

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERIA



**Construcción y Evaluación de una Máquina Preparadora
para Muestras de Suelo (Continuación)**

Por:

TIBURCIO HERNÁNDEZ JIMÉNEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Abril de 2003

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**Construcción y Evaluación de una Maquina Preparadora para
Muestras de Suelo (Continuación)**

Por:

TIBURCIO HERNÁNDEZ JIMÉNEZ

TESIS

**Que Somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:**

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado por el Comité de Tesis

Asesor Principal

M. C. Héctor Uriel Serna Fernández

Sinodal

Sinodal

Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Ing. Juan Arredondo Valdez

Coordinador de la División de Ingeniería

MC. Luis Edmundo Ramírez Ramos

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Abril del 2003**

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por darme la oportunidad de hacer realidad mi sueño y por la oportunidad de ser unos de sus hijos.

A DIOS todo poderoso por darme la vida, por vivir en esta bendita tierra, por cuidarme en todos los peligros y gracias sobre todo por darme a las personas quien mas quiero en esta vida, a Mis Padres y a toda mi familia. Por bendecirme en mi camino de errante, por darme la sabiduría y el conocimiento de poder llegar a ser quien hoy soy. Perdóneme si algún día te falle.

Al MC. Héctor Uriel Serna Fernández, por el apoyo y la asesoría brindada para llevar a cabo este proyecto, por su amistad brindada incondicionalmente, por ser un gran amigo, por sus consejos y orientaciones, por todo esto y más Ing. GRACIAS.

Al Dr. Santos Gabriel Campos Magaña, por su apoyo brindado para la realización del proyecto y sus consejos, GRACIAS DR.

A todos los maestros (as) y en especial a los del Departamento de Maquinaria Agrícola, gracias por compartir sus conocimientos y experiencias.

A mis abuelos Tiburcio y Argelia, por su apoyo moral y sus consejos, gracias y que Dios los bendiga.

A todos mis Tíos por el apoyo moral brindado durante mi carrera, a todos ellos gracias.

A mis primos por compartir momentos felices y experiencias.

A la familia Martínez Rodríguez y en especial a la Sra. Gloria Rivera de Martínez por haberme brindado su apoyo y confianza, cuando ingrese a primer semestre de la carrera y a su hija Carmen por su simpatía y carisma.

A mi amiga Maria del Carmen Martínez por su apoyo incondicional, gracias.

A mis amigas Ivonne y Erika por estar en los momentos mas difíciles de mi vida, por sus consejos y la alegría compartida, gracias.

DEDICATORIA

Con cariño y afecto a mis padres:

Sr. Guadalupe Hernández
Altunar.

Sra. Sara Jiménez Cruz.

Por hacerme un hombre de bien, por sus consejos, sus preocupaciones y sus desvelos, quien por ellos se debe este trabajo.

Gracias por darme la herencia más grande que se le puede dar a un hijo: su profesión.

Perdón les pido sin algún día les he fallado y Gracias por todo y los quiero con toda mi alma.

También les dedico este trabajo a todos mis hermanos y a mi hermosa hermana.

Quintiliano.

Angélica Maria

Carlos

Osmar Guadalupe

Idelfonso

INDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	i
Dedicatoria	iii
Índice de contenido	iv
Índice de cuadros.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	ix
I.- Introducción.....	1
1.1.- Antecedentes.....	2
1.2.- Objetivos.....	4
1.2.1.- Objetivos Generales	4
1.2.2.- Objetivos Particulares	4
II.- Revisión de literatura	5
2.1.- Proceso de Muestras.....	5
2.2.- Principio de Diseño de Prototipos	8
2.2.1.- Fases del Diseño	9
2.2.2.- Identificación de Necesidades y Definición de Problemas.....	10
2.2.3.- Evaluación y Presentación	12
2.2.4.- Consideraciones de Diseño	13
2.3.- Diseño de Flechas.....	14
2.3.1.- Consideraciones Generales	15
2.3.2.- Diseño Flexión Totalmente Alternante con Torsión Uniforme.	16
2.3.3.- Diseño Flexión Fluctuante y Torsión Fluctuante	18
2.4.- Diseño de Engranés Rectos.....	19
2.4.1.- Procedimiento para el Diseño de Engranés Rectos.....	21
2.4.2.- Procedimiento de Diseño.....	22
2.5.- Diseño de Resortes Helicoidales	26
2.6.- Factores en la Selección de Motor.....	28
2.6.1.- Clasificación de Tamaño de Motores	29
2.7.- Impulsores de Banda en V	30
2.7.1.- Diseño de Impulsores de Banda en V	32

2.7.2.- Diseño de Banda en V	34
2.8.- Diseño de Impulsores de Cadena	36
2.8.1.- Parámetros de Diseño para Impulsores de Cadena	38
2.8.2.- Proceso de Diseño.....	39
2.9.- Selección de Rodamientos.....	41
2.10.- Equipos en el Mercado.....	43
2.10.1.- Pulverizador Fritsch – Laval Lab	43
2.10.2.- Pulverizador DIK-2510.....	44
2.10.3.- Pulverizador DIK-2500.....	45
III.- MATERIALES Y METODOS.	46
3.1.- Materiales	46
3.2.- Metodología.....	54
3.2.1.- Investigación, Interpretación, Cotización, Selección de los Materiales	55
3.2.2.- Adquisición de Materiales, Trazos, Cortes, Uniones.....	55
3.2.3.- Ensamblado, Calibración, Alineación y Observación de Funcionamiento.....	55
3.2.4.- Evaluación	56
3.3.- Diseño Experimental de Bloques Completamente al Azar	57
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	59
4.1.- Resultados.....	59
4.1.1.- Descripción General del Equipo	59
4.1.2.- Operación del Equipo	60
4.1.3.- Elementos del equipo	61
4.1.4.- Modificaciones al Equipo	63
4.1.5.- Costo del Prototipo	65
4.1.6.- Resultados de Análisis de la Muestra de Suelo	67
4.1.7.- Análisis de Resultados.....	68
4.2.- Discusión	69
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	71
5.1.- Conclusiones	71

5.2.- Recomendaciones para el Proceso de Construcción	72
VI.- BIBLIOGRAFIA.....	73
VII.- APENDICES.....	74
Apéndice A.....	75
Apéndice B.....	92
Apéndice C	104
Apéndice D.	107

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Propiedades del Nylamid Tipo M	48
Cuadro 3.2. Análisis de Varianza para un Diseño Experimental de Bloques Completamente al Azar.	58
Cuadro 4.1. Descripción de Elementos que Constituyen la Maquina	61
Cuadro 4.2. Costo del Prototipo.....	65
Cuadro 4.3. Resultados de Análisis de Muestras de Suelo	67
Cuadro 4.4. Datos de Medias de los Resultados de Análisis de Varianza	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Fases de Diseño	10
Figura 2.2. Pulverizador Fritsch	43
Figura 2.3 Pulverizador DIK 2510.....	44
Figura 2.4 Pulverizador DIK 2500.....	45
Figura 3.1. Puesta en Servicio del Variador	47
Figura 3.2. Diagrama de Proceso de Construcción y Evaluación	54
Figura 4.1. a) Fotografía del Equipo, b) Dibujo Sólido Auto CAD	60
Figura 4.2. Arreglo de Datos para Análisis de Varianza.....	69

RESUMEN

En el proceso de preparación de muestras de suelo, se requiere de un gran esfuerzo físico por parte de la persona encargada del área y limita la eficiencia del laboratorio en tiempo de entrega de los resultados, originando con ello la necesidad de realizar el proyecto (construcción del equipo) para la preparación de las muestras, aumentando el número de ellas.

Se retomo el diseño conceptual de la construcción de una Maquina Preparadora para Muestras de Suelo presentada por Jerónimo Cruz (1999), procediendo a la lectura e interpretación de los planos, posteriormente se realizo la cotización y selección de los materiales en los mercados regionales; procediendo a la construcción, maquinado y adquisición de elementos fabricados en el mercado, terminada la segunda etapa se ensamblaron los elementos, se alinearon y se calibro para tener un buen funcionamiento. Terminado el prototipo se procedió a la evaluación de la forma siguiente: se consiguieron dos diferentes suelos (suelo del bajío y del área de practicas los pinos), se preparo las muestras (1 Kg. por cada muestra),se procedió a la molienda con tres revoluciones 68, 86 y 104 rpm, con tres repeticiones cada una, y se preparo una muestra con el método tradicional como testigo, evaluando las siguientes variables tiempo de preparación por unidad de muestra, pH (potencial de hidrogeno), CE (conductividad eléctrica) y textura: arena, limo y arcilla. Realizada la molienda se procedió al análisis de las muestras de suelo, en el laboratorio de pedología del Departamento de Suelos; posteriormente al análisis de las muestras, se les realizo un análisis estadístico, mediante un Diseño de Experimentos de bloques completamente al azar; interpretado el análisis de varianza nos indica que no existe ninguna diferencia significativa entre las medias de las resultados de las muestras, lo que significa que tenemos una molienda de calidad a diferentes revoluciones sin sufrir ninguna alteración.

La recomendación que se realiza es trabajar a la velocidad más alta del equipo, con el fin de reducir el tiempo y aumentar el número de muestras de suelo para contar con un laboratorio que brinde un servicio de calidad.

I.- INTRODUCCIÓN

Las características físico-químicas del suelo agrícola, deben ser conocidas por el productor agrícola, ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la cantidad y calidad de las cosechas, están en relación directa con los nutrientes (NPK y microelementos) y las características de los suelos. Por lo que es importante tomar en cuenta sus propiedades físicas y químicas, con el fin de aprender a manejar estas de acuerdo con los requerimientos de los cultivos.

Dentro de dichos procedimientos, se especifica la separación de los agregados del suelo (terrones), con el fin de conocer una de sus principales características como es la textura entre otras; esta separación no debe afectar la distribución granulométrica de la muestra, ya que afectaría el resultado de la misma.

Las muestras de suelo deben obtenerse de tal modo que representen cada situación específica, o problema que presente el campo agrícola que se muestrea; la obtención de muestras de suelos en forma precipitada y sin ninguna técnica son de poco o ningún valor.

Los procedimientos de muestreo varían según los objetivos del análisis, y en general de cada caso en particular, de este modo las técnicas se aplicaran de modo diferente, así cuando se trate de fertilizar un campo de cultivo, que cuando se pretenda delimitar un área de salinidad; o el análisis mismo diferirá cuando sea necesario aplicar mejoradores, establecer cultivos específicos, etc.

En el proceso de muestras, previas a su llegada al laboratorio y el manejo de ellas, para su posterior análisis, surge el trabajo de molienda y tamizado, que por lo general es de gran esfuerzo físico para el encargado y limita la eficiencia de la persona y del laboratorio, que en promedio de preparación al realizarlo es

de 10 minutos (Dpto. de Suelos de la UAAAN), con esto surge la necesidad de efectuar la preparación de muestra en forma mecanizada, para aumentar la eficiencia, uniformidad y mayor número de muestras analizadas, lo que dio origen a la construcción del equipo para la molienda y tamizado de suelo, que ayudara a realizar el trabajo en un menor tiempo posible.

1.1- ANTECEDENTES

Cruz (1999) realizo un diseño conceptual de un equipo para la molienda de suelo agrícola. El equipo propuesto de preparación para muestras de suelo esta integrado por los elementos siguientes.

- Una estructura metálica de PTR (SAE 1020, de $1 \frac{1}{4}$ ", $1 \frac{1}{4}$ "; cedula 12) que sujetará todos los elementos del equipo.
- 2 rodillos de Nylamid (tipo M), es un material que no contamina a la muestra, que estarán sujetos por unas bases, que se encuentran empotradas en las laterales de la estructura; uno de los rodillos se encuentra montado en un par de rodamiento colocado en la bases, atornillado a la estructura (rodillo A), el otro rodillo (rodillo B) ira montado con otro par de rodamientos y a diferencia del anterior tendrá un movimiento horizontal, como sistema de seguridad, que le ayudara a desplazarse en caso de introducir un elemento extraño al suelo (madera, piedra) apoyados por resortes para que posteriormente retome su posición original de trabajo.
- Bases para rodamientos de ángulo comercial de $\frac{3}{4}$ " x $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ ", solera de $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ " (SAE 1020).
- 2 poleas de aluminio una $2 \frac{1}{2}$ " y otro $1 \frac{1}{2}$ " de diámetro, para la transmisión de potencia de los rodillos a la flecha del excéntrico mediante una banda tipo A.

- 4 rodamientos de bolas de 1" de diámetro interior y 3 rodamientos de 3/8" de diámetro interior.
- 4 sprockets de 17 dientes de 3/8" de paso.
- Una tolva de alimentación con capacidad de 334 pulg³, de lámina galvanizada calibre 18.
- Zaranda, con marco o bastidor de madera y una malla de 2 mm de abertura (# 22), con una inclinación de 4° a 5 ° sobre la horizontal; que tendrá un movimiento lineal, con la finalidad de dejar pasar partículas menores e iguales a 2 mm, en donde dependerá para su movimiento del excéntrico, con una velocidad de 150 rpm.
- Eje excéntrico de 3/8" de diámetro diseñado para movimiento de la zaranda, montado en dos rodamientos e impulsado por una banda a través de dos poleas.
- Transmisión de movimiento a través de un motor de ¼ de HP a 1725 rpm, el cual estará acoplado a un reductor de velocidad con una relación 20:1, con una velocidad de salida de 86 rpm y un torque de 144 lb -pulg, en donde será transmitido a los rodillos y esta a su vez dará movimiento a la flecha del excéntrico.

Las principales características del diseño, son elementos esenciales para que el equipo realice su función de disgregación de la muestra de suelo, tal y como fue concebido en el diseño conceptual.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1.- Objetivo general

- Llevar a cabo la Construcción y evaluación de la maquina preparadora para muestras de suelo

1.2.2.- Objetivos particulares

- Construcción y ensamble de la Maquina Preparadora de Muestras de Suelo.
- Evaluación de la maquina que permita ajustar los parámetros del equipo para obtener las mejores condiciones del funcionamiento de la misma.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Proceso para obtención de muestras

Es de suma importancia conocer las características físicas y químicas del suelo, en donde tiene relación en forma directa del crecimiento de las plantas, su producción y la calidad de las mismas (López, 1974).

Estas son las condiciones que se deben de tomar en cuenta en el proceso de muestras.

Muestreo:

1. Selección de los sitios de muestreo.
2. Para ensayos de fertilidad, divida el campo en partes iguales.
3. La capa superficial de residuos orgánicos, deben removerse antes de obtener las muestras y la profundidad depende del enraizamiento de las plantas.
4. Cavar un cuadrado y obtener secciones verticales, hasta la profundidad requerida.
5. En los prados se obtienen desde 0 – 7.5 cm de profundidad, cuidando de eliminar los residuos orgánicos.
6. En jardines, hortalizas y campos de cultivos, es conveniente obtener las muestras de 0 – 15 y de 15 - 45 cm de profundidad.
7. En sitios arbolados y de otros cultivos de raíces profundas, obtener las muestras de 0 – 30; 30 – 45; 45 – 90 cm de profundidad. Muestras de mayor profundidad pueden ser necesarias en algunos casos.

8. En condiciones de salinidad o sodicidad, hay que obtener muestra sseparadas (no compuestas) en sitios que representen un rango de condiciones máximas, del mal desarrollo a buen desarrollo de plantas. La profundidad conveniente es de cada 15 cm hasta los 60 cm, y si la profundidad es mayor de 60 cm, muestrear cada 30 cm. En algunos casos (como eflorescencias, acumulaciones superficiales de humus, etc.) es necesario muestrear los primeros 2.5 cm de suelo superficial separadamente.
9. Los procedimientos de secado de muestras en el campo, se realizan sobre una superficie de suelo limpio (no contaminado) o sobre un papel; y la reducción del tamaño de muestra, mediante cuarteos diagonales, lo que consiste en formar una pila de tierra en forma de cono, luego aplanarla con la pala y dividirla en 4 partes, tomar las 2 partes opuestas y desechar las otras 2 restantes, y repetir el procedimiento hasta que la muestra sea de aproximadamente de 1 KILOGRAMO.
10. No se deben tomar muestras cuando el campo este demasiado húmedo, debajo de los árboles (para cultivo anuales), e inmediaciones de veredas, caminos, etc., así como inmediatamente después de fertilizar, o de una lluvia, ya que estos factores tienden a modificar el estado natural del suelo en que se desarrollan los sistemas radiculares de las plantas.
11. Al empacar las muestras para enviarlas al laboratorio, debe procurarse que no estén demasiado húmedas, si esto sucede pueden secarse al sol en el campo; y enviar datos que permitan una identificación clara.
12. Entre mayor número de datos se consideren al hacer la recomendación o utilización del análisis, mayores serán las posibilidades de éxito del trabajo de laboratorio. Entre la información que el solicitante proporcionara:

- a. Nombre del interesado.
- b. Nombre del predio (localidad).
- c. Profundidad a la que se obtuvo la muestra.
- d. Utilización (pastoreo o cultivo).
- e. Dirección, Población, Estado, Municipio.
- f. E información complementaria.

La secuencia que sigue la muestra de suelo cuando se recibe en el laboratorio:

- Recepción y registro.
- Secado.
- Desgrumado (molido).
- Tamizado (por malla de 2 mm de abertura y por malla numero 100 y envasado en frasco de vidrio con tapa de rosca).
- Toma de muestras para análisis.
- Adición de reactivos.
- Agitación.
- Filtración.
- Toma de alícuotas.
- Determinaciones:
 - Físicas.
 - Por comparación.
 - Granulométrico.
 - Electrométricos.
 - Químicas.

- Volumétrico.
 - Carbonatos totales.
 - Fotocolorimétrico.
 - Fósforo.
 - Espectro flamométrico.
 - Potasio.
 - Volumétrico.
 - Carbonato orgánico.
- Trabajo de gabinete.
- Cálculos, reportes, preparación de gráficas, informes, etc.

Un proceso eficiente, incluye el análisis cuidadoso de cada paso, así como la búsqueda y ajuste continuo de nuevos procedimientos que aceleren dichos pasos.

2.2.- Principio de Diseño de Prototipos

Diseñar es formular un plan para satisfacer una demanda humana. La necesidad particular que habrá de satisfacer puede estar bien definida desde el principio.

En comparación con los problemas matemáticos o puramente científicos, los problemas de diseño no tienen una sola respuesta correcta a todos los casos, sería absurdo exigir la respuesta correcta a un problema de diseño, porque no existe tal cosa. En efecto, una respuesta que es adecuada o buena ahora, puede ser muy bien una solución impropia o mala el día de mañana, si se produjo una evolución de los conocimientos durante el lapso transcurrido, o bien, si han ocurrido cambios en la sociedad o en las estructura sociales (Shigley, 1990).

Un problema de diseño no es un problema hipotético en absoluto. Todo diseño tiene un propósito concreto: la obtención de un resultado final al que se llega mediante una acción determinada o por la creación que tiene realidad física. En ingeniería, el término diseño puede tener diferentes significados para distintas personas:

- Técnico que dibuja en todos sus detalles un engrane, un embrague u otros elementos de una maquina.
- Es la creación de un sistema complejo, como una red de comunicaciones.
- Denominaciones: ingeniería de sistemas o aplicación de la teoría de las decisiones.

Diseño mecánico: diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica, por ejemplo, maquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos.

2.2.1.- Fases del Diseño

El proceso total de diseño, ¿Cómo empieza? ¿Simplemente llega un ingeniero a su escritorio y se sienta ante una hoja de papel en blanco y se pone a escribir algunas ideas? ¿Que hace después? ¿Qué factores determinan o influyen en las decisiones que se deben tomar? Por ultimo, ¿Cómo termina este proceso total de diseño? (Shigley, 1990).

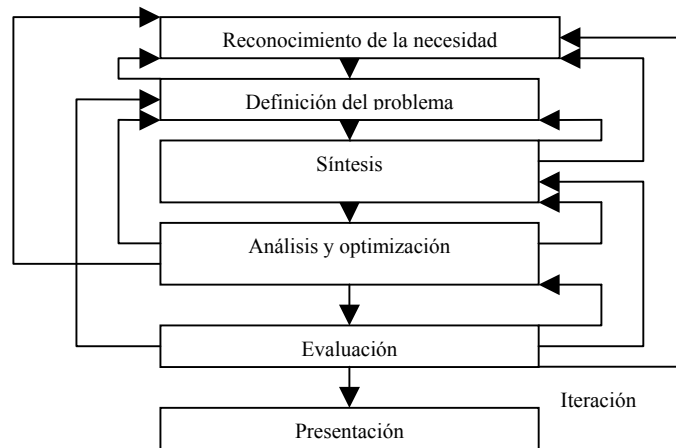


Figura 2.1. Fases de diseño.

A menudo se describe el proceso total de diseño (desde que empieza hasta que termina) como se muestra en la figura 2.1. Principia con la identificación de una necesidad y con una decisión de hacer algo. Después de muchas iteraciones, el proceso finaliza con la presentación de los planes para satisfacer tal necesidad.

2.2.2.- Identificación de Necesidades y Definición de Problemas

A veces, pero no siempre, el diseño comienza cuando un ingeniero se da cuenta de una necesidad y decide hacer algo al respecto. Identificar la necesidad puede manifestarse simplemente como un vago descontento o bien por la intuición de una dificultad o en la sensación de que algo no está correcto. Con frecuencia, la necesidad no es del todo evidente; por lo general, se identifica de repente a partir de una circunstancia adversa o de una serie de circunstancias fortuitas que surgen al mismo tiempo.

Hay una diferencia bien clara entre el planteamiento de la necesidad y la definición del problema que sigue a dicha expresión (Fig. 2.1). El problema es más específico. Si la necesidad es tener aire más limpio, el problema podría consistir en reducir la descarga de partículas sólidas por las chimeneas de plantas

de energía, o de reducir la cantidad de productos irritantes emitidos por los escapes de los automóviles, o bien, disponer de medios para apagar rápidamente los incendios forestales.

La definición del problema debe abarcar todas las condiciones para el objeto que ha de ser diseñado. Las condiciones o especificaciones son las cantidades de entrada y de salida, las características y dimensiones del espacio que deberá de ocupar el objeto, y todas las limitaciones a estas cantidades. Se puede considerar el objeto a diseñar como algo colocado en una caja negra. En este caso se debe especificar lo que entra y lo que sale de dicha caja, juntos con sus características y limitaciones. Las especificaciones definen el costo, la cantidad de piezas a fabricar, la duración esperada, el intervalo o variedad de capacidades, la temperatura de trabajo y la confiabilidad. Entre dicha condiciones sobresalen las velocidades necesarias, las intensidades de alimentación en las maquinas, las limitaciones de temperatura, el alcance máximo, las variaciones esperadas en las variables y las restricciones en tamaño y peso.

Una vez que se ha definido el problema y obtenido un conjunto de especificaciones implícitas formuladas por escrito, el siguiente paso en el diseño, como se muestra en la figura 2.1, es la síntesis de una solución óptima. Ahora bien, esta síntesis no podrá efectuarse antes de hacer el análisis y la optimización debido a que se analiza el sistema a diseñar, con el fin de determinar si su funcionamiento cumplirá las especificaciones. El análisis podría revelar que el sistema no es óptimo. Si el diseño no resultase satisfactorio en una de dichas pruebas o en ambas, el procedimiento de síntesis deberá iniciarse otra vez.

Se ha indicado, y se reiterara sucesivamente, que el diseño es un proceso iterativo en el que se pasa por varias etapas, se evalúan los resultados y luego se vuelve a una fase anterior del proceso. En esta forma es posible sintetizar varios componentes de un sistema, analizarlos y optimizarlos para volver después a la fase de síntesis y ver que efecto tiene esto sobre las partes restantes del sistema. Para el análisis y la optimización se requiere que se ideen o imaginen modelos abstractos del sistema que admitan alguna forma de análisis matemático. Tales consideraciones reciben el nombre de modelos matemáticos.

2.2.3.- Evaluación y Presentación

Como se indica en la figura 2.1, la evaluación es una fase significativa del proceso total de diseño. Como es la demostración definitiva de que un diseño es acertado y, por lo general, incluye pruebas de un prototipo en el laboratorio. En tal punto es cuando se desea observar si el diseño satisface realmente la necesidad o las necesidades. ¿Es confiable? ¿Es fácil de mantener y ajustar? ¿Se obtendrán ganancias por su venta o utilización? ¿Cuan probable es que ocasione un litigio como producto de riesgo? ¿Y es factible de ser asegurado fácilmente y a bajo precio? ¿Es probable que se requieran medios especiales para reemplazar sistemas o partes defectuosas? (Shigley, 1990).

La comunicación del diseño a otras personas es el paso final y vital en el proceso de diseño. Es indudable que muchos importantes diseños, inventos y obras creativas se perdieron para la humanidad sencillamente porque sus autores no quisieron o no fueron capaces de explicar sus creaciones a otras personas. La presentación es una tarea de venta. Cuando el ingeniero presenta o expone una nueva solución al personal administrativo de alto nivel (directores, gerentes o supervisores), está tratando de demostrar que su solución es la mejor. A menos que tenga éxito, el tiempo y el esfuerzo empleados para obtener la solución se habrán desperdiciado por completo.

En esencia, hay solo tres medios de comunicación que se pueden utilizar: la comunicación escrita, oral y gráfica. En consecuencia, todo ingeniero con éxito en su profesión tiene que ser técnicamente competente y hábil al emplear las tres formas de comunicación.

La capacidad para la expresión escrita se puede desarrollar escribiendo cartas, informes, memorandos, notas y artículos. No importa si estos últimos se publiquen o no, la práctica es lo importante. La aptitud para la expresión oral puede obtenerse participando en actividades sociales, cívicas, religiosas y profesionales. Esta participación da abundantes oportunidades de hablar en público. Para adquirir habilidades en el dibujo se deben hacer croquis y bosquejos

a lápiz, tratando de mostrar toda idea lo mejor posible. Por lo general, las comunicaciones escritas o habladas requieren estudio para comprenderlas, pero las imágenes se comprenden con facilidad y deben usarse con liberalidad.

En el último análisis, el verdadero fracaso sería abstenerse en absoluto de exponer la idea concebida.

2.2.4.- Consideraciones de Diseño

A veces la resistencia de un elemento en un sistema es un asunto importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento (Shigley, 1990). En tal caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño. Cuando se usa la expresión consideración de diseño se está refiriendo a una característica que influye en el diseño de un elemento o quizá en todo el sistema. Generalmente se tiene que tomar en cuenta varios de estos factores en un caso de diseño determinado. Algunos de los más importantes son los siguientes:

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| 1. Resistencia | 11. Peso |
| 2. Confiabilidad | 12. Duración |
| 3. Propiedades térmicas | 13. Ruido |
| 4. Corrosión | 14. Estabilización |
| 5. Desgaste | 15. Forma |
| 6. Fricción | 16. Tamaño |
| 7. Procesamiento | 17. Flexibilidad |
| 8. Utilidad | 18. Control |
| 9. Costo | 19. Rigidez |
| 10. Seguridad | 20. Acabado |

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| 21. Lubricación | 23. Volumen |
| 22. Mantenimiento | 24. Responsabilidad legal |
| 25. | |

Algunos de estos factores se refieren directamente a las dimensiones, al material, al procesamiento o proceso de fabricación, o bien a la unión o ensamble de los elementos del sistema. Otros se relacionan con la configuración total del sistema.

Esto es completamente correcto y apropiado en un ambiente académico, donde en realidad se necesita utilizar tales principios para resolver problemas profesionales. Sin embargo, a fin de conservar la perspectiva correcta, se debe observar que en muchos casos los factores de diseño importantes son tales que no es necesario hacer cálculos o experimentos para definir un elemento o sistema.

2.3.- Diseño de Flechas

En el diseño de flechas deben considerarse tanto los esfuerzos como las deflexiones. La deflexión suele ser el factor crítico, ya que una deflexión excesiva puede causar un desgaste rápido de los cojinetes de la flecha. Los engranes, las bandas o las cadenas impulsadas desde la flecha también llegan a sufrir por falta de alineación, introducida por deflexiones de la flecha. Advierta que en una flecha los esfuerzos se pueden calcular localmente para diversos puntos a lo largo de ella con base en cargas conocidas y secciones transversales supuestas. Pero, los cálculos de deflexión requieren el conocimiento y definición de toda la geometría de la flecha. Por lo tanto, una flecha por lo regular se diseña primero con base en consideraciones a esfuerzos, y una vez completamente definida la geometría a continuación se calculan las deflexiones. También puede resultar crítica la razón entre las frecuencias naturales de la flecha (tanto a torsión como a flexión) y el

contenido de frecuencias de las funciones fuerza – tiempo y par de torsión – tiempo. Si las funciones de fuerzas son cercanas en frecuencias a las frecuencias naturales de la flecha, la resonancia podrá generar vibraciones, esfuerzos elevados y deflexiones elevadas (Norton, 1999).

2.3.1.- Consideraciones Generales

Para el diseño de flechas se pueden enunciar reglas prácticas generales, como sigue (Norton, 1999):

1. A fin de minimizar tanto deflexiones como esfuerzos, la longitud de la flecha debe mantenerse tan corta como sea posible, minimizando secciones en voladizo.
2. Una viga en voladizo tendrá una mayor deflexión que una simplemente apoyada con la misma longitud, carga y sección transversal, por lo que deberá recurrirse al montaje sobre apoyos, a menos de que por limitaciones de diseño sea obligatorio la flecha en voladizo.
3. Una flecha hueca tiene una razón más elevada de rigidez/masa (rigidez específica) y frecuencias naturales más elevadas que una flecha sólida de rigidez y resistencia comparables, aunque son más costosas y de mayor diámetro.
4. De ser posible trate de localizar elevadores de esfuerzos lejos de áreas con grandes momentos a flexión, y minimice su efecto con radios y salidas generosas.
5. Si la preocupación principal es minimizar la deflexión, entonces el material preferido pudiera ser un acero al bajo carbono, ya que su rigidez es tan alta como la de aceros más costosos, y una

flecha diseñada para bajas deflexiones tendrá tendencias a estar sometida a esfuerzos reducidos.

6. Las deflexiones en los engranes montados sobre la flecha no deben exceder de 0.005 in, y la pendiente relativa entre ejes de engranes debe ser menor de 0.03° .
7. Si se emplean cojinetes de manguito simples, la deflexión de la flecha a través de la longitud del cojinete debe ser inferior al espesor de la película de aceite en el cojinete.
8. Si se utilizan cojinetes de elementos giratorio excéntricos o de no auto cierre, la deflexión angular de la flecha en el cojinete deberá mantenerse por debajo de 0.04° .
9. Si están presentes cargas de empuje axial, deberán ser transferidas a tierra a través de un solo cojinete de empuje por cada dirección de carga. No dividida las cargas axiales entre varios cojinetes de empuje, ya que la expansión térmica sobre la flecha puede sobrecargar dichos cojinetes.
10. La primera frecuencia natural de la flecha deberá ser por lo menos tres veces mayor que la frecuencia de la fuerza más alta esperada en servicio, y de preferencia mucho más. (Es de preferencia un factor de 10x o más, aunque esto suele ser difícil de conseguir en sistemas mecánicos.)

2.3.2.- Diseño Flexión Totalmente Alternante con Torsión Uniforme

El método ASME ha publicado una norma ANSI/ASME para el diseño de flechas de transmisión, identificada como B106.1M-1985. Esta norma presenta un procedimiento simplificado para el diseño de las flechas. El procedimiento ASME supone que la carga es a flexión totalmente alternante (con componente

medio a flexión igual a cero) y un par de torsión uniforme (con componente al par de torsión alternante igual a cero) a un nivel tal que genere esfuerzos por debajo del límite de fluencia elástico a torsión del material. La deducción de la ecuación de la flecha ASME es como sigue.

Empezando con la relación para la envolvente de fallas.

$$\left(\frac{\sigma_a}{S_E}\right)^2 + \left(\frac{\tau_M}{S_{YS}}\right)^2 = 1 \quad (1)$$

Se introduce un factor de seguridad N_f .

$$\left(N_f \frac{\sigma_a}{S_E}\right)^2 + \left(N_f \frac{\tau_m}{S_{YS}}\right)^2 = 1 \quad (2)$$

Recordando la razón de Von Mises para S_{ys} .

$$S_{ys} = \frac{S_s}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

Y reemplazándola en la ecuación 2.

$$\left(N_f \frac{\sigma_a}{S_e}\right)^2 + \left(N_f \sqrt{3} \frac{\tau_m}{S_y}\right)^2 = 1 \quad (4)$$

Sustituyendo las expresiones σ_a y τ_M .

$$\left[\left(K_f \frac{32M_a}{\pi d^3}\right)\left(\frac{N_f}{S_e}\right)\right]^2 + \left[\left(K_{fsm} \frac{16T_m}{\pi d^3}\right)\left(\frac{N_f \sqrt{3}}{S_y}\right)\right]^2 = 1 \quad (5)$$

Que se puede reorganizar para resolverla en función del diámetro de la flecha, de manera que:

$$d = \left\{ \frac{32N_f}{\pi} \left[\left(K_f \frac{M_a}{S_f}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(K_{fsm} \frac{T_m}{S_y}\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

La norma utiliza el procedimiento de reducir la resistencia a la fatiga S_f según el factor de concentración de esfuerzos por fatiga K_f , en vez de recurrir a K_f como un elevador de esfuerzos. También, el estándar ASME supone que la concentración de esfuerzos para el esfuerzo medio K_{fsm} es igual a uno en todos los casos, lo que nos proporciona:

$$d = \left\{ \frac{32N_f}{\pi} \left[\left(K_f \frac{M_a}{S_f} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

Si en algún caso dado cualquiera de los componentes de la carga se suponen iguales a cero, el estándar ASME da resultados que no son conservadores. En esta situación, deberá aplicarse el procedimiento más general de la ecuación 10.

2.3.3.-Diseño para Flexión Fluctuante y una Torsión Fluctuante

Cuando el par de torsión no es constante, su componente alternante creara un estado de esfuerzos multiaxial complejo en la flecha. Una flecha en rotación a flexión y torsión combinadas tiene un estado de esfuerzos biaxial, lo que permite que se aplique la versión en dos dimensiones.

$$\begin{aligned} \sigma_a &= \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_a^2} \\ \sigma_m &= \sqrt{(\sigma_m + \sigma_{m_{axial}})^2 + 3\tau_m^2} \end{aligned} \quad (8)$$

Estos esfuerzos de Von Mises se pueden aplicar en un diagrama de Goodman modificado para un material seleccionado, a fin de conocer un factor de seguridad.

Para efecto de diseño, en aquellos casos en que la cantidad deseada a determinar sea el diámetro de la flecha, de la ecuación 8, requiere de una iteración, a fin de encontrar un valor para d dadas algunas cargas conocidas y

algunas propiedades supuestas de un material. Si se supone un caso de falla particular para el diagrama de Goodman modificado, se pueden manejar las ecuaciones hasta llegar a una de diseño para el diámetro d de la flecha en la sección de interés. El factor de seguridad, según queda definido.

$$\frac{1}{N_f} = \frac{\sigma_a}{S_f} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} \quad (9)$$

Donde N_f es el factor de seguridad deseado, S_f es la resistencia a la fatiga, corregida en el ciclo de vida seleccionado y S_{ut} es la resistencia máxima a tensión del material.

También ahora suponemos que la carga axial sobre la flecha es cero, y sustituimos las ecuaciones.

$$d = \left\{ \frac{32N_f}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(k_f M_a)^2 + \frac{3}{4}(k_{fs} T_a)^2}}{S_f} + \frac{\sqrt{(k_{fm} M_m)^2 + \frac{3}{4}(k_{fsm} T_m)^2}}{S_{ut}} \right] \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (10)$$

Que sirve como ecuación de diseño para determinar un diámetro de flecha para cualquier combinación de cargas a flexión y a torsión, con las suposiciones de una carga axial cero y de una relación constante entre los valores alternantes y medio de la carga a lo largo del tiempo.

2.4.- Diseño de Engranés Rectos

El diseño de engranes por lo general requiere de alguna iteración (Norton, 1999).

Por lo general, estarán definidas la razón de engranes y bien la potencia y la velocidad, o el par de torsión y la velocidad de unas de las flechas. Los parámetros que quedan a determinar son los diámetros de paso del piñón y del

engrane, el paso diametral, el ancho de la cara, los materiales y los factores de seguridad. Deberán tomarse algunas decisiones de diseño en relación con la precisión de acoplamiento que se requiera, el número de ciclos, el ángulo de presión, la forma del diente (estándar o de cabeza larga), el método de manufactura del engrane (en lo que se refiere a consideraciones de terminado superficial), el rango de temperatura de operación y la confiabilidad deseada. Por lo menos una información preliminar sobre estos factores, puede iniciar el proceso de diseño.

Para resumir, necesitaremos calcular factores de seguridad tanto para fallas por fatiga a flexión como por fatiga superficial. Estas se investigan en cualquier orden, pero una mejor estrategia es calcular primero los esfuerzos a flexión, porque el aumentar la dureza superficial del material tiene un mayor efecto sobre la vida al desgaste que sobre la resistencia a flexión. Por lo que si el material seleccionado sobrevive los esfuerzos a flexión, es posible ajustar su dureza para mejorar su vida al desgaste, sin tener que hacer ningún otro cambio en el diseño. También, el aumentar tamaño del diente tiene un efecto más importante a la resistencia a flexión que sobre la vida al desgaste, y en los cálculos el tamaño del diente es la variable principal.

Antes de llevar a cabo cualquier cálculo de esfuerzos, deben determinarse las cargas. Se puede determinar la carga tangencial sobre los dientes del engrane a partir del par torsión conocido sobre la flecha y un radio de paso supuesto para su piñón o para su engrane. Advierta que un radio de paso más grande reduce la carga en el diente, pero incrementa la velocidad en la línea de paso. Deberá llegarse a un punto medio razonable entre estos factores. También, un radio de paso demasiado pequeño llega a dar como resultado un piñón con demasiados pocos dientes, que no pueda evitar interferencias, dependiendo del paso diametral o del modulo seleccionado. Una vez seleccionado un paso diametral de prueba, sirve como primera elección el diámetro más pequeño de piñón aceptable, a fin de mantener reducido el tamaño de todo el paquete. El primer intento deberá hacerse con un diente estándar para mantener bajos los

costos. Si el diseño necesita ser menor a lo que puede permitir un diente estándar, se podrá investigar una forma con cabeza larga.

Dado que la resistencia a flexión del diente del engrane esta directamente relacionado con el tamaño del diente, según quedó definido por su paso diametral o su modulo, un punto común de inicio para el calculo de los esfuerzos es suponer valores para un paso diametral o modulo, y también para el ancho de la cara, y a continuación, resolver el esfuerzo a flexión.

2.4.1.- Procedimiento para el Diseño de Engranos Rectos

Antes de ilustrar el procedimiento se hace algunas observaciones generales (Juvinal, 1991).

1. En términos de la resistencia a la fatiga de la superficie es muy conveniente aumentar la dureza de ésta, en los engranes de acero.
2. Al aumentar la dureza del acero también se aumenta la resistencia a la fatiga de flexión, pero el aumento es mucho menor. Por ejemplo, al duplicar la dureza es probable que no se duplique el límite básico de resistencia a la fatiga, S_n . Además, duplicar la dureza reduce en forma substancial C_s . Un factor adicional en el caso de engranes con superficies endurecidas es que la capa endurecida puede aumentar en forma efectiva la resistencia de la superficie a la fatiga y, sin embargo, tener poca profundidad como para contribuir a la resistencia a la fatiga de flexión.
3. Al aumentar el tamaño del diente se incrementa la resistencia a la flexión más que la resistencia en la superficie. Este hecho, junto con los puntos anteriores, se correlacionan con la observación de que a) hay equilibrio entre las resistencias a la flexión y de la superficie en la región de P , para engranes de acero con alta dureza (arriba de 500 BHN ó 50 R_C), fallando

los dientes más gruesos por fatiga de flexión y los dientes mas finos por fatiga de la superficie, y b) en dientes de acero progresivamente mas suaves, la fatiga en la superficie se vuelve mas critica con pasos cada vez mas finos. Otros materiales tienen propiedades que proporcionan diferentes características de resistencia a los dientes de engranes.

4. En general mientras mas duros sean los engranes mas costosa será su manufactura. Por otra parte, los engranes duros pueden ser más pequeños y aun así realizar el mismo trabajo. Si los engranes son más pequeños, el alojamiento y otras partes también pueden ser más pequeñas y livianas. Además, si los engranes son pequeños, las velocidades de las líneas de paso son mas bajas, y esto reduce la carga dinámica y las velocidades de rozamiento. Por lo tanto, el costo global con frecuencia se puede reducir usando engranes mas duros.
5. Si se desean engranes de tamaño mínimo, es mejor, en general, principiar por la elección del numero mínimo aceptable de dientes para el piñón, y luego se calcula el paso requerido.

2.4.2.- Procedimiento de Diseño

Diseñar, usando un sistema estándar de engranes, un par de engranes rectos que conecten un motor (numero de hp y rpm) a un eje de carga (rpm). La carga de choque para el motor y la maquina impulsada es (insignificante). La distancia entre centros debe ser tan pequeña como sea razonablemente posible. Se desea una vida (numero de años) de operación con h/año (numero de horas/año). La posibilidad de falla durante los X años no debe exceder el 10 por ciento.

1. Para la distancia entre centros, se deben seleccionar engranes endurecidos que corresponden a la curva para engranes rectos del

apéndice B Fig., 2.1. Establecer una dureza de superficie de 660 BHN y 600 BHN para piñón y engrane, respectivamente.

2. Para estas durezas (que son demasiado altas para el maquinado normal), especificar un acabado esmerilado, y precisión de manufactura que corresponda al promedio de las curvas A y B en el apéndice B Fig., 2.2.
3. Escoger la forma más común de dientes con perfil envolvente.
4. Vida total requerida (Vtr).

$$Vtr = \left[\left(\frac{rev}{min} (motor) \times 60 \frac{min}{hora} \right) \times \left(\frac{horas-operación}{Año} \right) \right] \times (numeros-año-vida) =$$

Revoluciones del piñón. Solo 2.16×10^8 ciclos están a potencia plena. En la curva de engrane recto del apéndice B, se observa que si los esfuerzos para 2×10^8 ciclos de potencia plena están sobre la curva, los esfuerzos para la potencia al 50 % pueden corresponder a tal vez una vida de 10^{10} ciclos. Considerando la regla de Palmaren – Miner del daño acumulativo, y reconociendo la naturaleza aproximada de la solución, es justificado diseñar solo para ciclos de carga plana e ignorar los ciclos de media carga.

5. Para distancia mínima entre centros (es decir, diámetros mínimos de engranes), se escoge provisionalmente el ancho, b , al máximo del alcance normal, $14/P$.
6. Anticipando que la fatiga en la superficie tiene mas probabilidad de ser critica que la fatiga de flexión, se calcula el valor de P que balanceara σ_H y S_H con un pequeño factor de seguridad, F. S.,

$$\sigma_H \sqrt{F.S.} = S_H$$

$$C_P \sqrt{\frac{F_1(F.S.)}{bd_p I}} K_V K_O K_m = S_{je} C_{Li} C_R \quad (11)$$

Se requieren solo algunos cálculos auxiliares.

$$V = \pi d_p (\text{rpm motor})/12 = ((\pi x \text{rpm})/12)d_p = ((\pi x \text{rpm})/12)(18/P)$$

$K_v \approx (1.4)$ ésta estimación aproximada del apéndice B, Fig. 2.2 que debe confirmarse o modificarse después que se determina P.

$K_m = 1.3$ (debe aumentarse sí b resulta > 2 pulg)

$F_1 = \text{hp (motor)} (33\ 000)/V = (\text{hp (motor)} (33\ 000)/V) P.$

$I = ((\sin \alpha^\circ \cos \alpha^\circ)/2)(4/5) = S_{fe}C_{Li}C_R = (\text{lb/pulg}^2)$ directamente del apéndice B Fig. 2.2

Substituyendo los valores:

$$C_P \sqrt{\frac{(\text{hp (motor)} (33\ 000)/V) P (F.S.)}{bd_p I}} K_V K_O K_m = S_{fe} C_{Li} C_R \quad (12)$$

Por lo que

P = Cierta valor

7. En forma provisional se escoge un paso estándar de P, se calcula el valor correspondiente de V, se afina la estimación de K_v , se calcula el valor de b requerido para balancear σ_H y S_H .

$$V = \frac{\pi d_p n_p}{12} \text{ pies/min.} \quad (13)$$

Del apéndice B Fig. 2.2, $K_v =$ (se obtiene el valor calculado V y se substituye en la ecuación 14).

$$C_P \sqrt{\frac{F_1 (F.S.)}{bd_p I}} K_V K_O K_m = S_{fe} C_{Li} C_R \quad (14)$$

Por lo cual b = pulg (para este valor de b, $K_m =$ debe ser satisfactorio. Asimismo, observar que se mantenga entre 14/P).

8. Verificar la razón de contacto, usando la ecuación

$$R.C. = \frac{\sqrt{r_{ap}^2 - r_{bp}^2} + \sqrt{r_{ag}^2 - r_{bg}^2} - x \sin \phi}{P_b}.$$

Los radios de paso r_p, r_g .

Altura del diente adicional = 1/P: r_{op}, r_{og} .

Distancia entre centros, $C = r_p + r_g$.

Por medio de la ecuación $(d_p = d \cos \phi, r_b = r \cos \phi, p_b = p \cos \phi)$ r_{bp}, r_{gb} .

Por medio de la ecuación $P_b = \pi d_b / N$ P_b

Substituyendo en la ecuación da $R.C. = \frac{\sqrt{r_{ap}^2 - r_{bp}^2} + \sqrt{r_{ag}^2 - r_{bg}^2} - x \operatorname{sen} \phi}{P_b}$, R.C. =

9. Tomar las medidas necesarias para lograr una resistencia adecuada a la fatiga de flexión. Las consideraciones detalladas de la fatiga a flexión en dientes de engranes con la superficie endurecida implica analizar los esfuerzos y gradientes de resistencia. Ya que no hay problemas en satisfacer este requisito, se supone conservadoramente que la resistencia a la fatiga del material interno debe ser igual a los esfuerzos de fatiga de flexión en la superficie:

$$S_n' C_L C_G C_S k_r k_t k_{ms} = \frac{F_t P}{b J} K_v K_o K_m \quad (15)$$

La precisión de manufactura implicada está en un "área indefinida" en lo que toca a compartir la carga. Cuando menos habrá probabilidad de compartir parcialmente la carga, lo que amerita un valor de J cuando menos intermedio entre las curvas de compartir y no compartir. Pero en forma conservadora se supone que no se comparte la carga, si es fácil proporcionar resistencia adecuada a la fatiga para esta posibilidad, no hay necesidad de considerar este punto. Al escoger C_S , recuérdese que se está considerando la resistencia a la fatiga bajo la superficie, donde no interviene la rugosidad de la superficie:

$$S_n' C_L C_G C_S k_r k_t k_{ms} = \frac{F_t P}{b J} K_v K_o K_m \quad (16)$$

Por lo cual $S_n' = \text{lb/pulg}^2$, que requiere una dureza de BHN, un valor que se lograra o hasta se sobrepasara con cualquier acero seleccionado para cumplir el requisito de superficie con capa endurecida.

10. En resumen, el diseño tentativamente propuesto implica dientes de números grados, altura completa, manufactura de precisión con acabado rectificado (entre las curvas A y B del apéndice B Fig. 2.2) de acero con capa endurecida, dureza de superficie de (660) a (660) BHN para el piñón y el engrane, respectivamente, y con una dureza interior de cuando menos (126) BHN. De acuerdo con la práctica se especificara el procedimiento para endurecer la capa de tal manera que deje esfuerzos residuales a la compresión en las superficies. $P, N_p, N_g, b, (D_p, D_g, C)$.

2.5.- Diseño de Resortes Helicoidales

El diseño de un resorte nuevo comprende las siguientes consideraciones:

- El espacio en el que debe adaptarse y operar.
- Valor de las fuerzas y las deflexiones que se producirán.
- Precisión y confiabilidad necesarias.
- Tolerancias y variaciones permisibles de las especificaciones.
- Condiciones ambientales, como temperatura y ambiente corrosivo.
- Costos y cantidades que se necesitan.

El diseñador utiliza estos factores a fin de seleccionar y especificar los valores adecuados para el tamaño de alambre, el número de espiras el diámetro y la longitud libre, el tipo de extremos y el modulo de resortes necesarios para satisfacer los requisitos de fuerza y alargamiento de trabajo (Faires, 1999).

Para su diseño se requiere los siguientes datos

- G: Modulo de rigidez.
- L_0 : Longitud libre.
- D: Diámetro de paso.

→ Y: Deformación.

→ n o Na: Números de espiras.

→ F: Fuerza a la que estará sometida.

Constante elástica:

$$K = \frac{F}{y} \quad (17)$$

D: Diámetro del alambre para el resorte.

$$y = \frac{8FD^3n}{d^4G} \quad (18)$$

Despejando tenemos:

$$d = \sqrt[4]{\frac{8FD^3n}{yG}} \quad (19)$$

C: Índice del resorte.

$$C = \frac{D}{d} \quad (20)$$

ξ : Esfuerzo cortante en el resorte.

$$\xi = K \frac{8FD}{d^3} \quad (21)$$

$$k = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} \quad (22)$$

Fcr: Carga axial crítica o pandeo.

$$F_{cr} = KL_oK_L \quad (23)$$

$$K_L = \frac{L_o}{D} \quad (24)$$

Nt: Números de espiras totales.

$$Nt = Na + 2 \quad (25)$$

Ls: Longitud cerrada.

$$L_s = dNt \quad (26)$$

p: Paso.

$$p = \frac{(L_o 2d)}{Na} \quad (27)$$

Las ecuaciones son indispensables en el diseño de resortes, para el trabajo, al que estará sometido.

2.6.- Factores en la Selección de Motor

Como mínimo, para los motores es necesario especificar los aspectos siguientes (Mott, 1992).

- Tipo de motor: de CD, CA, monofásico, trifásico y demás.
- Especificación de potencia y velocidad.
- Voltaje y frecuencia de operación.
- Tipo de carcasa
- Tamaño de armazón.
- Detalles relativos al montaje.

Además, es probable que existan necesidades especiales que deben ser comunicadas al vendedor. Los factores principales a tomar en cuenta al seleccionar un motor incluyen los siguientes:

- Torque de operación, velocidad de operación y especificación de potencia.
- Torque de arranque.
- Variaciones de carga que se esperan y variaciones de velocidad correspondientes que pueden tolerarse.

- Limitaciones de la corriente durante las fases de arranque y funcionamiento.
- Ciclo de trabajo, que tan frecuente hay que encender y apagar el motor.
- Factores ambientales: temperatura, presencia de atmósferas corrosivas o explosivas, exposición al clima o a líquidos, disponibilidad de aire para enfriar y demás.
- Variaciones de voltaje que se esperan: casi todos los motores toleraran hasta $\pm 10\%$ de variación respecto al voltaje que se especifica. Más allá de este, se requieren diseños especiales.
- Cargas a las que se someten las flechas: en particular cargas laterales y cargas de empujes susceptibles de afectar la vida de los cojinetes de las flechas.

2.6.1.- Clasificación de Tamaño de Motores

Para agrupar motores cuyo tamaño es similar se emplea una clasificación general que se basa en el tamaño. Se suele utilizar el caballaje (hp), y a veces se utiliza la unidad métrica de watts o kilowatts. La conversión es:

$$\text{hp} = 0.746 \text{ kw} = 746 \text{ w}$$

Las clasificaciones se indican enseguida:

- Caballaje subfraccional: 1 a 40 mili caballos (mhp) donde $1\text{mhp} = 0.001\text{hp}$, por tanto, este rango incluye 0.001 a 0.040 hp (0.75 W a 30 W, aproximadamente).
- Caballaje fraccional: $\frac{1}{2}$ a 1.0 hp (37 W a 746 W aproximadamente).
- Caballaje integral: 1.0 hp (0.75 Kw.) y mayores.

2.7.- Impulsores de Banda en V

Las observaciones importantes que se derivan de una disposición de este tipo se resumen a continuación.

1. La polea, con una ranura circunferencial sobre la que se apoya la banda, se denomina polea acanalada.
2. El tamaño de una polea acanalada se indica mediante su diámetro de paso, poco más pequeño que el diámetro exterior de la polea.
3. La relación de velocidad entre la polea acanalada impulsora y la que es impulsada es inversamente proporcional a la relación entre los diámetros de paso de las poleas. Esto se deriva de la observación de que no existe deslizamiento, bajo cargas normales. Por consiguiente la velocidad lineal de la línea de paso de ambas poleas acanaladas es la misma e igual a la velocidad de la banda, v_b .

$$v_b = R_1\omega_1 = R_2\omega_2 \quad (28)$$

No obstante, $R_1 = D_1/2$ y $R_2 = D_2/2$. Así

$$v_b = \frac{D_1\omega_1}{2} = \frac{D_2\omega_2}{2} \quad (29)$$

La relación de velocidad angular es:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (30)$$

4. Las relaciones entre longitudes de paso L , distancia central C , y los diámetros de las poleas son:

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 + D_1)^2}{4C} \quad (31)$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16}$$

Donde $B = 4L - 6.28(D_2 + D_1)$.

5. El ángulo de contacto de la banda en cada polea acanalada es:

$$\begin{aligned}\theta_1 &= 180^\circ - 2\text{sen}^{-1}\left[\frac{D_2 - D_1}{2C}\right] \\ \theta_2 &= 180^\circ + 2\text{sen}^{-1}\left[\frac{D_2 - D_1}{2C}\right]\end{aligned}\quad (32)$$

Los ángulos son importantes porque las bandas disponibles en el mercado se especifican con un ángulo de contacto supuesto de 180° . Esto ocurrirá sólo si la relación de impulso es 1 (no hay cambio de velocidad). El ángulo de contacto de la más pequeña de las dos poleas acanaladas será siempre menor de 180° , lo que exige una menor especificación en cuanto a potencia.

6. La longitud del espacio libre entre las dos poleas acanaladas, a lo largo del cual la banda no tiene apoyo alguno, es:

$$S = \sqrt{C^2 - \left[\frac{D_2 - D_1}{2}\right]^2}\quad (33)$$

Esto es importante por dos razones. La tensión adecuada en la banda puede verificarse midiendo la cantidad de fuerza que se requiere para tensionar la banda a la mitad del espacio libre en una cantidad específica. A su vez, la tendencia de la banda a vibrar o chicotear depende de esta longitud.

7. Los factores que contribuyen a que se genere tensión en la banda son:
- La fuerza de tracción en la banda, que alcanza su máxima magnitud en el lado tensionado de la banda.
 - La flexión de la banda alrededor de las poleas acanaladas, alcanza su magnitud máxima conforme el lado tensionado de la banda se flexiona alrededor de la polea más pequeña.
 - Fuerzas centrífugas que se generan a medida que la banda se desplaza alrededor de las poleas.

La tensión máxima total se genera cuando la banda entra en la polea más pequeña y la tensión por esfuerzos de flexión es una gran parte de esa tensión. Por consiguiente existen diámetros mínimos de poleas acanaladas que se recomiendan para bandas estándar. Al utilizar poleas acanaladas más pequeñas se reduce en forma radical la vida útil de la banda.

8. El valor de diseño de la relación de la tensión del lado tensionado con la tensión del lado flojo es de 5.0 para impulsores de banda en V, el valor real puede ser tan alto como 10.0.

2.7.1.- Diseño de Impulsores de Banda en V

Factores que influyen en la selección de una banda en "V" y así como en la poleas impulsora. Los datos fundamentales que se requieren para la selección de impulsores se proporcionan a continuación:

- La potencia específica del motor impulsor o de otra planta motriz importante.
- El factor de servicio con base en el tipo de impulsor y carga que es impulsada.
- La distancia central.
- La especificación de potencia para una banda como función del tamaño y de la velocidad de la polea acanalada más pequeña.
- La longitud de la banda.
- El tamaño de la polea impulsora y de la que es impulsada.
- El factor de corrección para la longitud de la banda.
- El factor de corrección para el ángulo envolvente en la polea acanalada más pequeña.

Muchas decisiones de diseño dependen del uso y de restricciones en cuanto a espacio. Enseguida se explican algunos parámetros.

- El ajuste relativo a la distancia central debe darse en ambos sentidos a partir del valor nominal. La distancia central debe reducirse al momento de la instalación para permitir que la banda sea colocada en las ranuras de las poleas acanaladas sin esfuerzo alguno. Deben tomarse provisiones para incrementar la distancia central y así permitir que se tensione desde un principio el impulsor y se considere el encogimiento o contracción de la banda. Los catálogos de los fabricantes proporcionan la información pertinente. Un método conveniente para obtener el ajuste consiste en utilizar una unidad de compensación.
- Si se requieren centros fijos, tendrán que utilizarse poleas tensoras o muertas. Es mejor usar una polea tensora o muerta acanalada en la parte interna de la banda, cerca de la polea grande. En el mercado están disponibles tensores ajustables para que soporten la polea muerta o tensora.
- El rango nominal de distancias centrales debe ser:

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1) \quad (D_2, D_1, \text{ son diámetro de paso}) \quad (34)$$
- El ángulo de la envolvente en la polea más pequeña debe ser mayor que 120°.
- Casi todas las poleas acanaladas disponibles en el mercado son de hierro fundido, las cuales deben limitarse a una velocidad de banda de 6,500 pies / minuto.
- Si la velocidad es menor que 1,000 pies / minuto, considere un tipo alternativo de impulsor, como uno tipo de engrane o de cadena.
- Evite temperaturas altas alrededor de las bandas.
- Asegurase de que las flechas o ejes que soportan poleas acanaladas que se enlazan sean paralelas y de que las poleas

acanaladas estén alineadas de manera que las bandas se inserten con suavidad en las ranuras.

- En instalaciones en que se utilizan bandas múltiples se necesita que las bandas coincidan en ellas impresas un número 50 indica una longitud de banda que se aproxima mucho a la nominal. Las bandas mas largas llevan números por arriba de 50 que coinciden; las bandas mas cortas tienen número por debajo de esta cifra.
- Las bandas deben instalarse con la tensión inicial que recomienda el fabricante. Es necesario verificar la tensión una vez que hayan transcurrido las primeras horas de operación debido a que se presentan asentamientos y contracción inicial.

2.7.2.- Diseño de Banda en V

Diseñe un impulsor de banda en V que tiene la polea acanalada de entrada en la flecha de un motor eléctrico (especificar el tipo de torque) especificado a número de hp a una velocidad de número rpm con carga total. El impulsor debe ser (especificar que trabajo realizará), números de horas diarias a utilizar y rpm aproximado.

Cálculo.

1. Se calcula la potencia de diseño, a partir del apéndice B tabla 1, para un motor eléctrico (especificar tipo de torque), que funciona X horas al día impulsando (\dot{c}), el factor de servicio es X. Así, la potencia de diseño es (F. de servicio) (hp del motor) = X hp.
2. Selección de la sección de banda, a partir del apéndice B Fig., 2.3.
3. Calcule la relación nominal de velocidad.

Relación = Velocidad de entrada / rpm aproximados (adimensional).

4. Calcule el tamaño de la polea acanalada impulsora que generara una velocidad de banda, v_b pies/minuto, como parámetro para seleccionar una polea acanalada estándar.

$$\text{Velocidad de la banda} = v_b = \pi D_1 n_1 / 12 \text{ pies/min.}$$

Así el diámetro que se requiere para proporcionar $v_b =$ pies/minuto, es:

$$D_1 = \frac{12v_b}{\pi n_1} \quad (35)$$

5. Seleccione tamaños para realizar pruebas para la polea acanalada de entrada, calcule el tamaño que se desea y tenga la polea acanalada de salida. Seleccione un tamaño estándar para la polea acanalada de salida y calcule la relación igual que la velocidad de salida.
6. Determine la potencia específica a partir del apéndice B Fig., 2.4, 2.5, 2.6.
7. Especifique una distancia central para realizar pruebas.

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1) \quad (36)$$

8. Calcule la longitud de banda que se necesita.

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 + D_1)^2}{4C} \quad (37)$$

9. Calcule la distancia central real resultante.

$$B = 4L - 6.28(D_2 + D_1). \quad (38)$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16} \quad (39)$$

10. Calcule el ángulo de la envolvente de la banda en la polea acanalada más pequeña.

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \text{sen}^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right] \quad (40)$$

11. Calcule los factores de corrección a partir del apéndice B Fig., 2.7, 2.8.

Para θ , C_0 , L , C_L .

12. Calcule la potencia específica corregida por banda y el número de bandas que se necesitan para transmitir la potencia de diseño.

Potencia corregida = $C_\theta C_L P$.

Numero de bandas = potencia de diseño / potencia corregida.

Resumen de diseño.

Entrada: motor (tipo): # hp, # rpm.

Factor de servicio:

Potencia de diseño:

Banda:

Poleas acanaladas: impulsora: No. diámetro de paso, No. ranuras, (3V, 5V, etc.); impulsada: No. de diámetro de paso, No. de ranuras, (3V, 5V, etc.).

Velocidad actual de salida real: No. rpm.

Distancia central: (pulg.)

2.8.- Diseño de Impulsores de Cadena

La especificación de la cadena en relación a su capacidad para transmitir potencia considera tres modos de falla: fatiga de las placas de los eslabones por aplicación sucesiva de la tensión en el lado flojo de la cadena; impacto en los rodamientos conforme se enlazan con los dientes de la rueda dentada y raspaduras entre los pernos de cada eslabón y los bujes en los pernos.

Las especificaciones se basan en datos empíricos con un impulsor suave y una carga suave (factor de servicio = 1.0) y una vida útil específica de 15,000 horas aproximadamente. Las variables importantes son el paso de la cadena y el tamaño y la velocidad de giro de la rueda dentada más pequeña. La lubricación es de fundamental importancia para la operación satisfactoria de un impulsor de

cadena. Los fabricantes recomiendan el tipo de método de lubricación para combinaciones particulares de tamaño de cadena, tamaño de rueda dentada y velocidad.

El apéndice B tabla 2, enumera la potencia especificada para cadena estándar: número 40 (1/2"). Esto es común en el tipo de información disponible para todos los tamaños de cadenas en los catálogos de fabricantes.

Observe estas características de los datos:

1. Las especificaciones se basan en la velocidad de la rueda dentada más pequeña.
2. Para una velocidad en particular, la capacidad de potencia se incrementa con el número de dientes en la rueda dentada. Desde luego, cuanto mayor sea el número de dientes más grande será el diámetro de la rueda dentada. Debe observarse que el uso de una cadena con un paso pequeño de una rueda dentada de gran tamaño genera un impulso más silencioso.
3. Para un tamaño particular de rueda dentada, un número específico de dientes, la capacidad de potencia se incrementa en función del incremento de la velocidad hasta un punto; después, disminuye. La fatiga que se debe a la tensión en la cadena que gire a velocidades entre bajas y moderadas; el impacto sobre las ruedas dentadas predominan a velocidades más altas. A cada tamaño de rueda dentada corresponde un límite superior absoluto de velocidad que se debe a la presencia de raspaduras entre los pernos y los bujes de la cadena. Esto explica la caída súbita de capacidad de potencia hasta cero a la velocidad límite.
4. Las especificaciones corresponden a un solo tramo de cadena. Si bien tramos múltiples incrementan la capacidad de potencia, no proporcionan un múltiplo directo de la capacidad de un solo tramo. Multiplique la capacidad en la tabla 2 del apéndice B, por los factores siguientes:

Dos tramos: factor = 1.7

Tres tramos: factor = 2.5

Cuatro tramos: factor =3.3

5. Las especificaciones son para un factor de servicio de 1.0, especifique un factor de servicio para un uso en particular de conformidad con la tabla 3, apéndice B.

2.8.1.- Parámetros de Diseño para Impulsores de Cadena

Las siguientes son recomendaciones generales para diseñar impulsores de cadena.

1. El número mínimo de dientes en una rueda dentada debe ser 17 a menos que el impulsor esté trabajando a una velocidad muy baja, menor de 100 hp.
2. La relación de velocidad máxima debe ser 7.0 aunque son factibles relaciones más altas. Se puede utilizar dos o más fases de reducción para obtener relaciones altas.
3. La distancia central entre ejes de la rueda dentada debe ser de entre 30 y 50 pasos aproximadamente (30 a 50 veces el paso de la cadena).
4. El arco de contacto de la cadena en la rueda dentada más pequeña no debe ser menor de 120° .
5. En condiciones normales, la rueda dentada más grande no debe tener menos de 120 dientes.
6. La disposición más favorecida para un impulsor de cadena es con la línea central de las ruedas dentadas horizontal y con el lado tensado en la parte superior.
7. La longitud de la cadena debe ser un múltiplo del paso, y se recomienda un número par de pasos. La distancia central debe hacerse ajustable para adaptar la longitud de la cadena y compensar tolerancias y desgaste. Un

juego excesivo en el lado flojo debe evitarse, sobre todo en impulsores horizontales. Una relación conveniente entre la distancia central (c), la longitud de la cadena (L), número de dientes en la rueda dentada pequeña (N_1) y número de dientes en la rueda dentada grande (N_2), expresada en pasos, es:

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

La distancia central teóricamente exacta para una longitud particular de cadena, de nuevo en pasos, es:

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right]$$

la distancia central teórica no supone juego ni el lado tensado ni en el lado flojo de la cadena y por consiguiente es un máximo. Se debe prever tolerancias o ajustes negativos.

8. El diámetro de paso de una rueda dentada con N dientes para una cadena con un paso p es:

$$D = \frac{p}{\text{sen}(180^\circ / N)}$$

9. El diámetro mínimo de rueda dentada y por tanto el número mínimo de dientes en una rueda dentada está, con frecuencia, limitado por el tamaño de la flecha en la que se monta. Verificar el catálogo de ruedas dentadas.

2.8.2.- Proceso de Diseño

Tipo de motor.

Tipo de impulsor.

Velocidad de entrada.

Velocidad de salida.

Hp que se requiere.

1. Especificar un factor de servicio y calcular la potencia de diseño, a partir del apéndice B tabla 3.

Potencia de diseño = (factor de servicio) (hp requeridos).

2. Calcular la relación que se desea.

Relación = velocidad de entrada / velocidad de salida.

3. Consultar la tabla correspondiente a capacidad de potencia apéndice B tabla 2, y seleccione el paso de la cadena. Una rueda dentada de # de dientes especificada con la potencia de diseño.

4. Calcule el numero de dientes que se requiere en la rueda dentada grande:

$$N_2 = N_1 \times \text{relación.} \quad (41)$$

5. Calcule la velocidad real de salida que se espera:

$$n_2 = n_1 (N_1/N_2) \quad (42)$$

n_1 : velocidad de entrada.

6. Calcule los diámetros de paso de las ruedas dentadas:

$$D_1 = \frac{P}{\text{sen}(180^\circ / N_1)}$$

$$D_2 = \frac{P}{\text{sen}(180^\circ / N_2)} \quad (43)$$

7. Especifique la distancia central nominal. Utilice la parte media del rango que se sugiere.

8. Calcule la longitud de cadena que se necesita en paso.

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C} \quad (44)$$

C = distancia central nominal.

9. Especifique un número entero de pasos para la longitud de la cadena y calcule la distancia central teórica real.

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right] \quad (45)$$

$C = \# \text{ pasos} = \# \text{ pasos} (0,75") = \#$.

10. Resumen de diseño.

Cadena: paso #.

Longitud: # de pasos = # de pasos (0.75) = #

Distancia central: C (máximo).

Ruedas dentadas: tramo, número dientes, número de paso.

Pequeña: número de dientes, número de paso.

Grande: número de dientes, número de paso.

Tipo de lubricación.

2.9.- Selección de Rodamientos

Un específico de rodamientos requiere seleccionar el tipo de cojinete, grado de precisión (usualmente ABEC 1), lubricante, cierre, (es decir, abierto, blindado o sellado), y capacidad básica de carga. Con frecuencia deben tomarse en cuenta consideraciones especiales, por ejemplo, si el cojinete soportará una carga pesada cuando no está girando, no se debe exceder su capacidad de carga estática (dada en los catálogos de los fabricantes de rodamiento). Por otro lado, las bolas o rodillos indentarán ligeramente los anillos (esto se llama "brinelado", debido a que la indentación asemeja las marcas producidas por un probador de dureza Brinell), causando ruido en la rotación subsecuente. (Si no hay objeción al ruido, la capacidad estática con frecuencia puede exceder en un factor que

llega hasta 3). Es interesante hacer notar que la indentación similar extremadamente ligera durante la rotación no es dañina porque deja lisas y anulares las superficies del anillo.

Otra consideración especial es la velocidad máxima. La restricción es en cuanto a velocidad lineal de la superficie y no por velocidad de rotación; por lo tanto, los rodamientos pequeños pueden operar a rpm más altas que los grandes. La lubricación de los cojinetes es especialmente importante en las aplicaciones de alta velocidad, siendo la mejor por rocío o aspersion fina de aceite. Esto proporciona la película de lubricantes necesaria y arrastra el calor de fricción con una mínima "perdida por agitación" dentro del mismo lubricante. En los rodamientos de bolas, los separadores no metálicos permiten las velocidades más altas. Los rodamientos de precisión de una sola hilera de bolas ABEC 1 con lubricación de rocío de aceite y separadores no metálicos, pueden correr a velocidades en la superficie del anillo interior hasta de 75 m/s con una vida de 3,000 horas mientras soportan 1/3 de la capacidad nominal de carga. Esto se traduce a un valor DN (diámetro del agujero en mm multiplicado por las rpm) cerca de 1.25×10^6 , con una lubricación de goteo o salpicadura de aceite esta cifra se reduce casi 1/3 y, para lubricación con grasa, a cerca de 2/3. Bajo condiciones más favorables, los rodamientos de rodillos pueden operar hasta un valor DN de cerca de 45,000. Para aplicaciones que impliquen velocidades de rotación extrema, es aconsejable consultar al fabricante del rodamiento.

Cuando se seleccionan rodamientos, debe tomarse en cuenta el desalineamiento posible, el sello y la lubricación. Si una parte esencial son las temperaturas extremas, debe consultarse al fabricante del rodamiento.

El tamaño de rodamiento que se seleccione para uso dado por lo común esta determinado por el tamaño del eje requerido (debido a la resistencia y rigidez) y por el espacio disponible. También, el rodamiento debe tener una capacidad nominal de carga suficientemente alta para proporcionar una combinación aceptable de vida y confiabilidad (Juvinal, 1991).

2.10.- Equipos en el Mercado

Estos son algunos de los equipos comerciales que se encuentran en el mercado y sus características:

Pulverizador Fritsch Laval Lab

Desglomerador de suelo.

Datos técnicos:

Máximo tamaño de partícula: 30 mm

Tamaño de partícula: < 2 mm (con separación de roca).

Aplicaciones: Preparación de muestras de suelo para análisis físico y químico (con aglomerados de partícula de 2 mm) de acuerdo con la norma Alemana DIN 19683.

Ejemplo para uso: Análisis de suelo.

Material de molienda disponible: Acero inoxidable.

<http://www.lavallab.com/eng/mill/frit-mill/p8-eng.htm>

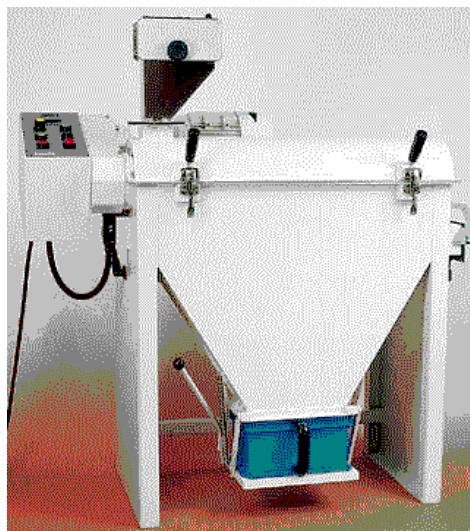


Fig. 2.2. Pulverizador Fritsch

DIK-2510 Instrumento Preparador de Muestras de Suelo, Tipo Molino de Tambor RK-4

Este instrumento prepara automáticamente una gran cantidad de suelo que tiene un diámetro de partícula específico.

Coloque las muestras y las barras trituradoras en los tambores perforados y rote.

El suelo triturado en el tambor cae de los orificios a el recipiente en forma de embudo.

Las rocas y raíces son retenidas en el tambor. Este tipo es capaz de tratar con cuatro tambores al mismo tiempo.

Tambor: 4 piezas de un diámetro de 180 x 250 mm de altura.

Diámetro de orificio: 2 mm, fabricado de acero inoxidable.

Barra trituradora: Diámetro mayor 50 x 180 mm de alto, 4 piezas. Diámetro menor: 25 x 180 mm de alto, fabricado de acero inoxidable.

Dimensiones externas: Ancho 1900, profundidad 650, alto 900 mm.

Peso: aproximado 180 kg.

Numero de revoluciones: 300 rpm.

Fuente de poder: AC100V, 50/60 Hz, 3.4 A.



Fig. 2.3. Pulverizador DIK 2510

DIK-2500 Instrumento Preparador de Muestras de Suelo, Tipo Molino de Tambor RK-2

Este instrumento prepara automáticamente una gran cantidad de suelo que tiene un componente único y diámetro de partícula específico.

Coloque las muestras y las barras trituradoras en los tambores perforados y rote.

El suelo triturado en el tambor cae de los orificios al recipiente en forma de embudo.

Las rocas y raíces son retenidas en el tambor. Este tipo es capaz de tratar con dos tambores al mismo tiempo.

Tambor: 2 piezas, de un diámetro de 180 x 250 mm de altura.

Diámetro de orificio: 2 mm, fabricado de acero inoxidable.

Barra trituradora: diámetro mayor 50 x 180 mm de alto, diámetro menor: 25 x 180 mm de alto, fabricado de acero inoxidable.

Dimensiones externas: Ancho 1020, profundidad 650, alto 900 mm.

Peso: Aproximado 120 kg.

Numero de revoluciones: 300 rpm.

Fuente de poder: AC100V, 50/60 Hz, 3 A.



Fig. 2.4. Pulverizador DIK 2500

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- Materiales

Para la construcción del Molino Preparador para Muestras de Suelo se utilizo los siguientes materiales.

Estructura o esqueleto. Material de PTR de 1 ¼" x 1 ¼" (SAE 1020) cedula 12, que sujetara los elementos que conforman la maquina basándonos en el apéndice "B" (propuesta original) para su dimensionamiento y unidas con soldadura 6013.

Moto-reductor. Sistema integrado. Motor: trifásico, ¾ de Hp, 208-230 /460 volts, 3.2-3 /1.5 A (amperes), 60 Hz de frecuencia; reductor: relación 15:1, torque de salida de 646 lb – pulg, con una velocidad de salida de 115 rpm. El equipo tiene como objetivo el de generar el par, reducir y transmitir este a los mecanismos con que cuenta la maquina preparadora para muestras de suelo.

Placa para base del Moto-reductor. Placa (SAE 1020) de ½" de espesor, de 8" x 8 ⅞", y 4 perforaciones de 3/8" para sujetar el moto reductor, los tornillos son de 3/8" de diámetro y 1" de longitud con sus respectivas guasas de presión, montada sobre la estructura del PTR en la parte media baja, unida con soldadura (Apéndice B, propuesta original).

Variador de frecuencia. MICROMASTER 420, Características: capacidad máxima 5 hp, trifásico 220 Volts, 0,12 kW - 11 kW.

Los pasos que se tienen que realizar para la utilización del equipo son los siguientes.

- Antes de realizar toda operación, se debe de consultar y leer el manual de operación del variador y conectar las líneas trifásicas cerciorándose que queden bien sujetas y tapar la parte de las líneas para evitar un accidente en el momento de su operación.
- Proseguir con las codificaciones e introducción de datos al equipo siguiendo el siguiente diagrama, figura 3.1.

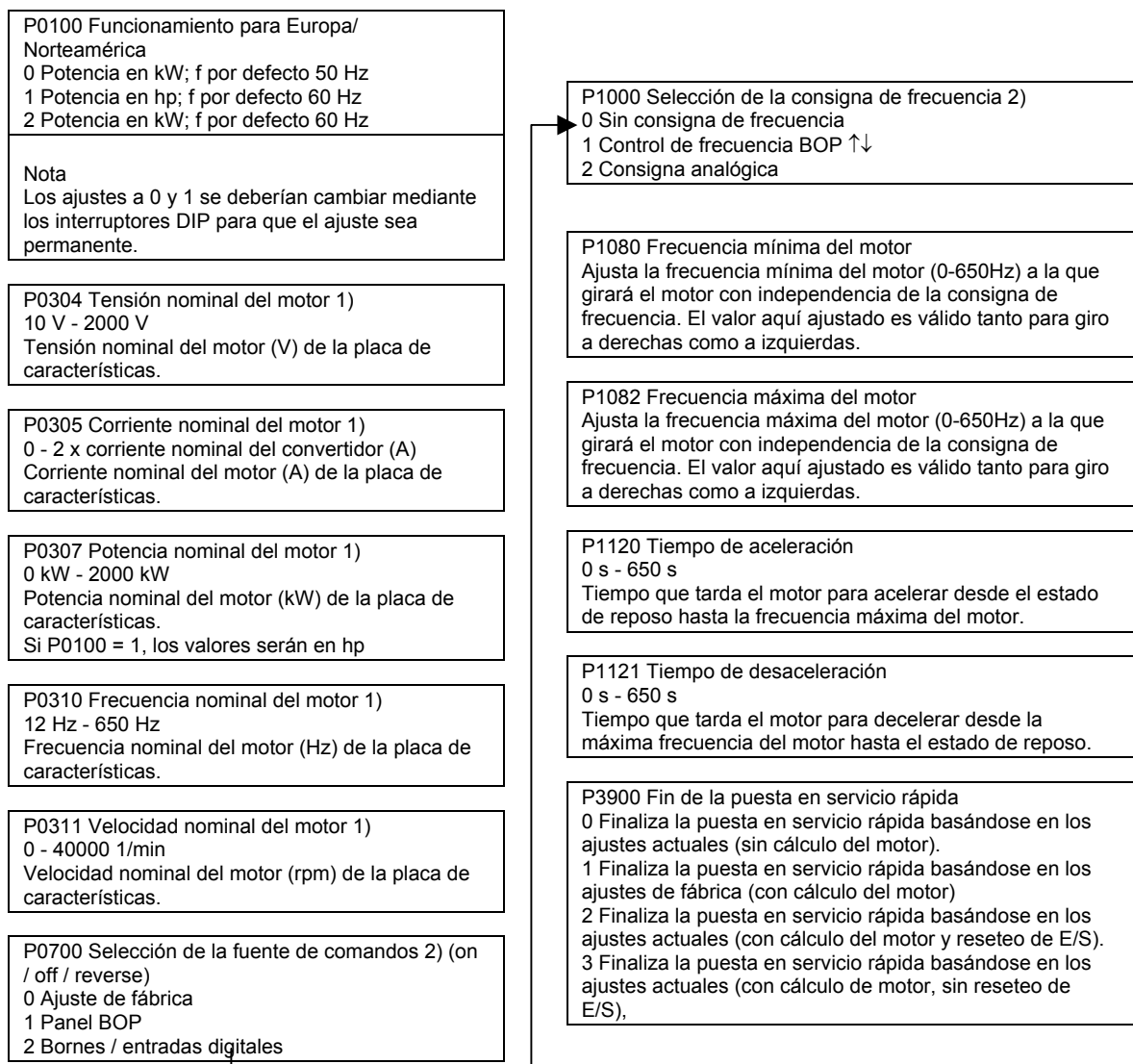


Fig. 3.1. Puesta en servicio del Variador.

Cadena. Paso 40, 3 metros de longitud, la longitud específica requerida se toma al momento de ensamblarse. Ayuda a transmitir la fuerza del Moto-reductor a los mecanismos del equipo (carga máxima 810 lb. (367.74 Kg.)), resistencia a la tensión final 4,290 lb. (1947.66 Kg.).

Seguros y medios seguros para cadena. Un elemento de cada uno, su función es la de unión de la cadena, para su colocación en los mecanismos.

Tolva de entrada. Fabricada de lamina galvanizada de calibre 18, con una capacidad de 334 in³, con una compuerta del mismo material en la parte inferior de la tolva, se fabrica de este material para evitar que la poca humedad que trajera la muestra pueda oxidar y contaminar con hierro la muestra de suelo y pueda afectar en los resultados del análisis, el elemento fue montado en la parte superior de la estructura, centrada y sujeta mediante una base construida de solera.

Rodillos. Dos elementos de Nylamid Tipo M, maquinados con 21 dientes con una profundidad de ¼”, con una longitud de 6” de cuerpo y dos flechas en los extremos de 1” de diámetro y una longitud de 2 7/8”; el siguiente rodillo con las mismas características antes descritas del cuerpo y con la diferencia que una flecha tiene una longitud de 1 ¾”, el elemento realizara la operación de desmenuzar (moler) el suelo cuando sea introducido por la tolva y darle acceso por la compuerta (Apéndice B). Este material presenta las siguientes características técnicas.

PROPIEDADES	NORMA ASTM	UNIDADES	TIPO DE NYLAMID
			M
DENSIDAD	D792	gr/cm ³	1.14
DUREZA SHORE-D			80-82
ABSORCIÓN AGUA: 24 hrs.	D570	%	0.60
HASTA SATURACIÓN		%máx	3
TEMPERATURA DE SERVICIO	D648	°C	100

COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA	D696	1/°C	100X10(-6)
RESISTENCIA A LA TENSIÓN	D638	kg/cm ²	720
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	D695	kg/cm ²	850
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	D790	kg/cm ²	1,200
RESISTENCIA AL IMPACTO	D256	kg- m/cm	8.0
ELONGACIÓN	D638	%	15-30
MODULO DE ELASTICIDAD	D638	kg/cm ²	24,000
COEFICIENTE FRICCIÓN SECO:			
ESTÁTICO			0.3 a 0.4
DINÁMICO			0.15 a 0.3

Cuadro 3.1. Propiedades del Nylamid M.

Sproket. Dos Elementos de 16 dientes de paso 40 con un cuerpo de 2” de diámetro; 1 elemento de 14 dientes de paso 40, con un diámetro de masa aproximado de 1 ½”, con barrenos respectivos de 1” de diámetro interno para flecha; con barreno para cuñero de ¼” x ¼” en todo lo largo del cuerpo en perforación interna y sus respectivas perforaciones de 3/16” para opresores en cada elemento. Los sproket se encuentran colocados en un extremo de la flecha de los rodillos, alineados con la flecha de la salida del reductor y tendrán como función el de transmitir el movimiento angular a todo el mecanismo mediante una cadena, tomándolo de la salida del moto-reductor, pasando por los dos rodillos empotrados, y éstos a su vez transmiten la fuerza a la flecha del excéntrico que dará movimiento a la zaranda (criba).

Bases fijas. Placa metálica (SAE 1020) de 3/16” de espesor y 3” x 7 ½” (Apéndice A) con una perforación central de 1 ½” de diámetro y un corte seccional en una de las laterales del diámetro perforado, dos perforaciones de 3/8” de diámetro a un ángulo de 22° en sentido horario, unida a una distancia de 5 9/16” de la parte interna de un costado de la estructura Fig. 1 Apéndice A, unida con soldadura 6013. , este elemento sujetara los rodillos desgrumadores de suelo y a su vez están sujetas de unas chumaceras de pared.

Chumaceras de pared. Dos elementos para flecha de 1" de diámetro, autoalineables, con opresores para la sujeción de la flecha, ellas soportarán la carga de los rodillos desgrumadores, cuando se encuentren operando (moliendo suelo).

Bases con guías (2 elementos). De solera (SAE 1020) de 3/16" de espesor, por 1" de ancho y 4 3/4" de largo; ángulo de 1" x 1" y 1/8" de espesor y 4 3/4" de largo, cuadrado de 1/4" x 1/4" y 4" 3/4" de largo, unidas con soldadura 6013 de 3/32 de diámetro (Apéndice A); el conjunto de estos elementos, harán que la base para rodamiento de bolas (balero) tenga un desplazamiento horizontal, cuando los desgrumadores se encuentren operando y sea introducido accidentalmente elementos extraño al equipo.

Base para rodamiento de bolas (balero, 2 elementos). De acero (SAE 1020) sólido de 2 5/16" cuadrado y 3/4" de espesor, con 2 perforaciones, el primero de 1 1/2" de diámetro y una altura de 1/8" y el siguiente de 2" de diámetro con una altura de 5/8", de la parte final hacia dentro a 1/16" se barrenó a un diámetro de 2 1/8" y una altura de 1/16" para un seguro de balero (Apéndice A); en este elemento se montó el balero para sujetar los mullidores y poder darle movimiento angular y lineal.

Rodamiento de bolas (2 elementos). Balero de 1" de diámetro interior para flecha, el componente tendrá como función el de soportar la carga que realice el rodillo en su trabajo.

Seguro para balero externo (2 elementos). De 2", este elemento se montó en la base para balero, para asegurar que el rodamiento no pueda tener desplazamiento lateral.

Seguro para flecha (2 elementos). De 1" de diámetro, tendrá como función el de asegurar la flecha del rodillo, para evitar el desplazamiento lateral

e impedir que se descentre, esto para evitar que la cadena pueda saltar o quebrarse.

Resortes (2 elementos). De $\frac{3}{4}$ " de diámetro interno, una longitud de 1", con diámetro del alambre de $\frac{3}{32}$ ". Este elemento se utiliza como sistema de seguridad de uno de los rodillos, cuando se encuentre operando y la muestra de suelo tenga material extraño (piedras, troncos, raíces, etc.) de tal manera que el rodillo pueda desplazarse horizontalmente venciendo la rigidez del resorte y retornando a su posición original de trabajo.

Poleas de aluminio. Un elemento de 3" de diámetro externo de Tipo "A" con diámetro interno para flecha de 1" y un barreno para cuñero de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ "; 1 elemento de 2" de diámetro externo de Tipo "A" y una perforación de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, barreno para cuñero de $\frac{3}{16}$ " (Apéndice A), estos elementos son los que transmiten el movimiento angular de 104 rpm a 160 rpm, mediante una banda de Tipo "A" 19.

Flecha del excéntrico. Flecha de $\frac{1}{2}$ " de diámetro (SAE 1020) con una longitud de $5\frac{7}{8}$ " (Apéndice A), el componente transmitirá la velocidad angular, siendo conducida por una polea a través de una banda tipo "A" siendo el conductor la flecha del desgrumador de 104 rpm aumentándolo a 160 rpm mediante la banda antes descrita.

Excéntrico (SAE 1020). De un diámetro mayor de $1\frac{15}{16}$ " del cuerpo mayor y $1\frac{3}{16}$ " del cuerpo menor con una longitud total de $13\frac{13}{16}$ ". En la parte frontal del área mayor se encuentran dos perforaciones de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{5}{16}$ " de profundidad, con cuerda para rosca estándar, en ángulos rectos a una distancia de $\frac{3}{16}$ " y $\frac{3}{8}$ " respectivamente (Apéndice "A"). Esto para variar el desplazamiento lineal de la zaranda.

Chumaceras de piso. Dos elementos para flecha de $\frac{1}{2}$ ", autoalineables, con opresores para la sujeción de la flecha. Soportaran la carga de la flecha

del excéntrico para dar movimiento a la zaranda, las chumaceras estarán sujetas con tornillo de $3/8"$ x $2 \frac{1}{2}"$ de largo, a la estructura en la parte inferior - izquierdo de la maquina.

Banda. Tipo A de 19". Este elemento tiene como función de transmitir la fuerza de la flecha del rodillo a la flecha del excéntrico, mediante un par de poleas.

Biela. Construida de solera (SAE 1020) de $3/4"$ x 4" de largo, de $3/16"$ de espesor (Apéndice "A") en los lados opuestos dos perforaciones una de $1/4"$ y la otra de $5/16"$ de diámetro como se indica en el apéndice "A". La biela tendrá un movimiento angular en uno de los extremos y el otro un desplazamiento lineal para dar movimiento a la criba.

Zaranda. Construido de ángulo de $1 \frac{1}{2}"$ x $1 \frac{1}{2}"$ y $1/8"$ de espesor que conforma el bastidor, solera $1/2"$ de ancho y $1/8"$ de espesor para la sujeción de la malla con tornillos de $3/16"$ x 1" de largo., malla de 2 mm (No. 22) rectangular de $6 \frac{1}{8}"$ x 10". El componente esta sujeta por cuatro péndulos en sus laterales unidas con tornillos especiales (tipo hombro) con tuercas de seguridad (Apéndice "A"), acoplado a la estructura de la maquina, permitiéndole tener el movimiento, para el cribado de la muestra, además cuenta con una inclinación de 5° con respecto a la horizontal, y cuyo propósito es desalojar el material mayor de 2 mm de diámetro y extraño al suelo.

Locos Tensor (2 elementos). Primer elemento maquinado de Nylamid tipo M, con una longitud total de $1 \frac{9}{16}"$ con un diámetro de 2", el espesor de las paredes de $5/16"$ en ambos extremos, y en la parte media de 1" y una longitud de $7/8"$, en el centro una perforación de $25/64"$ de diámetro para flecha de $3/8"$ de diámetro (con una holgura de $1/64"$). El segundo elemento de $1 \frac{1}{16}"$ de longitud total, con un diámetro de $1 \frac{1}{2}"$, con un espesor de $3/16"$ de pared, el cuerpo de $7/8"$ y $11/16"$ de longitud y una perforación en la parte central de

25/64” de diámetro, para flecha de 3/8” de ϕ con una holgura de 1/64” (Apéndice “A”). El primer elemento tiene como función de sostener el paso de la cadena, esto para invertir el sentido de un desgrumador, para que uno de los rodillos gire en forma horario y el otro en forma anti -horario cuando se encuentren operando; el segundo loco tiene como función de tensar la banda, que transmite la fuerza de los rodillos a la flecha del excéntrico para evitar el patinaje de la banda; los dos elementos utilizan tornillos de 3/8” x 2”.

Bandejas de plástico. Dos recipientes, uno para la captación del suelo para análisis y el otro para el material de desecho.

Muestras de suelo. Se obtuvieron dos muestras de suelo, con diferentes características una de la otra. La primera muestra se obtuvo de los terrenos ubicados en el bajío y la otra de los terrenos practicas agrícolas (los Pinos) de esta Universidad. La finalidad de las muestras de suelo es de evaluar la maquina preparadora para muestras de suelo.

3.2.- Metodología

Para el proceso de construcción y evaluación de la Maquina Preparadora para Muestras de Suelo, fue necesario llevar a cabo las siguientes etapas, de acuerdo al diagrama siguiente Fig. 3.2.

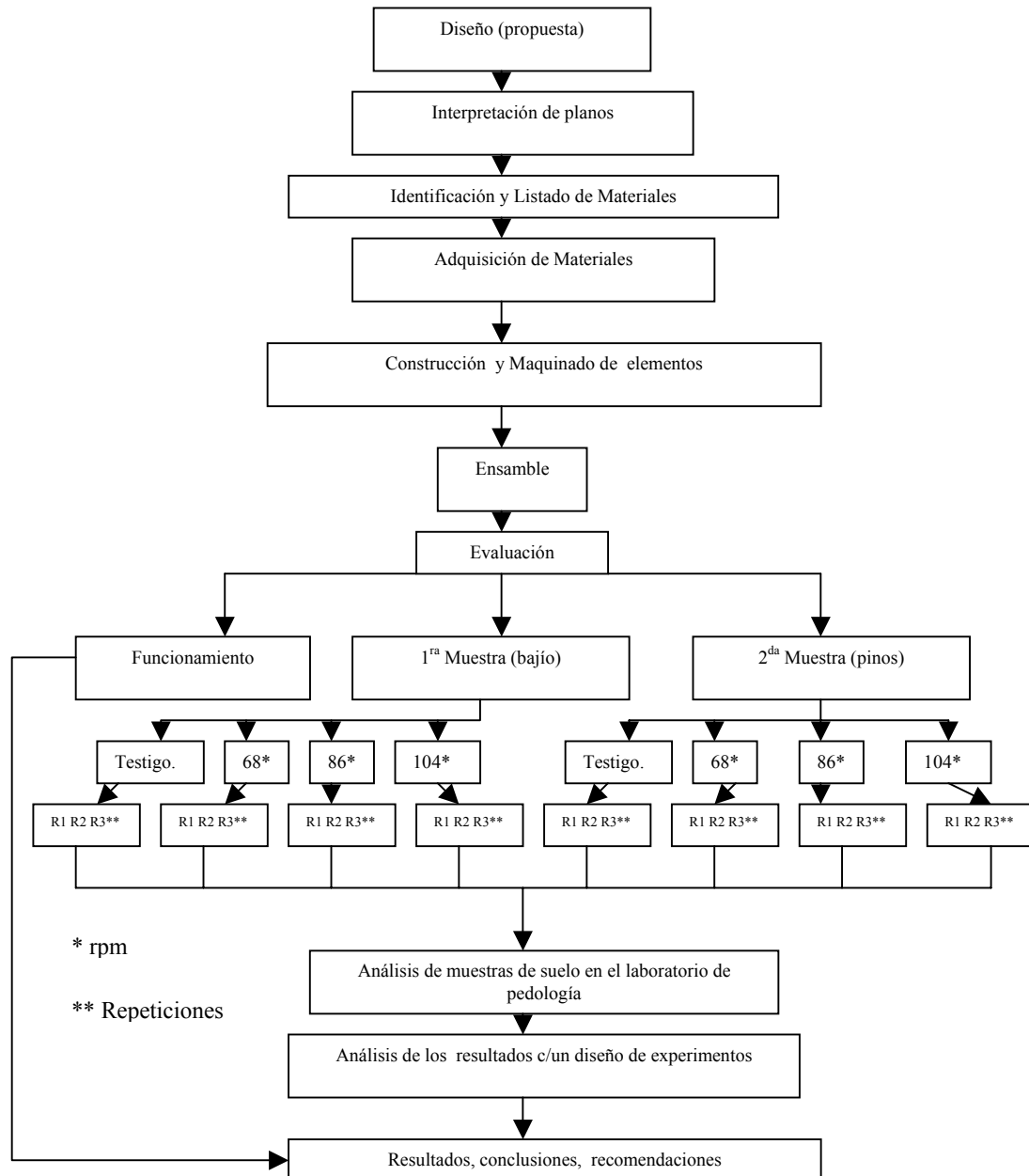


Fig.3.2. Diagrama de Procesos de Construcción y Evaluación de la Maquina Preparadora para Muestras de Suelo.

3.2.1.- Investigación, interpretación, cotización, selección de materiales.

En la primera parte, para el desarrollo del proyecto, se retomo el diseño conceptual del equipo ya desarrollado, prosiguiendo con la lectura de los planos e identificación de los materiales a requerir para su construcción. Una vez identificados y enlistados los materiales a utilizar, se prosiguió con la cotización de los materiales en los mercados regionales, para posteriormente proceder a la selección de la materia prima tomando en consideración el concepto beneficio/costo.

3.2.2.- Adquisición de materiales, elementos que ofrece el mercado; trazos, cortes y uniones, construcción de piezas y maquinados de las mismas.

Previa selección y tomadas las decisiones correctas, se procedió a la adquisición de los materiales, en algunos elementos de la maquina se opto por adquirirlos de fabrica (chumaceras de pared y de piso); terminada la adquisición de los materiales se procedió al trazo (tomando como guías los planos del diseño de la propuesta original, que se encuentran en el Apéndice B);se procedió posteriormente al corte de materiales, para las uniones y formación de los componentes del equipo; para algunos componentes de la maquina que requerían del maquinado para su fabricación se recurrió a talleres externos

3.2.3.- Ensamblado de elementos mecánicos, alineación, calibración y observación del funcionamiento.

Terminada la segunda fase del proyecto, se procedió al ensamble de piezas atornilladas a la estructura, unidas con soldadura, y alineación de cada elemento apoyádonos en los planos de la propuesta original del apéndice B, cerciorádonos de que cada mecanismo quede ensamblado en forma correcta

y bien sujeto, esto para evitar que los elementos cuando se encuentren trabajando generen vibración y puedan cuasar problemas en el funcionamiento del equipo. Una vez ajustados todos los elementos del equipo se observaron detalladamente, cada movimiento de los mecanismos en su operación para determinar posibles interferencias así como sugerir de ajustes o cambio en el diseño.

3.2.4.- Evaluación

Terminadas las fases anteriores se procedió a su evaluación.

En el proceso se consideraron las siguientes variables.

- Se consiguieron dos diferentes tipos de suelo.
- Tres diferentes velocidades angulares. 68 rpm, 86 rpm y 104 rpm.
- Un testigo, preparado con el método tradicional, de cada suelo.
- Tres repeticiones por cada muestra.
- Los parámetros que requieren.
 - Tiempo de preparación por cada muestra.
 - Calidad de las muestras.
 - pH.
 - CE.
 - Textura.
- Análisis de muestras de suelo en el laboratorio.
- Análisis de resultados aplicando un Diseño de Experimentos de Bloques completamente al azar.

3.3.- Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó para el estudio de las variables fue bloques completamente al azar, utilizando las mismas repeticiones en los tratamientos, bajo el siguiente modelo estadístico (Montgomery, 2002).

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \end{cases}.$$

Donde μ es la media global, τ_i es el efecto del tratamiento i -ésimo, β_j es el efecto del bloque j -ésimo, y ε_{ij} es el término del error NID $(0, \sigma^2)$.

El interés se encuentra en probar la igualdad de las medias de los tratamientos. Por lo tanto, las hipótesis de interés son

$$\begin{aligned} H_0 &: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a \\ H_1 &: \text{al menos, una, } \mu_i \neq \mu_j \end{aligned}$$

Posteriormente se realizó la prueba de comparación de medias.

Los valores de las variables estudiadas, pH y conductividad eléctrica no se les realizó ninguna transformación; se le realizó únicamente en los valores de textura de la forma siguiente $y_{ij}^* = \arcsen\sqrt{y_{ij}}$, tabla 1 y 2 del apéndice C. El enfoque usual para abordar el problema de una varianza no constante que ocurre, consiste en aplicar una transformación para estabilizar la varianza para correr después el análisis de varianza de los datos transformados. Deberá tenerse presente que las conclusiones del análisis de varianza se aplican a las poblaciones transformadas.

Cuadro 3.2. Análisis de Varianza para un diseño completamente al azar

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0
Tratamientos	$SS_{\text{tratamientos}}$	$a - 1$	$\frac{SS_{\text{Tratamientos}}}{a - 1}$	$\frac{MS_{\text{Tratamientos}}}{MS_E}$
Bloques	SS_{Bloques}	$b - 1$	$\frac{SS_{\text{Bloques}}}{b - 1}$	
Error	SS_E	$(a - 1)(b - 1)$	$\frac{SS_E}{(a - 1)(b - 1)}$	
Total	SS_T	$N - 1$		

En el análisis de datos se utilizó el programa de diseños experimentales del Dr. E. Olivares (UANL, Apéndice D).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Resultados

4.1.1.- Descripción General del Equipo

El equipo en forma compacta consta de una estructura o bastidor de PTR de $1\frac{1}{4}$ " y $1\frac{1}{4}$ ", que sujeta los elementos de la maquina; en la parte baja un motor reductor trifásico, de $\frac{3}{4}$ de hp, con una relación 15:1 y salida de 115 rpm, que transmite el par a los rodillos Nylamid tipo M, mediante una cadena de paso 40 y 3 sproket de 14 y 16 dientes paso 40, para dar movimiento y moler el suelo; en la parte superior una tolva de alimentación y compuerta, de lamina galvanizada con capacidad de 334 pulg³ sujeta mediante una base de solera comercial; en el costado de la parte media un par de bases con guías (de ángulo y solera) empotradas a la estructura, que sujetan un par de bases con rodamientos, que sostienen a un rodillo, y le ayudan a desplazarse horizontalmente cuando es introducido material extraño (piedras, troncos, raíces), al estar operando y con esto pueda vencer la rigidez del resorte para que posteriormente retome su posición original; en la parte frontal de las guías empotradas, un par de bases fijas (placa metálica), con un par de chumaceras de pared de 1", que sostienen el segundo rodillo; en un costado del segundo rodillo, se extiende una flecha con una polea de aluminio de 3" tipo V y una banda tipo A, que transmiten el par a la flecha de excéntrico con una polea de 2" de diámetro, sujetados por unas chumacera de piso de $\frac{1}{2}$ ", y en el otro extremo el excéntrico para dar movimiento horizontal a la zaranda de $10" \times 6" \frac{1}{8}"$ (criba), que selecciona las partículas con tamaño menor e igual a 2 mm de diámetro y que tiene una inclinación de 5° con respecto a la horizontal, con la finalidad de desalojar al material que no selecciono la criba.

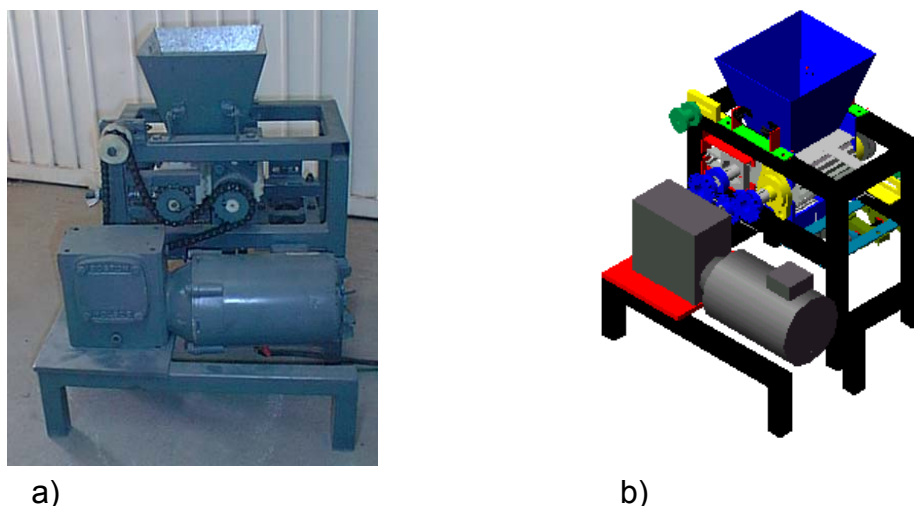


Fig. 4.1. a) Fotografía del equipo, b) Dibujo sólido en Auto CAD

4.1.2.- Operación del Equipo

Previa al proceso de molienda, el suelo debe secarse a la intemperie y retirarse elementos extraños al suelo. A continuación la muestra de suelo se vacía en la tolva de alimentación, cerciorándonos de que la compuerta de vaciado se encuentre cerrada, esto para evitar que el suelo se derrame en los costados de los rodillos, realizada la fase anterior, se procede a poner en marcha el equipo, verificando que se encuentren colocados los recipientes que captaran el suelo para partículas ≤ 2 mm (muestras para análisis) y > 2 mm (desperdicio).

Se procede a abrir la compuerta de la tolva, permitiendo que la cantidad de suelo que sea introducida sea menor a la de salida, esto para evitar que la muestra se derrame fuera de la zaranda, el suelo pasa a través de los rodillos, los cuales realizan la reducción de los terrones de suelo, a una velocidad de 104 rpm, transmitida por el moto-reductor, a los sprockets por la cadena, el suelo disgregado pasa a la zaranda (criba) para realizar una selección de partículas por medio del # 22 para tamaños menores e iguales a 2 mm la criba

tiene una inclinación de 5° con respecto a la horizontal para desalojar el material extraño y partículas no seleccionadas por el tamiz, posteriormente el suelo se recibe en un recipiente que se encuentra en la parte inferior y se etiqueta para proceder con los análisis físicos y químicos.

Realizado todo el proceso de molienda, se procede a la limpieza de los componentes que estuvieron en contacto con el suelo, para evitar contaminar la muestra cuando se realice otra molienda.

4.1.3.- Elementos del Equipo

Clave	Descripción	Material	Num. Pzas.	Observaciones
01	Estructura	PTR 1 $\frac{1}{4}$ " x 1 $\frac{1}{4}$ " cedula 12	1 pieza	
02	Moto-reductor	Trifásico, 220 volts, 3 Amperes, 1725 rpm, 60 Hz, relación 15:1, torque de salida 646 lb-in, 115 rpm de salida	1 pieza	
03	Cadena	Paso 40	1 caja (3 metros o 10 ft).	Carga máxima 810 lb (367.74 kg), resistencia a la tensión final 4290 lb (1947.66 kg).
04	Sproket	Paso 40	2 piezas de 16 dientes y 1 pieza de 14 dientes	Barrenos de 1" para flecha, cuñero de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ " y para opresor de 3/16".
05	Tolva de alimentación y compuerta.	Lamina Galvanizada calibre 18	1 pieza	Capacidad 334 pulg ³
06	Base para tolva	Solera comercial 1" x 1/8" y ángulo de 1" x 1" x 1/8"	2 piezas	Apéndice A

07	Rodillos	Nylamid tipo M de 4" x 6" apéndice A	2 piezas	Maquinados para la generación de los engranes.
08	Base fija	Placa metálica de 3/16" apéndice A	2 piezas	Apéndice A
09	Chumaceras de pared	De 1" de diámetro con opresores integrado	2 piezas	
10	Balero	De 1" de diámetro para flecha	2 piezas	
11	Seguro para balero y flecha	Balero 2 $\frac{1}{8}$ " Flecha de 1" de ϕ	2 piezas 2 piezas	
12	Base para balero	Sólido de $\frac{3}{4}$ " Acero 1020	1 pieza	Maquinarse, apéndice A
13	Guías para base de balero	Solera 3/16" x 1", ángulo 1" x 1" x 1/8", cuadrado de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ "	2 piezas	Apéndice A
14	Resorte de seguridad	$\frac{3}{4}$ " de diámetro interno, 3/32" de diámetro del alambre estirado en frío ASTM	2 piezas	
15	Poleas	De aluminio, tipo V. de 3" y 2" de diámetro	1 pieza c/u	Maquinarse para flecha de 1" de diámetro y cuñero de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ ". Para flecha de $\frac{1}{2}$ " de diámetro y cuñero de 3/16" x 3/16" apéndice A
16	Banda	Tipo A 19"	1 pieza	
17	Flecha del excéntrico	$\frac{1}{2}$ " de diámetro acero 1045.	1 pieza	Maquinarse para cuñero de 3/16" apéndice A
18	Excéntrico	Acero 1020 sólido de $\frac{3}{4}$ "	1 pieza	Maquinarse apéndice A
19	Biela	Solera 3/16" x $\frac{3}{4}$ " acero	1 pieza	Maquinarse

		1020		apéndice A
20	Zaranda o criba	Ángulo $1\frac{1}{2}$ " x $1\frac{1}{2}$ " x $1/8$ " , solera de $1/2$ " x $1/8$ " , malla de 2 mm (no. 22)	60 pulg ²	
21	Recipientes	Bandejas de 25 x 25 x 16 cm	2 piezas	
22	Tornillos, tuercas y guasas de presión	$1/2$ " x 4" UNC $3/8$ " x 1" UNC $3/8$ " x 2" UNC $3/16$ " x 1" UNC $5/16$ " x 2" UNC	2 piezas 10 piezas 4 piezas. 8 piezas 8 piezas	
23	Tornillos Tipo hombro	$1/4$ " x $1\frac{1}{2}$ " UNC. $1/4$ " x $5/8$ " UNC $1/4$ " x $1/4$ " UNC. $5/16$ " x $1/4$ " UNC.	4 piezas 4 piezas 1 pieza 1 pieza	
24	- Tuercas de mariposas - Opresor	$1/2$ " UNC $3/16$ " UNC	2 piezas 4 piezas	

Cuadro 4.1. Descripción de los elementos que constituye la maquina preparadora de muestras de suelo.

4.1.4.- Modificaciones al Diseño

Moto reductor: de $3/4$ de hp, trifásico, con relación de 15:1, sistema integrado, se opto por este sistema, ya que ofrece ventajas en su manejo, colocación, alineación; en cambio con la propuesta anterior, el sistema es por separado (un motor y un reductor de velocidad, Apéndice B, propuesta original), teniendo mayor dificultad al momento de ensamblarlo.

Las bases fijas: la propuesta nos indica de solera de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{3}{4}$ ", ángulo de $\frac{3}{4}$ " x $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ ", opresor, y un par de rodamientos de 1" de diámetro interior (Apéndice B, propuesta original), en la modificación hecha se tomo la decisión de reducirlo en solo dos elementos, tomando como referencia que este elemento se vende comercialmente, una placa metálica de $\frac{3}{16}$ " x 3" x $7\frac{1}{2}$ ", una chumacera de pared de 1" (1 par de elementos), por las ventajas que ofrece este sistema

- Alineación automática de las flechas.
- Reducimos balero y opresor (lo trae integrado).
- Reducimos trabajos de montaje.

Zaranda: propuesta el bastidor de madera y una dimensión de $6\frac{1}{2}$ " x 7" (Apéndice B, propuesta original), porque ofrece desventajas de que con el tiempo sufra fracturas por el movimiento, desastillarse la madera, quemarse por la fricción entre metal y madera, se opto por cambiarlo por solera de $1\frac{1}{2}$ " x $1\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{8}$ " (Apéndice A), con dimensiones de 10" x $6\frac{1}{8}$ "; con el nuevo material evitaremos lo antes descrito.

Flecha del excéntrico: de solera comercial de $\frac{3}{8}$ " de diámetro (Apéndice B, propuesta original) montada en 1 par de rodamientos; la cual se cambio por una flecha de $\frac{1}{2}$ " de diámetro (SAE 1045, Apéndice A) esta montada en un par de chumaceras de piso, por las ventajas que ofrece:

- Material sin deformación.
- Paralelos en las dos caras.
- Material exclusivo para flechas.

Excéntrico: en el diseño original se proponía de un tubo de $1\frac{3}{8}$ ", el tubo como buje, pernos de $\frac{3}{16}$ " y otro tubo de $\frac{3}{16}$ ", una solera como biela de $\frac{3}{8}$ " x $\frac{1}{8}$ ", unidos con soldadura eléctrica (Apéndice B, premus 17, propuesta

origina), en la modificación realizada se opto por un sólido con dos perforaciones de 4.76 mm y de 9.52 mm respectivamente en ángulos rectos, en la cara frontal (Apéndice A).

4.1.5.- Costo del Prototipo

Número de Partes	Descripción.	Costo del material (\$).	Mano de obra (\$)	Total (\$)
01	Nylamid tipo M, Sólido de $\phi 4''$ x 24'' de largo.	920	1200	2120
02	Estructura de PTR de $1''\frac{1}{4}''$ x $1''\frac{1}{4}''$.			500
03	Tolva de alimentación, lamina galvanizada, capacidad de 334 pulg ³ .			322
04	Moto reductor: motor de $\frac{3}{4}''$ de hp, trifásico, a 1725 rpm, 208-230/460 V., 3.2- 3/1.5 A., 60 Hz; reductor: relación 15:1, torque de salida de 646 lb. – in, con una vel de salida de 115 rpm.			750
05	Sproket 3 pza, 16 dientes, 1 pza, 14 dientes, cadena caja c/ 3mts, $\frac{1}{2}$ candado 2 pza, 1 candado.	390.54	Maquinado de Sproket 90	480.54

06	Chumaceras de pared 1" 2 pzas, Chumaceras de piso. Rodamientos de bolas 3 piezas			961
07	Solera, ángulos.			125
08	Tornillos, varias medidas (UNC, tipo hombro)			200
09	Nylamid de 2" y 1-1/2",	120	Maquinado de elementos menores 700	820
10	Malla para tamiz, pinturas especial,			320
			Total.	6598.54

Cuadro 4.2. Costo del prototipo.

4.1.6.- Resultados del Análisis de Suelo Realizado en el Laboratorio de Pedología

Cuadro 4.3. Resultados del análisis de muestras de suelo del laboratorio.

	Muestras del Bajío											
	TESTIGO			68			86			104		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Tiempo Min.	10	10	10	3;40	3;00	3;22	3;30	2;35	3;35	2;54	3;04	2;57
Ph	7.7	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.5	7.6	7.6	7.6	7.5	7.6
CE	6.93	7.62	6.97	8.33	7.9	7.41	7.61	5.37	6.59	6.33	5.91	5.89
Arena	25	26.6	26.6	26.6	24.1	29.1	27.5	24.1	29.1	27.5	26.6	25
Limo	35	33.4	33.4	35.9	35.9	33.4	35	35.9	30.9	35	35.9	37.5
Arcilla	40	40	40	37.5	40	37.5	37.5	40	40	37.5	37.5	37.5

	Muestra de los Pinos											
	TESTIGO			68			86			104		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Tiempo Min.	10	10	10	3;00	3;55	3;53	3;44	3;04	4;01	3;02	3;19	4;13
pH	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.6
CE	1.35	1.7	1.05	1.21	1.11	1.05	1.24	1.21	1.36	1.15	1.02	1.64
Arena	34.1	32.5	42.5	34.1	42.5	31.6	31.6	42.5	31.6	34.1	39.1	31.6
Limo	23.4	25	27.5	25.9	27.5	25.9	25.9	25	25.9	23.4	28.4	25
Arcilla	42.5	42.5	30	40	30	42.5	42.5	32.5	42.5	42.5	32.5	43.4

4.1.7.- Análisis de Resultados

El arreglo para llevarse a cabo el diseño de experimentos se realizó de la forma siguiente: 4 tratamientos con 3 repeticiones por variable: pH, CE, arena, limo, arcilla, por ejemplo.

arena

	R_1	R_2	R_3
T_1	25.0	26.6	26.6
T_2	26.6	24.1	29.1
T_3	27.5	24.1	29.1
T_4	27.5	26.6	25.0

T_1 = testigo.

T_2, T_3, T_4 , = 68, 86 y 104 rpm respectivamente

R_1, R_2, R_3 = Repeticiones.

En el análisis de varianza se realizó la transformación de los valores de datos discretos a continuos apéndice C tabla 1 y 2 (solo para el tamaño de partículas).

Posteriormente se aplicó el diseño de experimentos bloques completamente al azar apéndice D.

En el análisis del Diseño de Experimentos de Bloques al Azar, el análisis de varianza dio como resultado, que no existe ninguna diferencia significativa entre las medias de los tratamientos de las muestras de suelo. Esto significa que los tratamientos son iguales, al no existir diferencia entre las medias de las muestras de suelo, sería de interés trabajar a la velocidad más alta del equipo, con la finalidad de disminuir el tiempo de molienda, sin alteración en las muestras de suelo, teniendo por consiguiente una molienda de calidad.

4.2. Discusión

Para el proceso de construcción, se realizaron modificaciones y/o adaptaciones de nuevos elementos a la propuesta original, en los sistemas de las bases fijas por un par de chumaceras de pared, cambio de flechas de un redondo comercial a una flecha de 1045 soportada mediante un par de chumaceras de piso, para el sistema del excéntrico y la zaranda, proporcionando una mejora en el diseño y un excelente funcionamiento del equipo.

Para el proceso de evaluación se utilizó: dos diferentes muestras de suelo; una del bajo y otra de los pinos, con un testigo y tres velocidades 68, 86 y 104 rpm; evaluando las siguientes variables tiempo de preparado por unidad de muestra, pH (potencial de hidrógeno), CE (conductividad eléctrica) y textura: arena, limo y arcilla. Se procedió a la molienda y posteriormente se enviaron las muestras para su análisis en el laboratorio de pedología, una vez obtenidos los resultados de los análisis se les analizó estadísticamente por medio un arreglo, Fig.4.2; aplicando un análisis de varianza con un Diseño de Experimentos de Bloques Completamente al Azar (Apéndice D), obteniendo que los tratamientos son iguales y no existe ninguna diferencia significativa entre las muestras, cuadro 4.3. Indicándonos que no hay ningún problema al trabajar a diferentes velocidades con el equipo.

<i>arena</i>			
	R_1	R_2	R_3
T_1	25.0	26.6	26.6
T_2	26.6	24.1	29.1
T_3	27.5	24.1	29.1
T_4	27.5	26.6	25.0

Fig. 4.2.- Arreglo de datos para análisis de varianza.

Datos de las medias.				
Suelo Bajío				
	Tratamientos			
	testigo	68	86	104
Arena	0.5358	0.5416	0.544967	0.539167
Limo	0.621833	0.633733	0.621667	0.6449
Arcilla	0.6847	0.667633	0.676167	0.6591
pH	7.633333	7.6000	7.566667	7.566667
CE	7.173333	7.88	6.523333	6.043333
Suelo Pinos				
	Tratamientos			
	testigo	68	86	104
Arena	0.646767	0.643567	0.6347	0.632033
Limo	0.526833	0.539933	0.530467	0.530167
Arcilla	0.6666	0.658133	0.6756	0.678633
pH	7.800001	7.800001	7.800001	7.733334
CE	1.366667	1.123333	1.27	1.27

Cuadro 4.4. Datos de las medias de los resultados del análisis de varianza.

Lo que nos recomienda trabajar a la velocidad más alta con el equipo sin tener ningún problema con la molienda y tener mayor número de muestras de suelo.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones

El proceso de construcción fue un éxito, ya que tenemos un equipo de calidad y que tiene un buen funcionamiento de sus elementos y puede realizar una molienda eficiente sin sufrir ninguna alteración en los resultados del análisis de las muestras de suelo.

El proceso de evaluación nos indico que no existe ninguna diferencia significativa entre las medias, lo que nos indica que podemos trabajar a la velocidad más alta con el equipo.

Las ventajas que nos ofrece el equipo:

- ⇒ Poder adaptarle un variador de frecuencia en caso que requiera reducir la velocidad del equipo.
- ⇒ Controlar la abertura o el espaciamiento entre los rodillos por medio de las tuercas mariposas, para obtener los tamaños de partículas deseadas.
- ⇒ Controlar la cantidad de suelo para la molienda.
- ⇒ Aumentar la velocidad de la zaranda por medio del excéntrico cambiando la posición de los agujeros del brazo, a diferente distancia que se encuentran en la cara frontal.

5.2.- Recomendaciones para el Proceso de Construcción del Equipo

Los puntos siguientes son recomendaciones que se tomaron en cuenta durante el proceso de construcción del equipo.

- Adquirir los rodamientos en dimensiones en el sistema internacional por tener un costo menor que del sistema ingles.
- Cambiar de posición el tensor loco de la cadena, hacia el lado flojo de la cadena.
- Colocar guardas de protección en la banda con las poleas de aluminio, y sobre la cadena con los sproket, en el lado del motor-reductor.
- Cubrir toda la estructura con plexiglás para evitar que el polvo fino generado en la molienda de la muestra de suelo, cubra el área de trabajo.
- Se recomienda trabajar a la velocidad mas alta del equipo, basándonos en el resultado del diseño experimental, debido a que no existe ninguna alteración en los resultados de las muestras de suelo. Ofreciéndonos un reducción de 70.2 % en tiempo de preparado por cada muestra de suelo, comparado con el método tradicional (preparación manual).

VI.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Cochran, G. W., Cox, M. G. 1980. Diseños Experimentales, Ed. Trillas, México.
- 2.- Faires M., V. 1999. Diseño de Elementos de Maquina, Ed. Limusa, México.
- 3.- Grande, R. 1974. Métodos para análisis Físico y Químico en suelos agrícolas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas.
- 4.- Juvinall, R. C. 1993. Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica, Ed. Noriega Limusa, México.
- 5.- Mott, R. I. 1992. Diseño de Elementos de Maquinas. 2ª edición, Ed. Prentice Hall, México.
- 6.- Montgomery, D. C. 2002. Diseño y Análisis de Experimentos, 2ª Edición, Ed. Limusa Wiley.
- 7.- Shigley E. Joseph, D. y Mitchell, L. 1983. Diseño en Ingeniería Mecánica, 4ª Edición, Ed. Mc Graw Hill.
- 8.- Shigley E., Joseph D. y Mischke R. C. 1990. Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ª Edición, Ed. Mc Graw Hill.
- 9.- <http://www.lavallab.com/eng/mill/frit-mill/p8-eng.htm>
- 10.- <http://www.daiki.co.jp/2500E.htm>.

APENDICES.

APENDICE A.
DIBUJOS.

APENDICE B

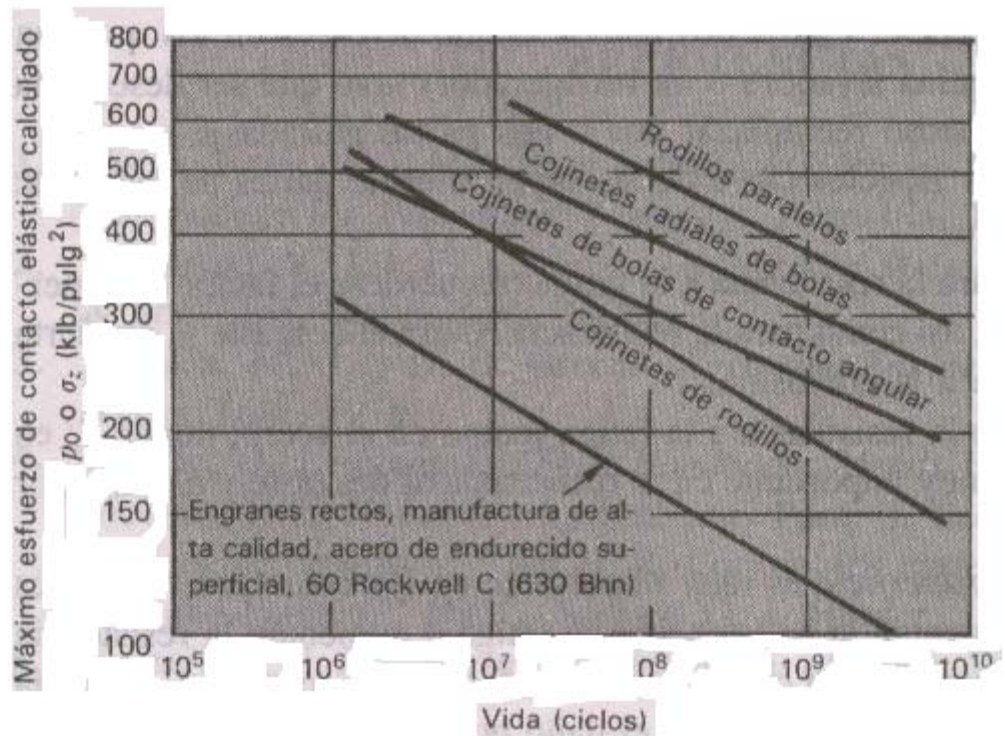


Figura 2.1.- Curvas S-N promedio para esfuerzos de contacto en rodillos, cojinetes y engranes rectos, probabilidad de falla 10 %.

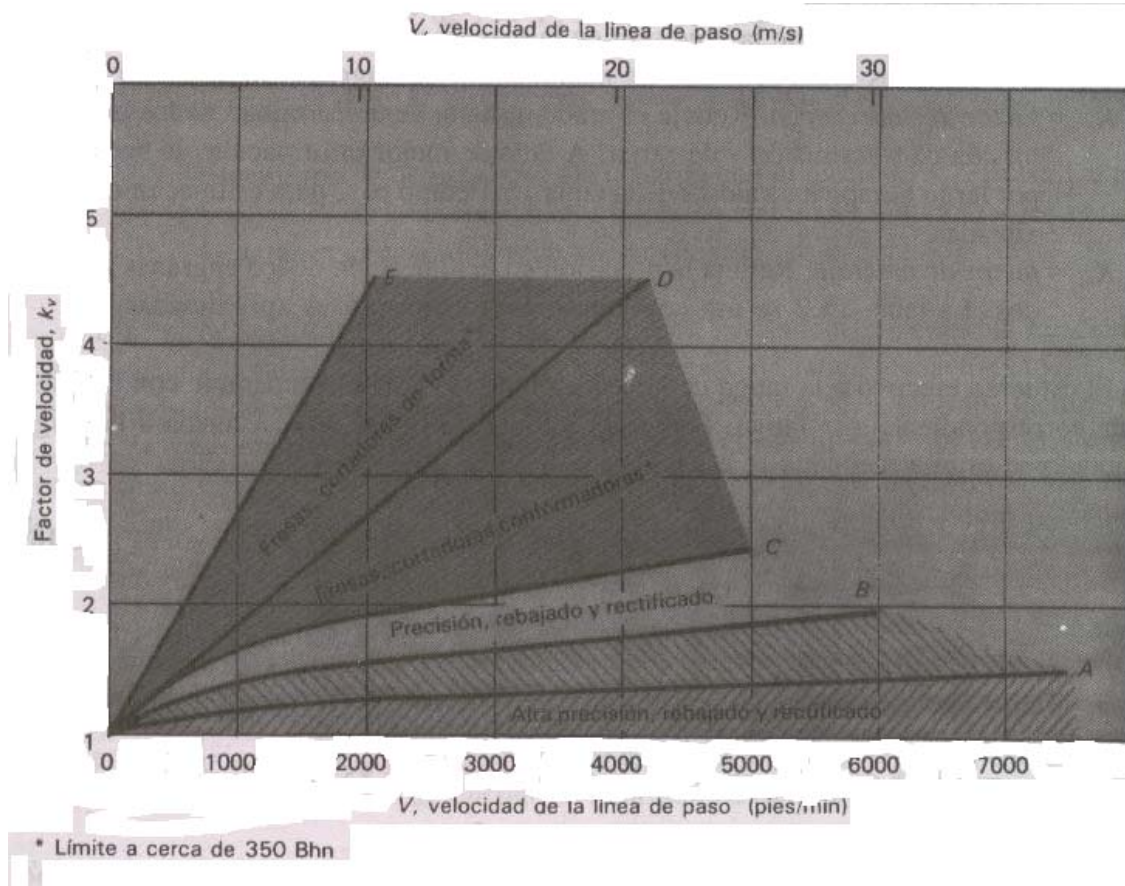


Fig., 2.2.- Factor de velocidad K_v , (Nota: esta figura, en forma aproximada, intenta considerar el efecto de los errores en el espaciado y los perfiles, rigidez del diente y la velocidad, inercia y rigidez de las partes giratorias.

Tipo de máquina que es impulsada	Tipo de impulsor					
	Motores de CA: torque normal ^a Motores de CD: bobinado en derivación Motores: de cilindro múltiple			Motores de CA: torque alto ^a Motores de CD: bobinado en serie, bobinado compuesto Motores: de 4 o menos cilindros		
	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día
Agitadores, ventiladores, ventiladores con tolva, bombas centrífugas, transportadores, ligeras	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Generadores, herramientas para máquinas, mezcladores, transportadores, grava	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Elevadores de baldes o recipientes, máquinas textiles, molinos de martillo, transportadores, pesadas	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Trituradoras, molinos de bola, ralacates, extruidoras de hule	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Cualquier máquina que pueda ahogarse	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Sincrónicos, de fase dividida, de tres fases con torque (par) de arranque o torque (par) al paro menor que 250% el torque con carga total.

De fase única, trifásico con torque (par) de arranque o torque (par) al paro mayor que 250% del torque con carga total.

Tabla 1. Factores de servicio para bandas en V.

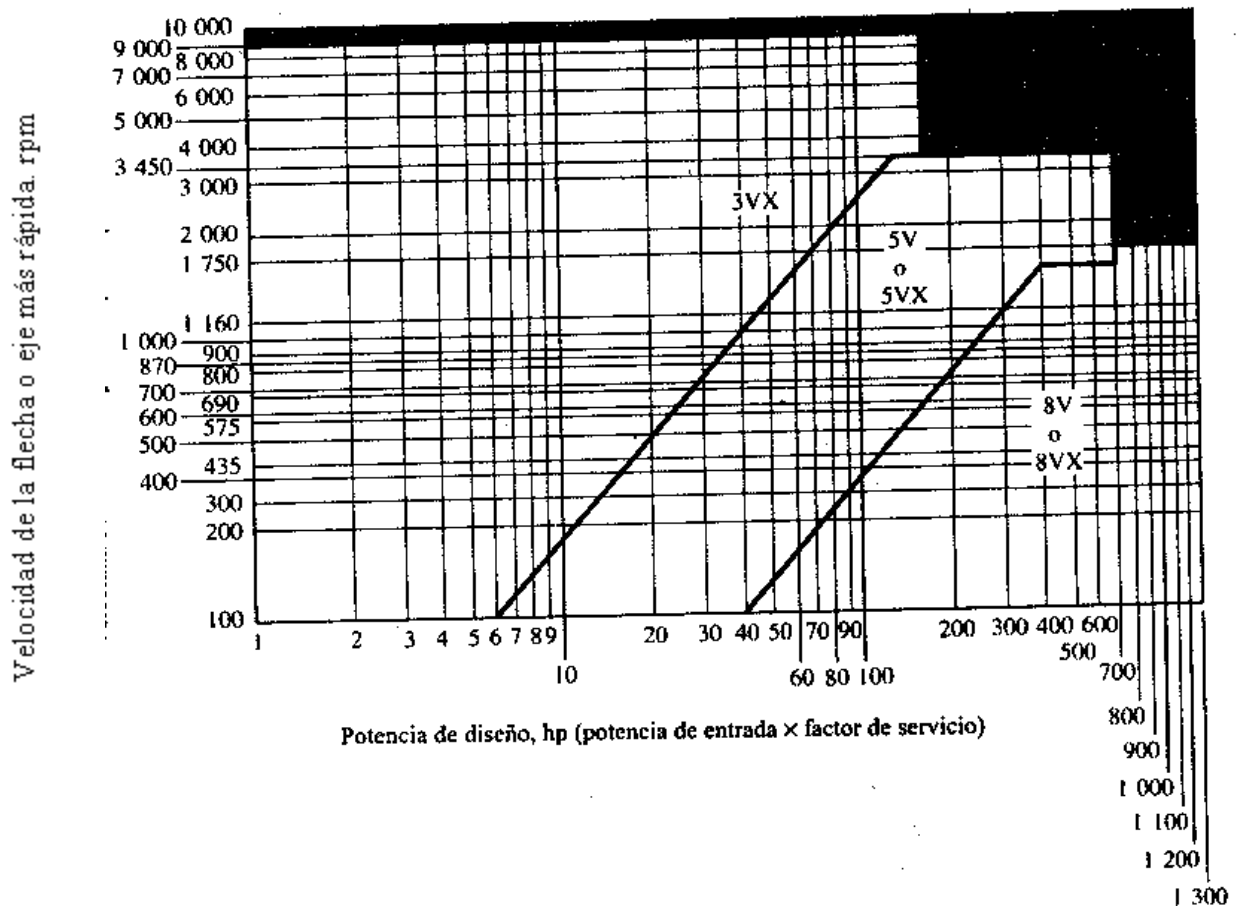


Fig. 2.3.- Grafica de selección para bandas en V industriales de sección estrecha.

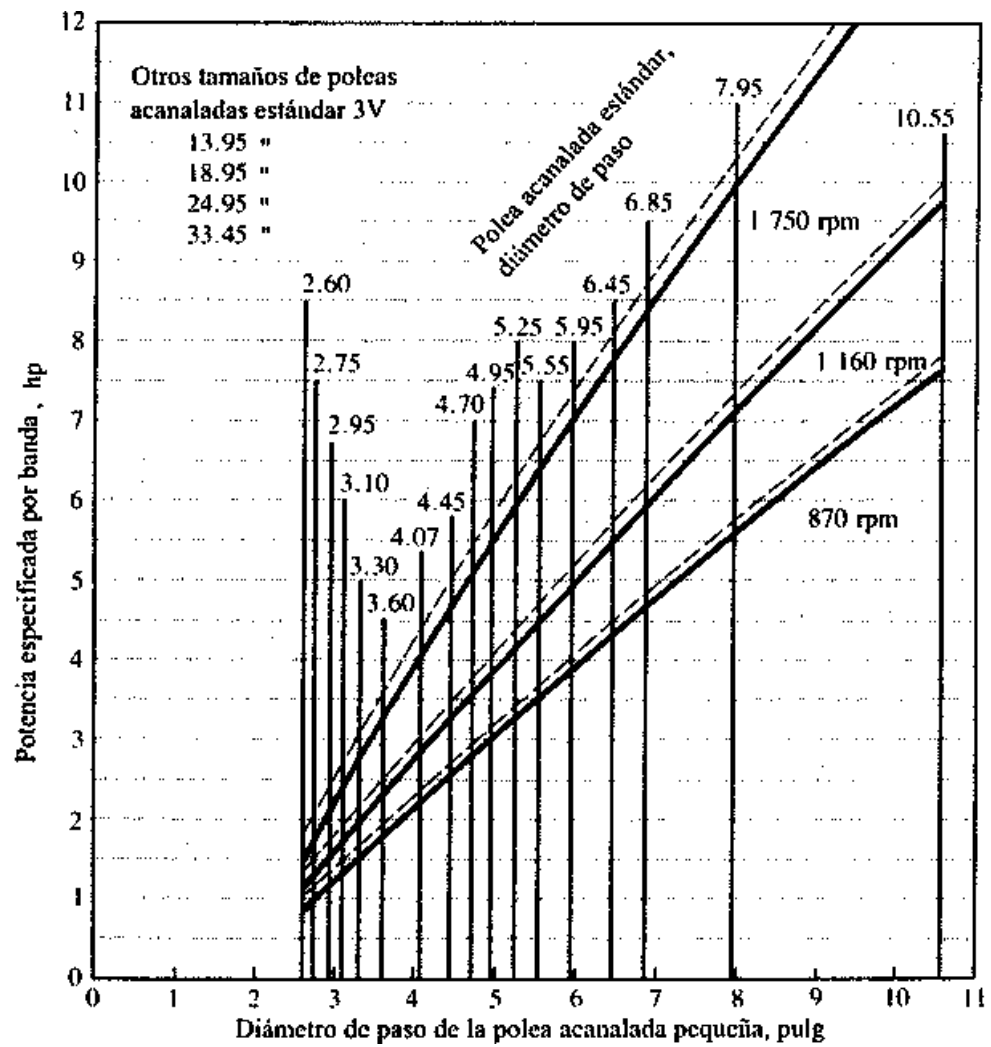


Fig. 2.4.- Especificación de potencia: bandas 3V

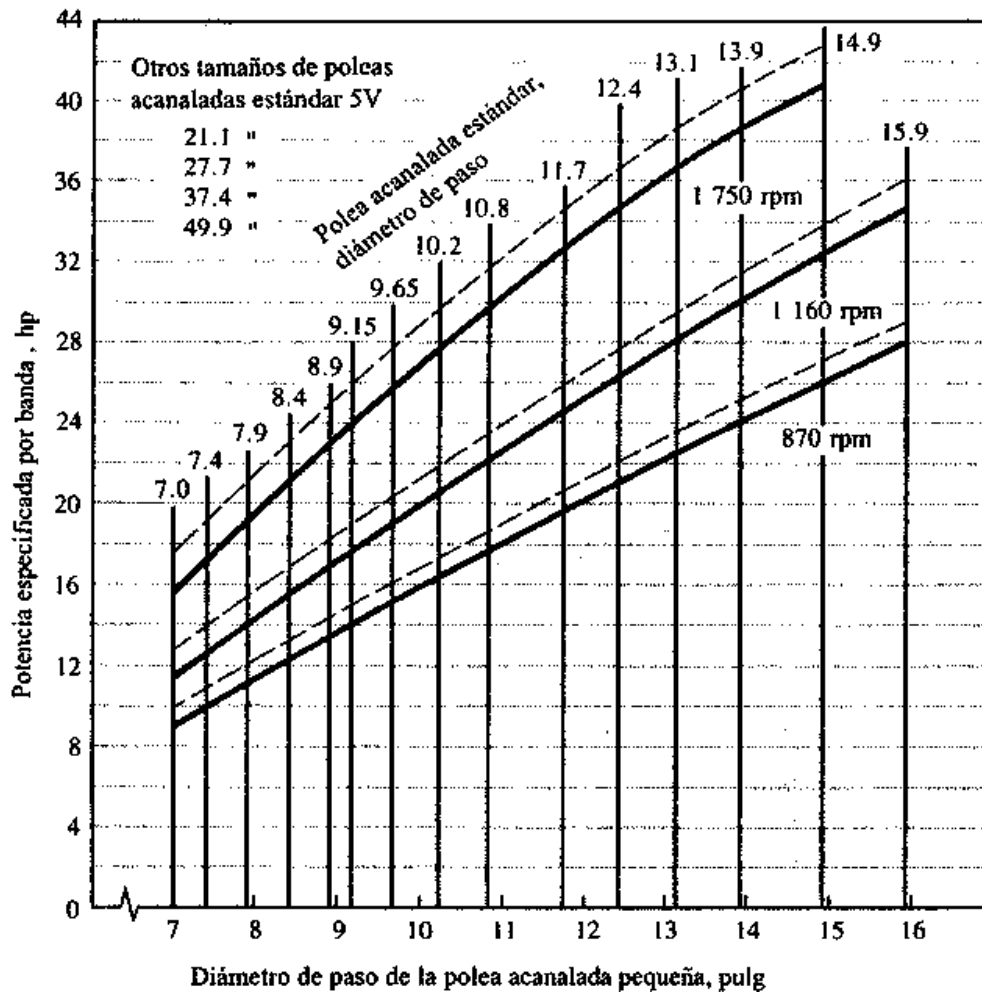


Fig. 2.5.- Especificación de potencia: bandas 5V

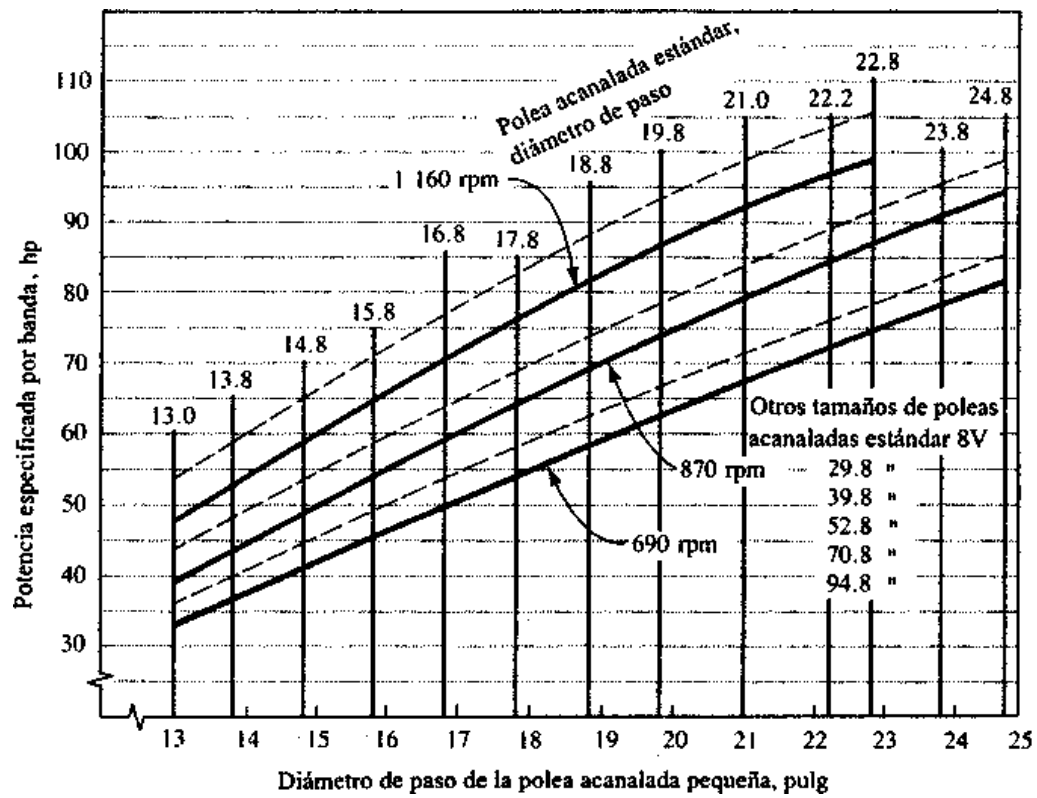


Fig. 2.6.- Especificación de potencia: bandas 8V.

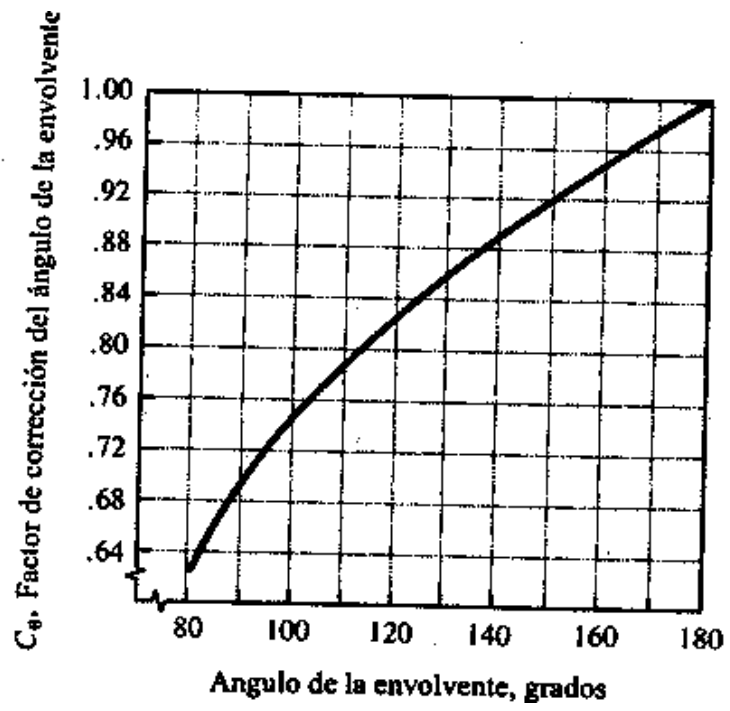


Fig. 2.7.- Factor de corrección del ángulo de la envolvente, C_a .

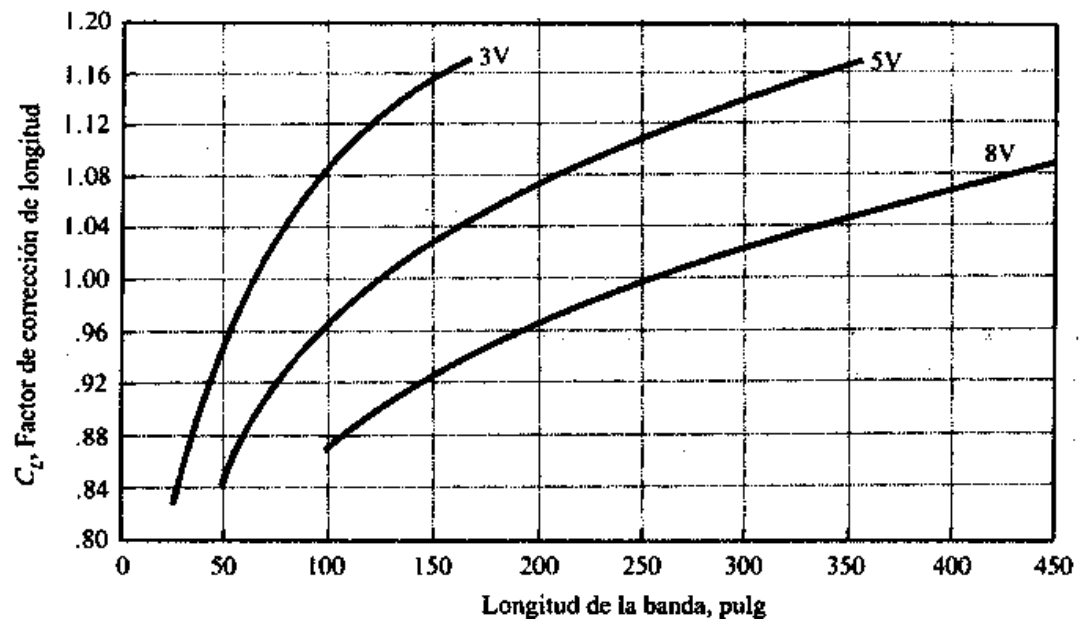


Fig. 2.8.- Factor de corrección para longitud de la banda, C_L .

No. de dientes en la rueda dentada pequeña	Revoluciones por minuto—rueda dentada pequeña																								
	10	25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2400	2700	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000
9	0.04	0.10	0.19	0.35	0.65	0.93	1.21	1.48	2.00	2.51	2.75	3.25	3.73	4.12	3.45	2.74	2.24	1.88	1.60	1.27	1.04	0.75	0.57	0.45	0.37
10	0.05	0.11	0.21	0.39	0.73	1.04	1.35	1.65	2.24	2.81	3.09	3.64	4.18	4.71	4.04	3.21	2.63	2.20	1.88	1.49	1.22	0.87	0.66	0.53	0.43
11	0.05	0.12	0.23	0.43	0.80	1.16	1.50	1.83	2.48	3.11	3.42	4.03	4.63	5.22	4.66	3.70	3.03	2.54	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50
12	0.06	0.14	0.25	0.47	0.88	1.27	1.65	2.01	2.73	3.42	3.76	4.43	5.09	5.74	5.31	4.22	3.45	2.89	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57
13	0.06	0.15	0.28	0.52	0.96	1.39	1.80	2.20	2.97	3.73	4.10	4.83	5.55	6.26	5.99	4.76	3.89	3.26	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.64
14	0.07	0.16	0.30	0.56	1.04	1.50	1.95	2.38	3.22	4.04	4.44	5.23	6.01	6.78	6.70	5.31	4.35	3.65	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.71
15	0.07	0.17	0.32	0.60	1.12	1.62	2.10	2.56	3.47	4.35	4.78	5.64	6.47	7.30	7.43	5.89	4.82	4.04	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.79
16	0.08	0.19	0.35	0.65	1.20	1.74	2.25	2.75	3.72	4.66	5.13	6.04	6.94	7.83	8.18	6.49	5.31	4.45	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	1.07	0.87
17	0.08	0.20	0.37	0.69	1.29	1.85	2.40	2.93	3.97	4.98	5.48	6.43	7.41	8.36	8.96	7.11	5.82	4.88	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	1.17	0.96
18	0.09	0.21	0.39	0.73	1.37	1.97	2.55	3.12	4.22	5.30	5.82	6.86	7.88	8.89	9.76	7.75	6.34	5.31	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	1.27	0
19	0.09	0.22	0.42	0.78	1.45	2.09	2.71	3.31	4.48	5.62	6.17	7.27	8.36	9.42	10.5	8.40	6.88	5.76	4.92	3.91	3.20	2.29	1.74	1.38	0
20	0.10	0.24	0.44	0.82	1.53	2.21	2.86	3.50	4.73	5.94	6.53	7.69	8.83	9.96	11.1	9.07	7.43	6.22	5.31	4.22	3.45	2.47	1.88	1.49	0
21	0.11	0.25	0.46	0.87	1.62	2.33	3.02	3.69	4.99	6.26	6.88	8.11	9.31	10.5	11.7	9.76	7.99	6.70	5.72	4.54	3.71	2.66	2.02	1.60	0
22	0.11	0.26	0.49	0.91	1.70	2.45	3.17	3.88	5.25	6.58	7.23	8.52	9.79	11.0	12.3	10.5	8.57	7.18	6.13	4.87	3.98	2.85	2.17	1.72	0
23	0.12	0.27	0.51	0.96	1.78	2.57	3.33	4.07	5.51	6.90	7.59	8.94	10.3	11.6	12.9	11.2	9.16	7.68	6.55	5.20	4.26	3.05	2.32	1.84	0
24	0.13	0.29	0.54	1.00	1.87	2.69	3.48	4.26	5.76	7.23	7.95	9.36	10.8	12.1	13.5	11.9	9.76	8.18	6.99	5.54	4.54	3.25	2.47	1.96	0
25	0.13	0.30	0.56	1.05	1.95	2.81	3.64	4.45	6.02	7.55	8.30	9.78	11.2	12.7	14.1	12.7	10.4	8.70	7.43	5.89	4.82	3.45	2.63	0	0
26	0.14	0.31	0.58	1.09	2.04	2.93	3.80	4.64	6.28	7.88	8.66	10.2	11.7	13.2	14.7	13.5	11.0	9.23	7.88	6.25	5.12	3.66	2.79	0	0
28	0.15	0.34	0.63	1.18	2.20	3.18	4.11	5.03	6.81	8.54	9.39	11.1	12.7	14.3	15.9	15.0	12.3	10.3	8.80	6.99	5.72	4.09	3.11	0	0
30	0.16	0.37	0.68	1.27	2.38	3.42	4.43	5.42	7.33	9.20	10.1	11.9	13.7	15.4	17.2	16.7	13.6	11.4	9.76	7.75	6.34	4.54	3.45	0	0
32	0.17	0.39	0.73	1.36	2.55	3.67	4.75	5.81	7.86	9.86	10.8	12.8	14.7	16.5	18.4	18.4	15.0	12.6	10.8	8.64	6.99	5.00	0	0	0
35	0.19	0.43	0.81	1.50	2.81	4.04	5.24	6.40	8.66	10.9	11.9	14.1	16.2	18.2	20.3	21.0	17.2	14.4	12.3	9.76	7.99	5.72	0	0	0
40	0.22	0.50	0.93	1.74	3.24	4.67	6.05	7.39	10.0	12.5	13.8	16.3	18.7	21.1	23.4	25.7	21.0	17.6	15.0	11.9	9.76	6.99	0	0	0
45	0.25	0.57	1.06	1.97	3.68	5.30	6.87	8.40	11.4	14.2	15.7	18.5	21.2	23.9	26.6	30.5	25.1	21.0	17.9	14.2	11.7	0	0	0	0

Fuente: se reimprime de *Chains for Power Transmission and Material Handling*, p. 147, por cortesía de Marcel Dekker, Inc.

TIPO I: Lubricación manual o por goteo
 TIPO II: Lubricación por disco o baño
 TIPO III: Lubricación por flujo de aceite

El límite de rpm para cada tipo de lubricación se lee a partir de la columna hacia la izquierda de la línea límite que se ilustra.

Tabla 2. Especificación de potencia. Cadena Estándar de tramo único con rodamientos, número 40, paso de 1/2".

<i>Tipo de carga</i>	<i>Tipo de impulsor</i>		
	<i>Impulsor hidráulico</i>	<i>Motor eléctrico o turbina</i>	<i>Motor de combustión integral con impulsor mecánico</i>
Ligera (agitadores, ventiladores, transportadores que se someten a la acción uniforme de cargas ligeras)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (herramientas mecánicas, grúas, transportadores pesados, mezcladoras y moledoras de alimentos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de punzón, molinos de martillo, transportadores recíprocos, impulsor de molino giratorio)	1.4	1.5	1.7

Tabla 3. Factores de servicio para impulsores de cadena.

Apéndice C

Transformación de Resultados Discretos a Continuos

Tabla 1.- Transformación de Resultados Discretos a Continuos, de las Muestras de Suelo Analizada en el Laboratorio.

Suelo Bajío			
Arena			
T1R1	25	0.25	0.5236
T1R2	26.6	0.266	0.5419
T1R3	26.6	0.266	0.5419
T2R1	26.6	0.266	0.5419
T2R2	24.1	0.241	0.5131
T2R3	29.1	0.291	0.5698
T3R1	27.5	0.275	0.5520
T3R2	24.1	0.241	0.5131
T3R3	29.1	0.291	0.5698
T4R1	27.5	0.275	0.5520
T4R2	26.6	0.266	0.5419
T4R3	25	0.25	0.5236
limo			
T1R1	35	0.35	0.6331
T1R2	33.4	0.334	0.6162
T1R3	33.4	0.334	0.6162
T2R1	35.9	0.359	0.6425
T2R2	35.9	0.359	0.6425
T2R3	33.4	0.334	0.6162
T3R1	35	0.35	0.6331
T3R2	35.9	0.359	0.6425
T3R3	30.9	0.309	0.5894
T4R1	35	0.35	0.6331
T4R2	35.9	0.359	0.6425
T4R3	37.5	0.375	0.6591
Arcilla			
T1R1	40	0.4	0.6847
T1R2	40	0.4	0.6847
T1R3	40	0.4	0.6847
T2R1	37.5	0.375	0.6591
T2R2	40	0.4	0.6847
T2R3	37.5	0.375	0.6591
T3R1	37.5	0.375	0.6591
T3R2	40	0.4	0.6847
T3R3	40	0.4	0.6847
T4R1	37.5	0.375	0.6591
T4R2	37.5	0.375	0.6591
T4R3	37.5	0.375	0.6591

Tabla 2.- Transformación de resultados de la muestra de suelo los Pinos

Suelo los Pinos			
Arena			
T1R1	34.1	0.341	0.6236
T1R2	32.5	0.325	0.6066
T1R3	42.5	0.425	0.7101
T2R1	34.1	0.341	0.6236
T2R2	42.5	0.425	0.7101
T2R3	31.6	0.316	0.5970
T3R1	31.6	0.316	0.5970
T3R2	42.5	0.425	0.7101
T3R3	31.6	0.316	0.5970
T4R1	34.1	0.341	0.6236
T4R2	39.1	0.391	0.6755
T4R3	31.6	0.316	0.5970
Limo			
T1R1	23.4	0.234	0.5049
T1R2	25	0.25	0.5236
T1R3	27.5	0.275	0.5520
T2R1	25.9	0.259	0.5339
T2R2	27.5	0.275	0.5520
T2R3	25.9	0.259	0.5339
T3R1	25.9	0.259	0.5339
T3R2	25	0.25	0.5236
T3R3	25.9	0.259	0.5339
T4R1	23.4	0.234	0.5049
T4R2	28.4	0.284	0.5620
T4R3	25	0.25	0.5236
Arcilla			
T1R1	42.5	0.425	0.7101
T1R2	42.5	0.425	0.7101
T1R3	30	0.3	0.5796
T2R1	40	0.4	0.6847
T2R2	30	0.3	0.5796
T2R3	42.5	0.425	0.7101
T3R1	42.5	0.425	0.7101
T3R2	32.5	0.325	0.6066
T3R3	42.5	0.425	0.7101
T4R1	42.5	0.425	0.7101
T4R2	32.5	0.325	0.6066
T4R3	43.4	0.434	0.7192

Apéndice D.
Datos del Diseño de Experimentos Bloques
completamente al Azar.

Análisis de Varianza Suelo del bajo.

TABLA DE DATOS

VARIABLE: arena

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	0.5236	0.5419	0.5419
2	0.5419	0.5131	0.5698
3	0.5520	0.5131	0.5698
4	0.5520	0.5419	0.5236

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	0.000135	0.000045	0.0972	0.958
Bloques	2	0.001154	0.000577	1.2491	0.353
Error	6	0.002773	0.000462		
Total	11	0.004062			

C.V. = 3.98%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	0.535800
2	0.541600
3	0.544967
4	0.539167

TABLA DE DATOS

VARIABLE: limo

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	0.6331	0.6162	0.6162
2	0.6425	0.6425	0.6162
3	0.6331	0.6425	0.5894
4	0.6331	0.6425	0.6591

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	0.001113	0.000371	1.1322	0.409
Bloques	2	0.000638	0.000319	0.9736	0.568
Error	6	0.001966	0.000328		
Total	11	0.003717			

C.V. = 2.87%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	0.621833
2	0.633733
3	0.621667
4	0.644900

TABLA DE DATOS

VARIABLE: arcilla

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	0.6847	0.6847	0.6847
2	0.6591	0.6847	0.6591
3	0.6591	0.6847	0.6847
4	0.6591	0.6591	0.6591

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	0.001091	0.000364	3.9948	0.070
Bloques	2	0.000328	0.000164	1.7984	0.244
Error	6	0.000546	0.000091		
Total	11	0.001966			

C.V. = 1.42%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	0.684700
2	0.667633
3	0.676167
4	0.659100

TABLA DE DATOS

VARIABLE: pH.

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	7.7000	7.6000	7.6000
2	7.6000	7.6000	7.6000
3	7.5000	7.6000	7.6000
4	7.6000	7.5000	7.6000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	0.009338	0.003113	1.0268	0.446
Bloques	2	0.001770	0.000885	0.2919	0.759
Error	6	0.018188	0.003031		
Total	11	0.029297			

C.V. = 0.73%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	7.633333
2	7.600000
3	7.566667
4	7.566667

TABLA DE DATOS

VARIABLE: Conductividad eléctrica.

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	6.9300	7.6200	6.9700
2	8.3300	7.9000	7.4100
3	7.6100	5.3700	6.5900
4	6.3300	5.9100	5.8900

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	5.732239	1.910746	4.7253	0.051
Bloques	2	0.936584	0.468292	1.1581	0.377
Error	6	2.426208	0.404368		
Total	11	9.095032			

C.V. = 9.21%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	7.173333
2	7.880000
3	6.523333
4	6.043333

**Análisis de Varianza de los Resultados de la Muestra de Suelo los
"Pinos".**

TABLA DE DATOS

VARIABLE: arena

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	0.6236	0.6066	0.7101
2	0.6236	0.7101	0.5970
3	0.5970	0.7101	0.5970
4	0.6236	0.6755	0.5970

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	0.000443	0.000148	0.0527	0.982
Bloques	2	0.008048	0.004024	1.4352	0.310
Error	6	0.016823	0.002804		
Total	11	0.025314			

C.V. = 8.28%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	0.646767
2	0.643567
3	0.634700
4	0.632033

TABLA DE DATOS

VARIABLE: limo

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	0.5049	0.5236	0.5520
2	0.5339	0.5520	0.5339
3	0.5339	0.5236	0.5339
4	0.5049	0.5620	0.5236

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	0.000285	0.000095	0.2668	0.847
Bloques	2	0.000969	0.000485	1.3593	0.326
Error	6	0.002140	0.000357		
Total	11	0.003394			

C.V. = 3.55%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	0.526833
2	0.539933
3	0.530467
4	0.530167

TABLA DE DATOS

VARIABLE: arcilla

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	0.7101	0.7101	0.5796
2	0.6847	0.5796	0.7101
3	0.7101	0.6066	0.7101
4	0.7101	0.6066	0.7192

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	0.000775	0.000258	0.0670	0.975
Bloques	2	0.012777	0.006389	1.6583	0.267
Error	6	0.023116	0.003853		
Total	11	0.036668			

C.V. = 9.27%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	0.666600
2	0.658133
3	0.675600
4	0.678633

TABLA DE DATOS

VARIABLE: pH.

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	7.8000	7.8000	7.8000
2	7.8000	7.8000	7.8000
3	7.8000	7.8000	7.8000
4	7.8000	7.8000	7.6000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	0.010010	0.003337	1.0000	0.456
Bloques	2	0.006653	0.003326	0.9970	0.575
Error	6	0.020020	0.003337		
Total	11	0.036682			

C.V. = 0.74%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	7.800001
2	7.800001
3	7.800001
4	7.733334

TABLA DE DATOS

VARIABLE: conductividad eléctrica.

TRATA.	BLOQUES		
	1	2	3
1	1.3500	1.7000	1.0500
2	1.2100	1.1100	1.0500
3	1.2400	1.2100	1.3600
4	1.1500	1.0200	1.6400

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	0.090694	0.030231	0.4046	0.757
Bloques	2	0.002851	0.001426	0.0191	0.982
Error	6	0.448280	0.074713		
Total	11	0.541826			

C.V. = 21.74%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	1.366667
2	1.123333
3	1.270000
4	1.270000