisión polea correa.

Diámetro del Eje	Sección de la chaveta		Chavetero						Radio R O Bisel S x 45	
			ancho b		Profundidad chavetero					
			Acoplamiento normal		Eje t ₁		Buje t ₂			
b	h	Eje N9	Buje Js9	Nom.	Desv. lim	Nom.	Desv. Lim	Máx.	Mín.	
40	22	14	⁰ _{-0.052}	± 0.026	9	^{+0.2} ₀	5.4	^{+0.2} ₀	0.6	0.4

Cálculo de la longitud de aplastamiento

$$lap \geq \frac{4Mtor}{h \cdot d \cdot [\sigma_{ap}]}$$

Donde:

$Mtor$: Momento torsor

h : Altura de la chaveta

d : Diámetro del eje

$[\sigma_{ap}]$: Tensión admisible al aplastamiento

$$[\sigma_{ap}] = 100MPa$$

Sustituyendo los valores en lap

$$lap \geq 5mm$$

Cálculo de la longitud al cizallamiento

$$lciz \geq \frac{2Mtor}{b \cdot d \cdot [\tau_{ciz}]}$$

$[\tau_{ciz}]$: Tensión admisible al cizallamiento

$$[\tau_{ciz}] = 80MPa$$

$$lciz \geq 2mm$$

$$l_T = \sqrt{lap^2 + lciz^2}$$

$$l_T = 5.36mm$$

$$l \geq l_T + b$$

$$l \geq 27.36mm$$

Asumiendo una chaveta con una longitud $l = 40mm$

Longitudes de la chaveta con las desviaciones admisibles

Tabla # 3.2 Desviaciones admisibles de la chaveta

l	b		h		S	
	Nom.	h9	Nom.	h11	Mín.	Máx.
H15	22	0 -0.052	14	0 -0.110	0.60	0.80

Condición de resistencia

$$\frac{M_{tor}}{A \cdot R \cdot \Psi} \leq [\sigma_{ap}]$$

A: Área de la sección transversal

$$A = 0.5 \cdot h \cdot l$$

$$A = 392 \text{ mm}^2$$

R: Radio del árbol

$$R = 37.5 \text{ mm}$$

Ψ: Coeficiente de irregularidad de distribución de la carga

$$\Psi = 1$$

$$77.4.69 \times 10^4 \frac{N}{m^2} < 100 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

3.3.4. Cálculo de selección del la chaveta que une la polea conducida y el árbol, según González y Rodríguez 1999.

Según las condiciones de trabajos a que está sometida la unión:

Momento torsor $M_{tor} = 41.18 \text{ Nm}$

Material de la chaveta acero 45

Material del árbol acero 45

Diámetro del árbol $D = 75 \text{ mm}$

Para el diámetro de 80mm las dimensiones normalizadas de la chaveta y el chavetero son:

Tabla # 3.3 Dimensiones básicas de la chaveta y el chavetero de la transmisión dentada.

Diámetro del Eje	Sección de la chaveta		Chavetero						Radio R O Bisel S x 45	
			ancho b		Profundidad chavetero					
			b	h	Acoplamiento normal		Eje t ₁		Buje t ₂	
75 a 85	22	14	Eje N9 0 -0.052	Buje Js9 ± 0.026	Nom. 9	Desv. Lím. +0.2 0	Nom. 5.4	Desv. Lím. +0.2 0	0.6	0.4

Cálculo de la longitud de aplastamiento

$$lap \geq \frac{4Mtor}{h \cdot d \cdot [\sigma_{ap}]}$$

Donde:

$Mtor$: Momento torsor

h : Altura de la chaveta

d : Diámetro del eje

$[\sigma_{ap}]$: Tensión admisible al aplastamiento

$$[\sigma_{ap}] = 100MPa$$

Sustituyendo los valores en lap

$$lap \geq 1.5mm$$

Cálculo de la longitud al cizallamiento

$$lciz \geq \frac{2Mtor}{b \cdot d \cdot [\tau_{ciz}]}$$

$[\tau_{ciz}]$: Tensión admisible al cizallamiento

$$[\tau_{ciz}] = 80MPa$$

$$lciz \geq 0.6mm$$

$$l_T = \sqrt{lap^2 + lciz^2}$$

$$l_T = 1.6mm$$

$$l \geq l_T + b$$

$$l \geq 23.62mm$$

Asumiendo una chaveta con una longitud estandarizada $l = 63mm$,

Longitudes de la chaveta con las desviaciones admisibles

Tabla # 3.4 Desviaciones admisibles de la chaveta

l	b		h		S	
	Nom.	h9	Nom.	h11	Mín.	Máx.
63	22	0 -0.052	14	0 -0.110	0.60	0.80

Condición de resistencia

$$\frac{Mtor}{A \cdot R \cdot \Psi} \leq [\sigma_{ap}]$$

A : Área de la sección transversal

$$A = 0.5 \cdot h \cdot l$$

$$A = 392mm^2$$

R : Radio del árbol

$$R = 37.5mm$$

Ψ : Coeficiente de irregularidad de distribución de la carga

$$\Psi = 1$$

$$77.4.69 \times 10^4 \frac{N}{m^2} < 100 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

3.3.5. Cálculo de resistencia de las placas que soportan el vibrador

Según Seel y Ensing, el valor de la fuerza centrífuga provocada por la rotación de los desbalanceadores que generan las vibraciones de la criba se determina:

$$P_0 = M \cdot r \cdot \omega^2$$

Donde:

M : Masa desequilibradora

r : Distancia de la masa desequilibradora al eje de rotación

ω : Velocidad angular

Las condiciones de trabajo del desequilibrador son:

$$M = 140kg$$

$$r = 0.01m$$

$$\omega = 61.96rad / s$$

Sustituyendo los valores en la ecuación de P_0

$P_0 = 53746.58N$ Teniendo en cuenta que son 2 desbalanceadores, la fuerza centrífuga es $2P_0$

Teniendo en cuenta el ángulo de inclinación del vibrador $\omega t = 45^\circ$ la componente horizontal de P_0 :

$$P_1 = P_0 \cdot \cos \omega t$$

$$P_1 = 3800.457N$$

La fuerza resultante es:

$$P = P_1 + P_2$$

Donde:

P_2 : Componente horizontal del peso de la criba

$$P_2 = P_v \cdot \sin \omega t$$

P_v : Peso del vibrador

$$P_v = 6600N$$

Sustituyendo en P_2

$$P_2 = 4667N$$

Sustituyendo en la ecuación de P

$$P = 8467.46N$$

La resistencia al aplastamiento

El perno presiona contra las paredes de las chapas deformándose o causando la deformación de éstas, ovalándose los agujeros hasta que se raja la pared y se destruye la unión. La presión se supone se ejerce en forma uniforme sobre la sección del plano diametral de la chapa (Fig.3.3) la que está dada por la expresión:

$$A = d_1 \cdot S$$

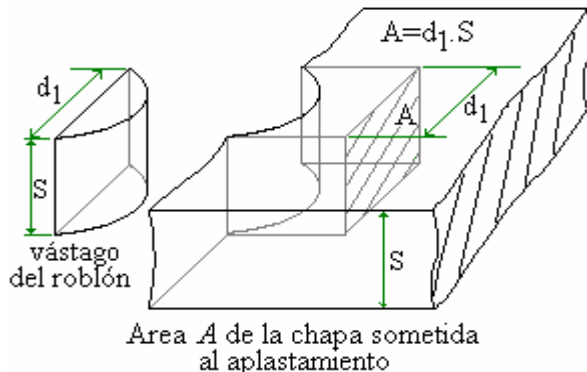
Donde:

S : Espesor de la placa

A : Área de la sección de aplastamiento.

d_1 : Diámetro del orificio de la placa.

Figura 3.3



Datos

Tornillo M30

$$d_1 = 30.8mm$$

$$S = 20mm$$

Si σ es la tensión unitaria de compresión a la que está sometido el perno y la chapa, en este caso la plancha está fijada por ($z=7$) pernos, que son los encargados de soportar el esfuerzo P , por tanto la ecuación será:

$$P = z \cdot \sigma \cdot d_1 \cdot S$$

Por tanto:

$$\sigma = \frac{P}{z \cdot d_1 \cdot S}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación de σ :

$$\sigma = 2.01 \times 10^6 \text{ N} / \text{m}^2$$

$$\sigma = 2.01 \text{ MPa}$$

Condición de resistencia

$$\sigma = \frac{P}{z \cdot d_1 \cdot S} \leq \sigma_{adm}$$

Para el acero AISI 1030

$$\sigma_{adm} = 80 \text{ MPa}$$

Por tanto se cumple la condición de resistencia

$$2.01 \text{ MPa} < 80 \text{ MPa}$$

Resistencia al desgarramiento

En este caso el perno produce el desgarramiento de las chapas a lo largo de las superficies laterales A' paralelas a las generatrices de los extremos del diámetro d_1 del mismo. Fig.3.4:

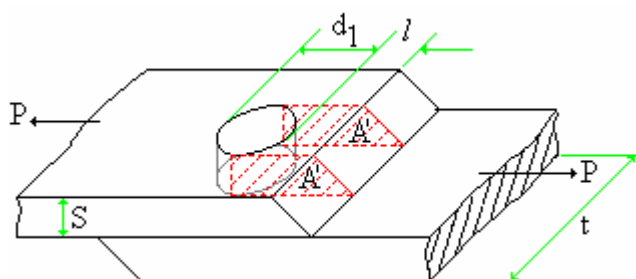


Figura 3.4

$$A_1 = S \cdot l$$

$$A = 2A_1 = 2S \cdot l$$

Donde:

A : Área de desgarramiento

S : Espesor de la chapa

l : Longitud entre el orificio y el borde de la chapa

Datos

$$S = 20 \text{ mm}$$

$$l = 20 \text{ mm}$$

Sustituyendo en la ecuación de A

$$A = 800 \text{ mm}^2$$

Si es τ_c el esfuerzo unitario al corte al cual está sometida la chapa, para el caso de más de una fila de pernos se debe considerar la sección debilitada de la chapa y la fuerza P se determina por:

$$P = 2S \cdot l \cdot z \cdot \tau_c$$

Por tanto:

$$\tau_c = \frac{P}{2S \cdot l \cdot z}$$

$$\tau_c = 1.51 MPa$$

Condición de resistencia

$$\tau_c = \frac{P}{2S \cdot l \cdot z} \leq \tau_{adm}$$

Para el acero AISI 1030

$$\tau_{adm} = 80 MPa$$

Por tanto se cumple la condición de resistencia

$$1.51 MPa < 80 MPa$$

3.3.6. Cálculo de los muelles que soportan la criba

El cálculo de selección de los muelles es uno de los pasos más importantes en el diseño de la criba, porque estos son los encargados de soportar el peso de la misma y los esfuerzos de tracción y compresión provocados por las vibraciones. El tamaño de la deformación que debe satisfacer cada muelle es $\lambda = 8mm$ y están acoplados en una espiga de 100 mm de diámetro, el juego existente entre la espiga y los resortes es de 25 mm.

La criba desbalanceadora está suspendida por cuatro muelles que forman un ángulo de 45° respecto a la horizontal en posición izquierda, Los mismos deben ser de acero AISI 6150 que es el acero aleado más utilizado para la construcción de muelles con tensiones mayores que las que pueden emplearse con los aceros con alto contenido de carbono, son resistentes a la fatiga y a cargas de impactos y choques.

Cálculos de los muelles, según: Dobrovolski 1980.

Condición de resistencia

$$\sigma = \frac{P \cdot D \cdot k}{2W_0} \leq [\sigma]$$

Donde:

P : Carga que soporta cada muelle

D : Diámetro medio del resorte

k : factor de Wahl

W_0 : Módulo de resistencia

Datos

$$D = 125mm$$

$$P = 2116.9N$$

$$k = \frac{4c + 2}{4c - 3}$$

c : Índice de resorte

$$c = \frac{D}{d} = (4 \dots 12) \text{ Predeterminando como valor } c = 5$$

d : Diámetro del alambre

Sustituyendo en la ecuación de k

$$k = 1.3$$

$$W_0 = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d \geq 1.6 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot c \cdot k}{[\tau]}}$$

Para el material escogido (acero AISI 6150)

$$[\tau] = 153 \times 10^6 N / mm^2$$

$$[\sigma] = 204 N / mm^2$$

Sustituyendo

$$d \geq 9.1mm$$

Asumiendo un valor mayor $d = 16mm$

Sustituyendo en la ecuación de W_0

$$W_0 = 803.84mm^3$$

Comprobando la condición de resistencia

$158 MPa < 204 MPa$ por tanto se puede utilizar el acero propuesto.

Determinación del número de espiras de servicio

$$i = 10^4 \cdot \frac{d \cdot \lambda}{c^3 \cdot P}$$

$$i = 5.13$$

Escogiendo un número entero de espiras

$$i = 6$$

Determinación del número total de espiras del muelle de compresión

$$i' = i + 2$$

$$i' = 8$$

Constante elástica del resorte

$$K = \frac{P}{\lambda}$$

$$K = 264.6 \text{ N/mm}$$

Longitud del resorte totalmente comprimido

$$Hd = (i - 0.5) \cdot d$$

$$Hd = 72 \text{ mm}$$

Longitud del resorte totalmente extendido

$$H_0 = Hd + i \cdot (h - d)$$

Donde

h : Paso de muelle

$$h = \frac{D}{2.5}$$

$$h = 50 \text{ mm}$$

Sustituyendo en la ecuación de H_0

$$H_0 = 276 \text{ mm}$$

Ángulo de elevación de las espiras

$$\alpha = \arctan\left(\frac{h}{\pi \cdot D}\right)$$

$$\alpha = 7.26^\circ$$

Longitud del semiproducto

$$l = \frac{\pi \cdot i \cdot D}{\cos \alpha}$$

$$l = 2374 \text{ mm}$$

Determinación de los desplazamientos

$$\lambda = \lambda_f - \lambda_0$$

Donde

λ : desplazamiento

Los subíndices f y 0 significan final e inicial respectivamente

$$\lambda = 8 \text{ mm}$$

$$\lambda_0 = Hd + 1.5 \cdot D$$

$$\lambda_0 = 259.5mm$$

Sustituyendo en la ecuación de λ

$$\lambda_f = 267.5mm$$

Determinación de las cargas que actúan en el resorte

Para un valor de $d > 5 mm$

$$P_0 = 0.25 \cdot Plim$$

Donde

P_0 : Carga inicial del muelle

$Plim$: Carga límite del muelle

P_f : Carga final del muelle

$$P_f = 2116.9N$$

$$P_{lim} = 1.1 \cdot P_f$$

$$P_{lim} = 2328.6N$$

Sustituyendo en la ecuación de P_0

$$P_0 = 582.2N$$

3.4. Elección de los materiales de los elementos de la criba

La elección del material es un momento de responsabilidad en el proceso de la construcción de la pieza, de este depende en gran medida las propiedades de resistencia y tecnológicas de los elementos.

Al elegir el material para la pieza a diseñar, se toman en consideración las diferentes premisas generales:

1. de explotación, el material debe satisfacer las condiciones de funcionamiento de la pieza en la máquina;
2. de tecnología, el material debe reunir las condiciones necesarias para que se gaste el mínimo de trabajo en fabricar la pieza;
3. de economía, el material debe tener ventajas desde el punto de vista del precio de costo total de la pieza, incluyendo, además del costo del material, los gastos de producción, también los gastos de explotación de las máquinas en los cuales se aplican.

El material de cada elemento componente de la criba se exponen en la tabla del anexo # 4

3.5. Ingeniería de detalles de los elementos de la criba

Este es un tópico muy importante, en el mismo se trata lo referido a los dibujos de los elemento que compones la criba, en cada dibujo se exponen los principales requisitos que debe tenerse en cuenta a la hora de la fabricación de la pieza en cuestión. Para el diseño de cada pieza se tuvieron presentes todas las condiciones a que están sometidas durante su funcionamiento. Los dibujos se encuentran situados en la parte de los anexos del trabajo.

3.6. Diseño del mantenimiento

Objetivos del mantenimiento

En el proceso de mantenimiento es una de las tareas de mayor importancia en una instalación o máquina determinada, los objetivo principales del mantenimiento son: asegurar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos; así como lograr el alcance de la vida útil de los mismos; contribuir a lograr la calidad de producción en relación de la buena prestación y la correcta operatividad de lo equipos; contribuir con el retorno óptimo del capital invertido; percibe garantizar la seguridad del usuario y el personal de mantenimiento así como la protección del medio ambiente.

Conceptos básicos del Mantenimiento previo preventivo (MPP)

Se denomina mantenimiento previo planificado a todo el conjunto de mediadas de carácter técnico y organizativo, mediante el cual se lleva a cabo el mantenimiento y la reparación del equipo. Estas medidas son elaboradas previamente según el plan que asegura el trabajo conjunto del equipo.

De esta manera el equipo se encuentra siempre en buen estado ya que es sometido a reparaciones periódicas que eliminan en gran parte las averías con la consiguiente canonización del trabajo y material.

Con la aplicación del MPP se da solución a los siguientes problemas:

- La criba se mantendrá en un estado que garantice su buen funcionamiento.
- Se garantiza el rendimiento de la criba.
- Se reduce el gasto de inversiones por concepto de reparaciones.

Servicio diario del equipo: tiene como objetivo la comprobación del estado técnico del equipo, así como la comprobación del cumplimiento de las normas de trabajo por parte de los obreros.

El operario debe observar el equipo al iniciar y finalizar cada jornada laboral, e informar, de existir, todos los defectos localizados.

Trabajo periódico: este se realiza cada determinado tiempo y lo realizan los ajustadores de servicio, estos trabajos son:

1. Limpieza de las partes de la criba que trabajan en condiciones de suciedad.
2. Cambio de las grasas y los aceites de los sistemas de lubricación del equipo.
3. comprobación de la precisión de la holgura y otros factores que se realizan siempre después de la reparación.

Revisión: determina el estado de la criba sirve de base para realizar los preparativos que hay que hacer para la próxima reparación.

Los trabajos que se pueden realizar en cada reparación son:

1. Comprobación de los mecanismos.
2. Comprobación del funcionamiento del sistema de lubricación.
3. Comprobación del calentamiento de las partes giratorias de la máquina.
4. En algunos casos la revisión se realiza con la separación parcial y limpieza de algunos mecanismos.

Reparación pequeña: durante la misma se cambian o reparan aquellas piezas cuyo plazo de servicio es igual o menor que el período de tiempo comprendido entre esta reparación y la próxima. Durante la reparación pequeña el equipo no funciona y se hacen los siguientes trabajos:

1. Desmontaje parcial de la criba
2. Limpieza del equipo.
3. Comprobación de la holgura entre los árboles y cojinetes.
4. Determinación de las piezas que exigen su sustitución.
5. Prueba de la máquina de cribado sin carga.

Reparación mediana: en esta reparación se realiza una cantidad de trabajo mayor que durante la reparación pequeña. El volumen de la reparación mediana es un 60% de la reparación general.

Reparación general: es la reparación planificada de máximo volumen de trabajo, durante la cual se realiza el desmontaje total del equipo, la sustitución o reparación

de todas las piezas y todos los mecanismos desgastados, así como la reparación de todas las piezas básicas de la criba.

Mediante la reparación general se garantiza la fiabilidad, potencia y productividad de la criba.

Programación del mantenimiento

Ciclo de reparación (T), según Navarrete1986.

Se denomina ciclo de reparación al período de tiempo que trabaja el equipo, expresado en horas-máquinas, entre dos reparaciones generales consecutivas o en un equipo nuevo, desde su puesta en marcha hasta la primera reparación general.

El ciclo de reparación constituye la parte más importante del MPP. La elección del ciclo adecuado significa un mejor aprovechamiento del equipo, seguridad para el flujo de producción, ahorro de tiempo, piezas, materiales y mano de obra.

De acuerdo por las recomendaciones del fabricante:

$$T = 9000hr$$

Las operaciones a realizar en el ciclo son: revisión (R); reparación pequeña (P); reparación media (M); reparación general (G).

Período entre reparaciones (t)

Se denomina período entre reparaciones al tiempo de trabajo del equipo en horas-máquinas entre dos reparaciones planificadas.

$$t = \frac{T}{Nm + Np + 1}$$

Donde:

Nm : Número de reparaciones medias.

Np : Número de reparaciones pequeñas.

Tabla # 3.5 Ciclo de reparaciones y plan de MPP

Tiempo de reparaciones en horas				Ciclo en Horas	R	P	M	G	Total de operaciones
R	P	M	G	9000	18	4	1	1	24
500	1500	4500	9000						

Estructura del ciclo

R-R-R-P-R-R-R-P-R-R-R-M-R-R-R-P-R-R-R-P-R-R-R-G

Por los datos obtenidos de la tabla anterior los valores son:

$$t = 1500hr$$

Período entre intervenciones (t_0)

Se denomina período entre intervenciones al tiempo de trabajo del equipo entre dos intervenciones, o sea, entre dos revisiones inmediatas o entre dos reparaciones y una revisión inmediata.

$$t_0 = \frac{T}{Nm + Np + Nr + 1}$$

Donde:

Nr : Número de revisiones

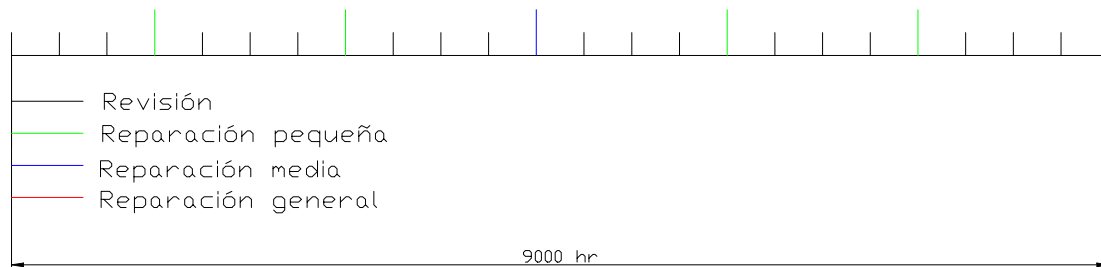
$$t_0 = 375hr$$

Con los resultados de los cálculos anteriores es posible plantear que:

1. Cada $375hr$ es necesario realizar un trabajo de mantenimiento en la criba, que puede ser una revisión o una reparación.
2. Cada $1500hr$ es necesario realizar una reparación en la criba.

Nota: Las horas a que se refieren todos los cálculos son horas de trabajo de la criba.

Esquema del ciclo de mantenimiento



3.6.1. Lubricantes y lubricación

La lubricación de los cojinetes que trabajan en el interior del vibrador de la criba se realiza con aceite, el método para la selección del tipo de lubricante y la viscosidad requerida del mismo se obtiene a continuación.

De acuerdo con el tipo de cojinetes utilizados:

SKF 22316C (V/W33A15)

Dimensiones: 80x170x58 mm

Capacidad de carga dinámica $C = 325000N$

Capacidad de carga estática $C_0 = 275000N$

Límite de velocidad con grasa: $1900rev/min$

Límite de velocidad con aceite: $2600rev/min$

Masa: $6.20kg$

El lubricante está sometido a un rango de temperatura de 40 a 60°C y la velocidad de rotación a que se trabaja es de 592 rev/min.

Para entrar a las tablas de selección del lubricante es preciso determinar el diámetro medio del cojinete.

$$dm = \frac{D + d}{2}$$

Donde:

d : Diámetro interior del cojinete

D : Diámetro exterior del cojinete

$$dm = 125mm$$

Los valores de viscosidad máximo y mínimo son determinados por los diagramas de viscosidad contra temperatura y viscosidad contra diámetro medio.

$$V_{máx} = 19mm^2 / s$$

$$V_{mín} = 13.5mm^2 / s$$

La selección del tipo de lubricante, de acuerdo con, SKF interactive engineering catalogue. Table 2: ISO viscosity classes for lubricating oils. Viscosity class kinematics viscosity to ISO at 40°C.

El aceite lubricante seleccionado es: ISO VG 15

Los cojinetes acoplados en el lado derecho de los ejes desbalanceadores deben ser lubricados con grasa Lissan.

Determinación de la cantidad de grasa

$$G = 0.005 \cdot D \cdot B$$

Donde:

D : es el diámetro exterior de los cojinetes

B : es el ancho de los cojinetes

$$D = 170mm$$

$$B = 58mm$$

Sustituyendo en la ecuación de G

$$G = 50g$$

Tiempo de duración de la grasa o vida útil

$$T_F = K \left(\frac{14 \cdot 10^6}{n \cdot \sqrt{d}} - 4d \right)$$

Donde:

K: coeficiente que depende del tipo de cojinete

$K = 10$ para cojinetes de rodillos cilíndricos

n: número de revoluciones por minutos

$n = 592 \text{ rev/min}$

d: diámetro

$d = 80 \text{ mm}$

Sustituyendo en la ecuación de T_F

$T_F = 23240 \text{ hr}$

Tabla 3.5 Engrase

Puntos de engrase del anexo 3	Conjunto de piezas a engrasar	Lubricantes para la explotación a temperatura de hasta 50°C	Lubricante para la conservación	Cantidad de puntos de engrase	Procedimiento de aplicación de los lubricante	Procedimiento de comprobación y renovación del lubricante
3	Piñones y cojinetes izquierdos del vibrador	Aceite industrial ISO VG 15	Grasa conservación 12328-66	1	Aspersión	Comprobación cada 500 h, renovación cada 1200 h
11	Cojinete derecho del vibrador	Lubricante grasa Lissan	Grasa conservación 12328-66	2	Con una jeringa	Comprobar cada 500 h, renovación cada 1200 h

3.7. Conclusiones del capítulo

1. Se determinaron los parámetros técnicos de los principales elementos de la criba desbalanceadora.
2. Se logra establecer la disponibilidad técnica de la criba con la aplicación del mantenimiento previo planificado.
3. Quedaros especificados todos los detalles de las piezas que conforman la criba desbalanceadora.

4. Se eligieron los materiales adecuados en dependencia de las cargas y esfuerzos a que están sometidos de cada uno de los elementos que integran el objeto de estudio.
5. Se especificaron los tipos de lubricantes a utilizar y el lugar donde debe aplicarse cada uno.

CAPITULO IV: Análisis de los Resultados y Valoración Económica

4.1. Introducción

En este capítulo se exponen los principales resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo, se establece el procedimiento de cálculo económico para las máquinas de cribado para áridos, donde los **objetivos** principales son:

- 1- Establecer el procedimiento de cálculo económico para las máquinas de cribado para áridos cubanos
- 2 – Exponer los principales resultados sobre los parámetros tecnológicos de la criba para áridos para su diseño, construcción y en este caso la modificación del vibrador.

4.2. Análisis de los resultados obtenidos en la investigación

Comportamiento de los valores teóricos obtenidos. Comparación con los valores experimentales.

El estudio realizado nos permite comparar los valores teóricos calculados de la criba para las condiciones de explotación analizada y las diferentes propiedades del material (árido) a clasificar obtenido de las canteras del país.

Los parámetros tecnológicos fundamentales obtenidos para la criba se reflejan a continuación en la tabla 4.1:

N ^{ro}	Descripción	U/M
Criba		
1	Largo	3970 mm
2	Ancho	2080 mm
3	Altura	1665 mm
4	Número de paños	2
5	Forma de los orificios de los paños	Cuadrada
6	Dimensiones de los orificios de los paños - paño superior - paño inferior	26 x 26mm 11 x 11mm
7	Potencia necesaria para el accionamiento	4.1 kW
8	Relación de transmisión de la transmisión polea-correa	2.96
9	Período de las oscilaciones de la criba	0.22 s
Vibrador		
10	Masa de los desbalanceadores - desbalanceador superior - desbalanceador inferior	138 kg 143 kg
11	Número de dientes de las ruedas dentadas	70
12	Tipo de cojinetes	SKF 22316C (V/W33A1 5)

Dentro de las propuestas de mejoras del vibrador, se diseñaron las arandelas de sujeción, tanto de los tornillos de las tapas de los cojinetes como los de las copas de los cojinetes, evitando que se aflojen a causa de las vibraciones producidas y caigan sobre la transmisión dentada, provocando la rotura de sus dientes y por tanto la descompensación de las criba

4.3. Determinación de los gastos de energía eléctrica en la clasificación

El gasto de energía durante el cribado se determina por la ecuación:

$$A_E = \frac{\sum N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot T}{\eta_L}; [kW.h]$$

Donde

$\sum N$ – Potencia consumida por el motor de la criba

$$\sum N = 7.5 kW$$

K_1 – Coeficiente que considera el grado de utilización de la potencia nominal

$$K_1 \approx 0.75 \% 0.85$$

K_2 – Coeficiente que considera el grado en la jornada de trabajo. Para este caso se considera.

$$K_2 = 0.85 \% 0.90$$

T: tiempo de trabajo analizado en horas

η_L – Coeficiente que considera las pérdidas en la línea de transmisión eléctrica.

$$\eta_L = 0,90 \% 0,95$$

- Para una jornada de 8 h de trabajo: $A_E = 45.5kW \cdot h$

- Para un mes de trabajo de la criba: $A_E = 1091.4kW \cdot h$

- Para un año de trabajo $A_E = 13068kW \cdot h$

El gasto específico de energía eléctrica

$$a = \frac{A_E}{Q_J}; [KW.h / T]$$

Donde

Q_J – Productividad de la criba por jornada; [T]

La productividad de la criba para 8 h de trabajo es $Q_J=400 T$

El gasto específico de energía eléctrica es de:

$$a = 0.114kW \cdot h / T$$

4.4. Cálculos económicos

Las máquinas de cribado se caracterizan por su alta fiabilidad, con altos gastos capitales de instalación y construcción y relativamente un pequeño costo en los gastos de explotación.

La economía de una criba se determina fundamentalmente por el tiempo de servicio del vibrador y el paño de cribado, el cual depende del carácter de las vibraciones y la carga alimentada.

El tiempo de duración del vibrador es de $t = 1500$ h

El costo del paño de cribado es 3050 cuc

La norma de amortización conforma del 9 – 20%.

Durante el cálculo determinamos el gasto en la instalación y en la explotación.

Los gastos en la instalación se determinan mediante la fórmula:

$$G_{inst} = \sum_i^n C_{par} \cdot K_{obt} \cdot K_{mont} \cdot K_{res} + C_{inst} + C_{const} \quad (4.3)$$

Donde

C_{par} – Precio al por mayor de la unidad de equipos.

$$C_{par} = 9050 \text{ CUC}$$

K_{obt} – Coeficiente que considera los gastos en la obtención del equipo.

$$K_{obt} = 1.05$$

K_{mot} – Coeficiente que considera los gastos en el montaje del equipo

$$K_{mot} = 1.2$$

K_{res} – Coeficiente de existencia, considera las reservas necesarias de equipos o piezas por su reparación.

$$K_{res} = 1.3$$

C_{inst} y C_{const} - Costos correspondiente a los trabajos de instalación y construcción se estiman en 1350 CUC

Los gastos de explotación se determinan por la siguiente fórmula:

$$G_{exp} = C_{sal} + C_{au} + C_{amot} + C_{mat.aux} + C_{ener} + C_{rep} \quad (4.4)$$

Donde

C_{sal} – Gasto de salario del personal de servicio

$$C_{sal} = 1.41\$ \cdot T / \text{año}$$

C_{au} – Gasto de aumento de salario

$$C_{au} = 1.02 \$$$

C_{amort} – Gasto de descuento de amortización

$$C_{amort} = 0.705 \$$$

$C_{mat.aux}$ – Costo de los materiales auxiliares

C_{ener} – Costo de energía eléctrica consumida

C_{rep} – Gasto por reparación periódica de los equipos.

El salario del personal de servicio se determina por la siguiente fórmula:

$$C_{au} = C_{sal} \cdot K_{HZ}$$

Donde

$K_{HZ} = 8 - 9\%$ (Para la industria minera en general)

Costo de materiales auxiliares

$$C_{mat.aux} = C_b + C_{eng} + C_{aux}$$

Donde

C_b – Costo del paño de la criba

C_{eng} – Costo de los materiales para el engrase, se toma en dimensiones del 5% del costo de la energía eléctrica consumida

C_{aux} – Costo de la ropa de trabajo, instrumentos, etc se toma en medida del 10% del costo de energía eléctrica.

$$C_{energ} = \frac{A_E}{Q_J} = a$$

$$C_{mat.aux} = 3060 \text{ CUC}$$

Los gastos de las reparaciones periódicas de la criba (C_{rep}) se toman en el rango del 10% del costo de la criba al año.

El costo de la parte metálica de la criba se calcula considerando la estructura metálica de soporte.

El costo total de la criba incluyendo los materiales auxiliares es de

$$G_t = 12110 \text{ CUC}$$

El costo de una máquina de cribado en el mercado internacional oscila por los 15000 CUC.

Analizando el costos aproximado de producción de la criba nacionalmente y el costo de la máquina de cribado en el mercado internacional, se demuestra que es más factible la producción de la criba nacionalmente, lo que le garantiza un ahorro al país cerca del 20% del costo de la máquina.

4.5. Conclusiones del capítulo

1 – Se exponen los resultados de los parámetros tecnológicos adecuados para el diseño de las cribas en las industrias mecánicas cubanas.

2 – Se establece el procedimiento de cálculo y su valora económicamente para los resultados principales obtenidos de la criba a construir, tales como; el consumo de energía de la criba, costo de construcción, etc.

Conclusiones Generales

1. Del análisis realizado se selecciona la criba de autobalanceado para su diseño y construcción para la clasificación granulométrica de los áridos cubanos para la Industria de Materiales.
2. Se logra identificar las peculiaridades de explotación de los principales agregados de las maquinas de cribado utilizada en el Ministerio de la Construcción
3. Se establecen las propiedades físico mecánica que caracterizan los áridos de construcción sometidos a tratamiento mecánico
4. Se identifican las principales averías de los agregados de la criba en explotación y la determinación de su disponibilidad técnica
5. Se realizó el diseño del vibrador como elemento determinante en el funcionamiento, fiabilidad, rendimiento y eficiencia de la máquina de cribado para áridos cubanos
6. Se estableció el ciclo de revisión, mantenimiento y reparación de las máquinas de cribado autobalanceadas.
7. De la valoración económica de la construcción de la criba de autobalanceado en Cuba, se demostró la factibilidad de su construcción.

Recomendaciones

1. Construir de lo antes posible el vibrador autobalanceado propuesto en el trabajo, para sustituir en caso de rotura los existentes en las máquinas que se encuentran en explotación.
2. Realizar el diseño de los elementos y agregados de la criba que no se realizaron en el presente trabajo.
3. Aplicar el sistema de mantenimiento y reparación propuesto.
4. Aplicar el lo antes posible la tecnología de diseño mostrada en el trabajo.

Bibliografía

1. Albus de planos 234 - A4
2. Baranov. Curso de la teoría de mecanismos y máquinas, partes. Junio 1993.
3. Desmenuzamiento y cribado.
4. Descripción técnica e instrucciones para la explotación de la criba CM - 742
5. Dobrovolski V, et al. Elementos de máquinas. Editorial Mir. Moscú. 1980.
6. Elementos y componentes de las máquinas.
7. Feodosiev V. I. Resistencia de materiales. Editorial Mir. Moscú. 1972.
8. Fueyo L. Equipos de trituración, molienda y clasificación. Tecnología, diseño y aplicaciones. Editorial Rocas y minerales.
9. Granger Brown G. Operaciones básicas de la Ingeniería Química. Edición Revolución. 1969.
10. James W. H. y Merrill A. L. Nociones de mecanismos. 1970
11. Lorenz W. y Gwosdz W. Manual on the geological-technical assessment of mineral construction material.
12. Manual de dibujo práctico de dibujo aplicado. Año 1986.
13. Navarrete E. Mantenimiento industrial, Tomo. E.N.P.S.; ISPJAE. LA Habana. 1970.
14. Normas cubanas NC 57-39 : 84 Aceros y sus laminados.
15. Normas cubanas NC 57-76 : 85 Elementos de fijación.
16. Normas GOST mecánicas.
17. Orlov P. Ingeniería de diseño, Tomos 1, 2 y 3. Editorial Mir. Moscú. 1985.
18. Parreto L. Formulario de mecánica, Tomo I y II. Edición CECA. Barcelona. 1980.
19. Shubin S. V. y Pedre C. Diseño de maquinarias industriales, Tomo 4. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 1977.
20. Seely F. B. y Ensing N. E. Mecánica analítica para ingenieros. Instituto cubano del libro.
21. Straneo S. L. y Consorte R. el dibujo técnico mecánico. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1971.

ANEXOS

Anexo 4

Tabla 4 designación de los materiales de las piezas que componen la criba

N ^{ro}	Designación de la pieza	Material
1	Mordaza	Acero 45
2	Rueda dentada inferior	Acero 45
3	Rueda dentada superior	Acero 45
4	Soporte de los cojinetes	Acero 30
5	Tapa del chasis	Acero 30
6	Chaveta de transmisión polea correa	Acero 45
7	Chaveta de transmisión por engranaje	Acero 45
8	Desbalanceador inferior	Acero 45
9	Desbalanceador superior	Acero 45
10	Tamiz, malla 26x26	Acero 65
11	Tamiz, malla 11x11	Acero 65
12	Polea	Hierro fundido de alta resistencia BY 40-10
13	Casquillo de goma	Goma 16P-8 TY 204-54 Pgrupo 4
14	Copa de los cojinetes	Acero 30
15	Cubierta de los ejes	Acero 10
16	Arandela de sujeción del tornillo de la tapa de los cojinetes	Acero 30
17	Arandela de sujeción del tornillo de la copa de los cojinetes	Acero 30
18	Muelles	Acero AISI 6150