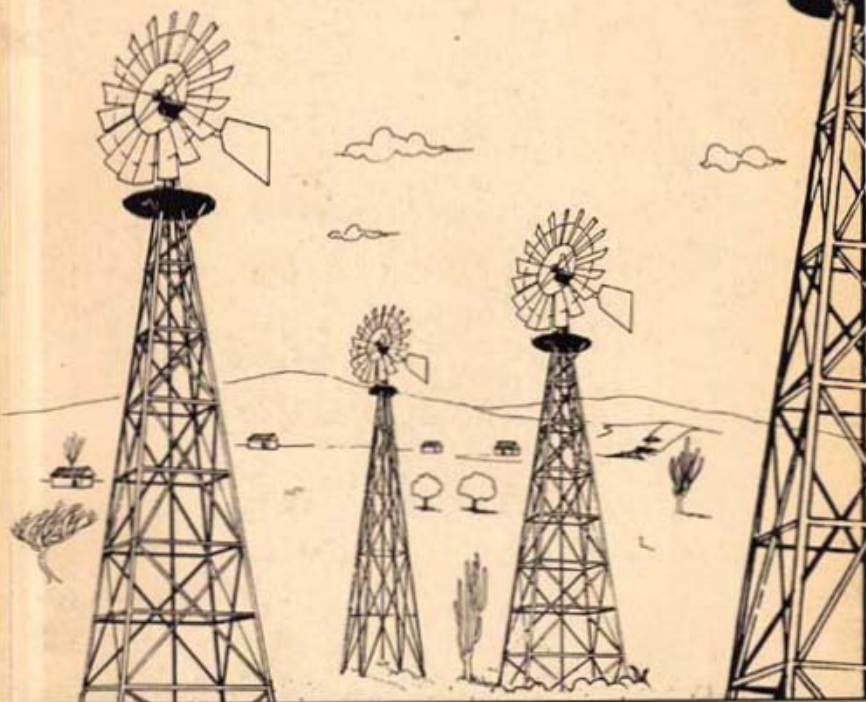


FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE MOLINOS DE VIENTO

Cartilla para los usuarios

Miguel Vega M.
Mauricio González G.
Luis Fernando Molina P.



Los autores

Ing. Miguel Vega
Profesor de la Facultad de Ingeniería
de la Universidad Nacional de Colombia.

Arq. Luis Fernando Molina
Entorno Ltda.

Arq. Mauricio González
Entorno Ltda.

Diseño Diagramación
Ilustración y montaje:
Entorno Ltda.

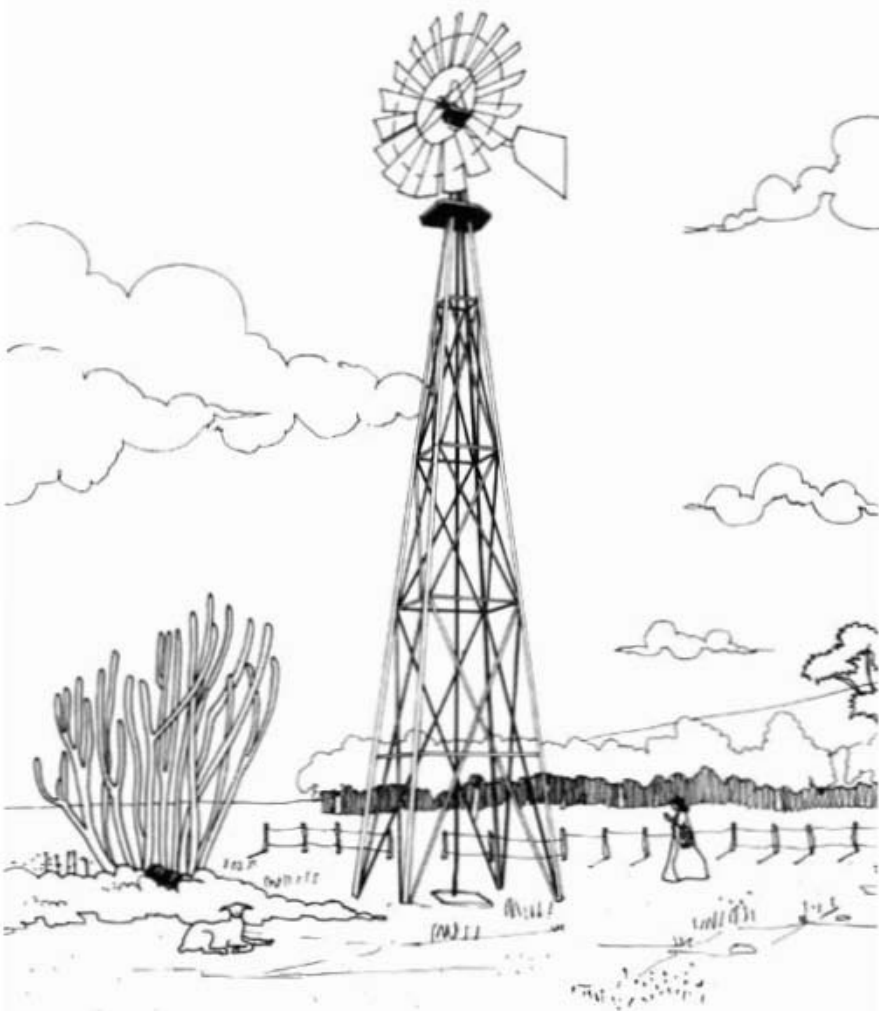
Derechos Reservados **SENA - UNIVERSIDAD NACIONAL**
Prohibida su reproducción total o parcial

INTRODUCCION

La Universidad Nacional de Colombia (UN) en convenio con el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) viene realizando una serie de proyectos de investigación tecnológica con el fin de dar solución a problemas específicos de la comunidad.

El presente manual forma parte de un conjunto de publicaciones que la universidad Nacional está realizando con miras a la difusión de tecnologías, en este caso se presenta uno de los resultados del trabajo desarrollado en el área de los molinos de viento.

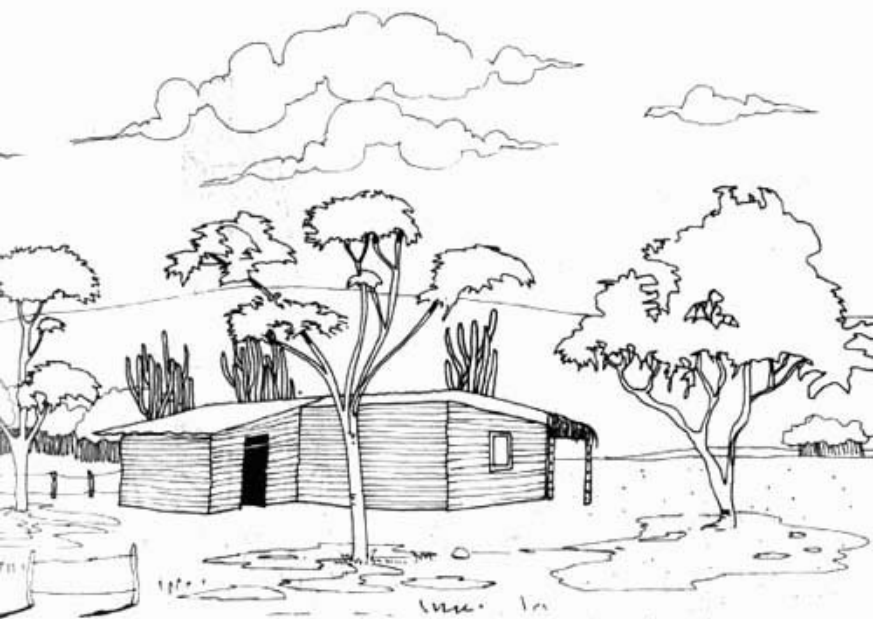
1. GENERALIDADES



El hombre a través de la historia ha utilizado en su beneficio la energía (empuje o movimiento) que se encuentra presente en la naturaleza en formas tan variadas como el carbón, el petróleo y sus derivados, los rayos solares, las caídas de agua y las corrientes de aire. Para esto se han desarrollado sistemas que captan la energía y la ponen a disposición del hombre como el motor a gasolina, el motor eléctrico y los molinos de viento. Estos últimos como lo indica su nombre son accionados por el viento y se emplean para la extracción de agua o en la generación de energía eléctrica.

En Colombia se han utilizado durante

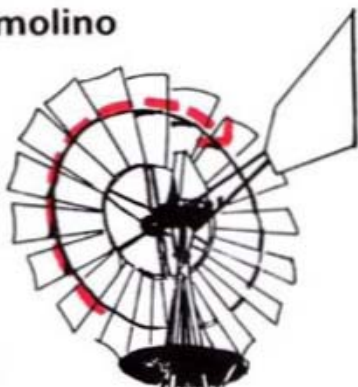
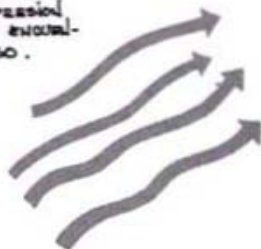
muchos años, específicamente en zonas caracterizadas por presentar vientos, como en el departamento de la Guajira, donde se cuentan más de quinientos aparatos o en la sabana de Bogotá donde existen miles de ellos; siendo utilizados en casi su totalidad para la extracción de agua, desde el subsuelo hasta la superficie, aprovechándose para abastecer las necesidades del hombre y las comunidades, regar los cultivos y en la crianza de animales. En el presente manual usted podrá aprender con facilidad, cómo funciona un molino de viento, cómo se controla, cuáles son los sistemas que lo componen y cuál es el mantenimiento apropiado.



1.1 Descripción del molino

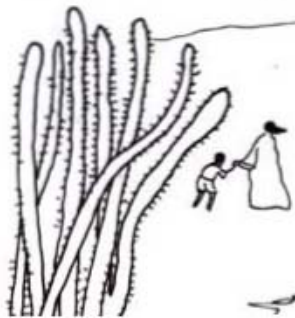
EL ROTOR ES LA RUEDA QUE GIRA IMPULSADA POR EL VIENTO

EL VIENTO ES UNA CORRIENTE DE AIRE QUE EJERCE PRESIÓN SOBRE LO QUE ENCONTRA A SU PASO.



Definición

Los molinos de viento son máquinas que aprovechan la velocidad del viento por medio de una gran rueda llamada "rotor" que gira impulsada por las corrientes de aire; este movimiento el molino lo aprovecha para producir energía mecánica o energía eléctrica.



LA VELETA ORIENTA
AL ROTOR DE FRENTE
AL VIENTO



LA TORRE ES ALTA PARA
EVITAR QUE OBSTACULOS
COMO, CASAS, ARBOLES Y
OTROS DETENGAN EL VIENTO

1.2 Clasificación y Usos

Por la velocidad de giro del rotor los molinos de viento se pueden clasificar en lentos y rápidos:

1. Molinos de Viento lentos.



EL RÓTOR ESTA
COMPUESTO POR
8 A 18 ASPAS

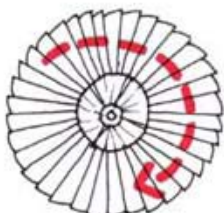
El rotor de este molino está compuesto de 8 a 18 aspas dispuestas en forma de superficie circular con un diámetro que varía de 1 a 5 mts. Estas características hacen que el rotor cubra una gran superficie para enfrentar y captar la energía del viento. Por esto, aún con vientos de bajas velocidades, este tipo de molino

arranca o entra en funcionamiento.

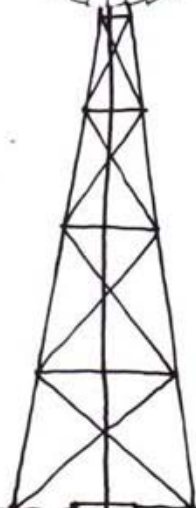
Los molinos de viento lentos se emplean para la extracción de agua desde pozos subterráneos por medio de bombas, porque las velocidades de funcionamiento del molino y la bomba son compatibles.



CUANDO ESTA
ACOPLADO CON LA
BOMBA ABRANCA
CON VIENTOS
DE 2 A 3 m/s.



EL ROTOR
GIRA A BAJAS
VELOCIDADES



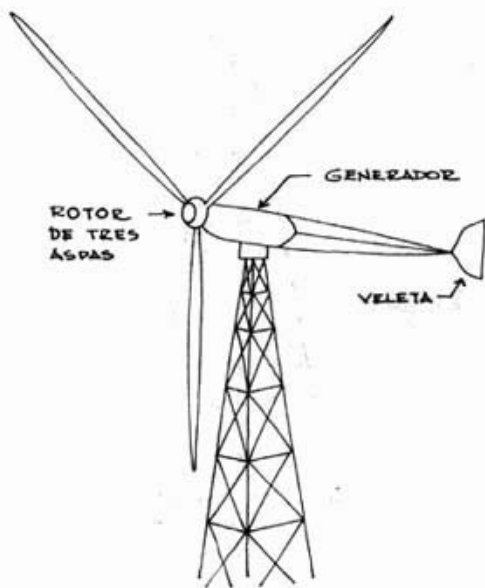
EXTRACCION DE
AGUA.

BOMBA



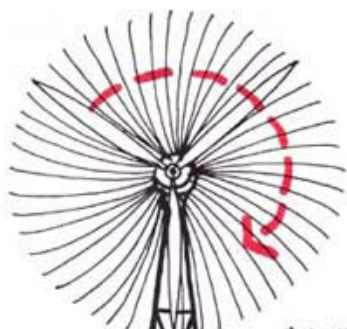
m/s: METROS POR SEGUNDO

2. Molinos de Viento Rápidos.



El rotor de este molino está compuesto por una a seis aspas que conforman una mínima superficie para enfrentar al viento, giran por un efecto aerodinámico o para decirlo de otra manera, giran por la velocidad del viento que enfrenta la pequeña superficie de sus aspas.

Los molinos de viento rápidos se emplean para la producción de energía eléctrica por medio de un generador, por ser compatibles las velocidades de éste con las del molino. Por necesitar de vientos rápidos, la ubicación de estos molinos requiere de un estudio de las condiciones del terreno.

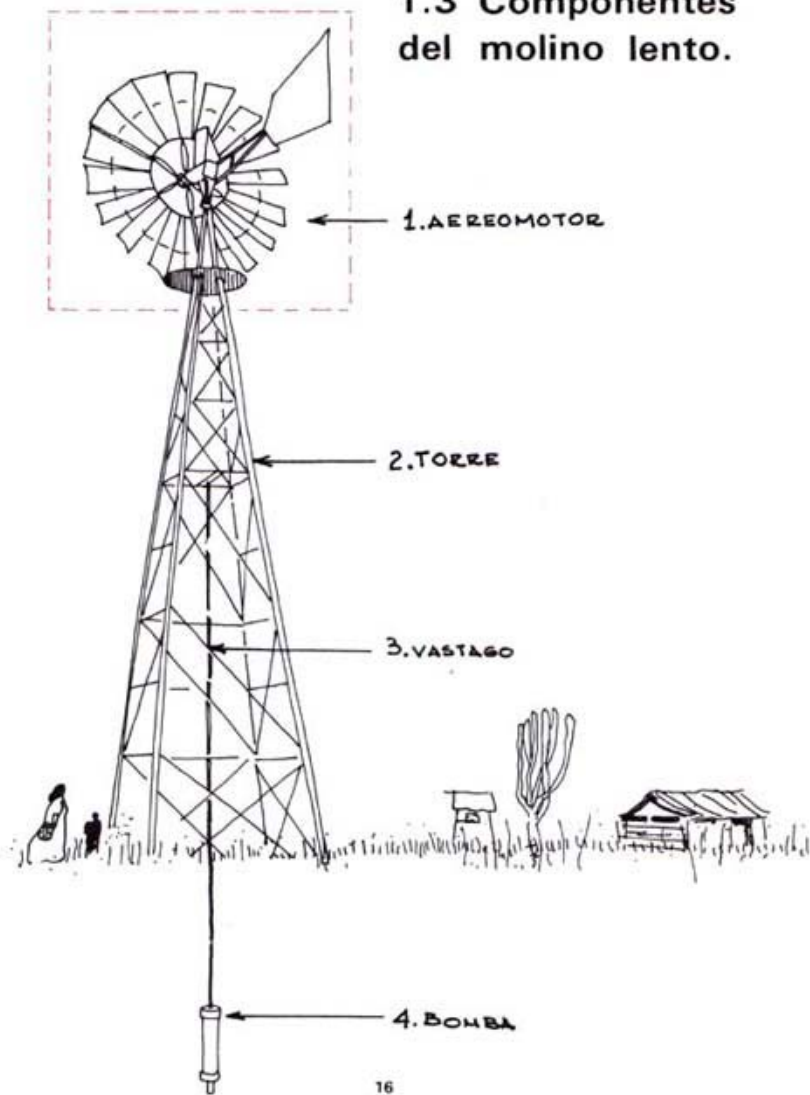


ARRAUCAN CON
VIENTOS MINIMO
DE 2-3 m/s.

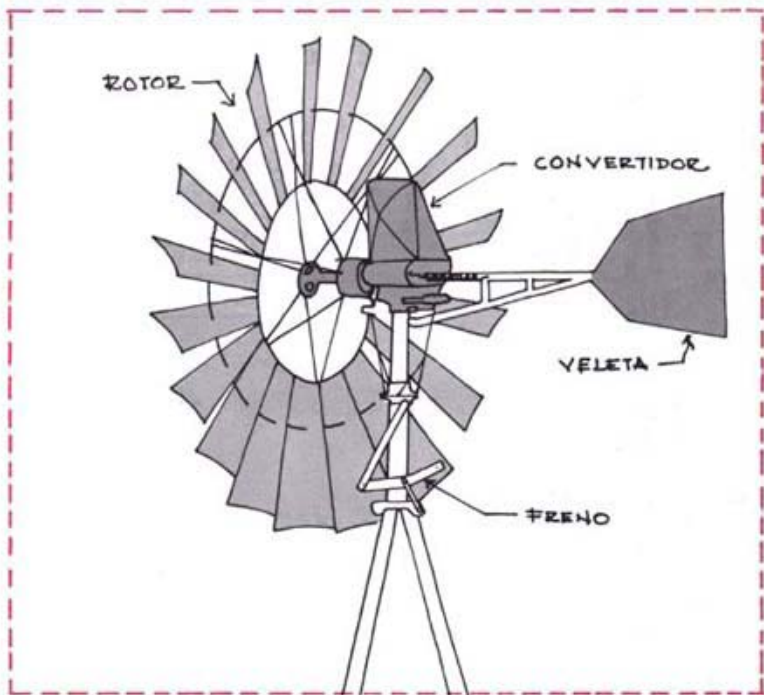
EL ROTOR GIRA A
ALTAS VELOCIDADES

PRODUCCION DE
ENERGIA ELECTRICA.

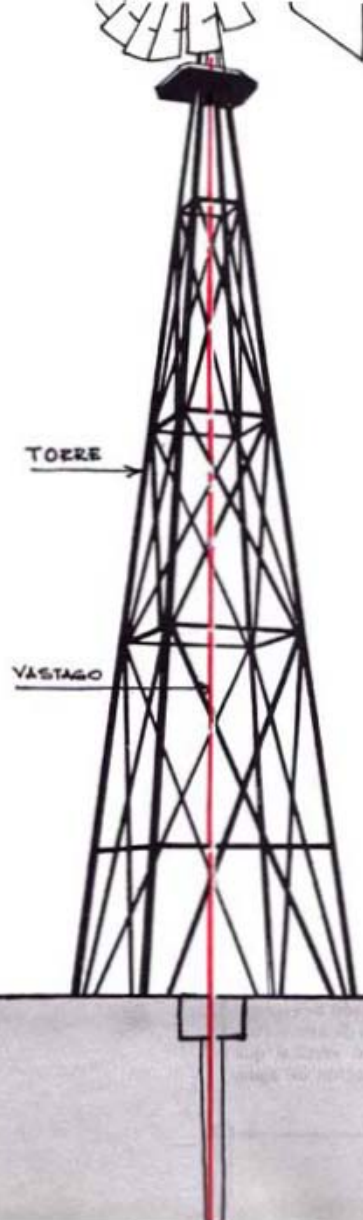
1.3 Componentes del molino lento.



1. Aereomotor.



Está ubicado en la parte superior del molino de viento, es el encargado de recoger la energía de las corrientes de aire y convertirla en un movimiento vertical que se aprovecha para la extracción de agua.



2. Torre

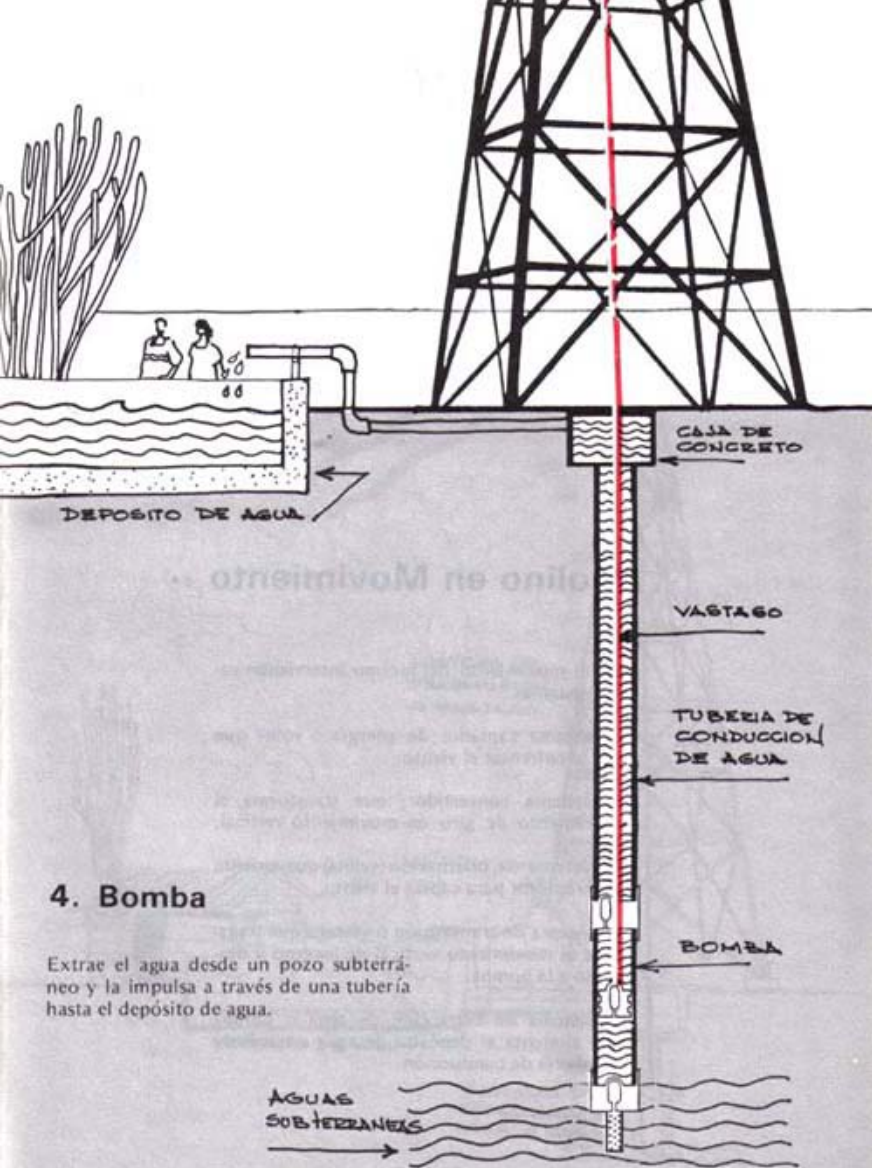
La torre es una estructura construida con ángulos de acero unidos entre sí por medio de tuercas y tornillos, reforzados con tensores.

En la parte superior se encuentran la plataforma y el tubo o base de la carcasa que soporta y permite el giro del aeromotor para enfrentar los vientos más fuertes.

En la parte inferior de la torre se encuentran las bases de concreto que la soportan.

3. Vastago.

Transmite el movimiento desde el aeromotor hasta la bomba.



4. Bomba

Extrae el agua desde un pozo subterráneo y la impulsa a través de una tubería hasta el depósito de agua.

2. FUNCIONAMIENTO

1a. PARTE

El funcionamiento de los molinos de viento depende de varios sistemas, para una mayor comprensión de éstos estudiaremos inicialmente los sistemas que intervienen cuando el molino se encuentra en movimiento.

Molino en Movimiento

En el movimiento del molino intervienen varios sistemas:

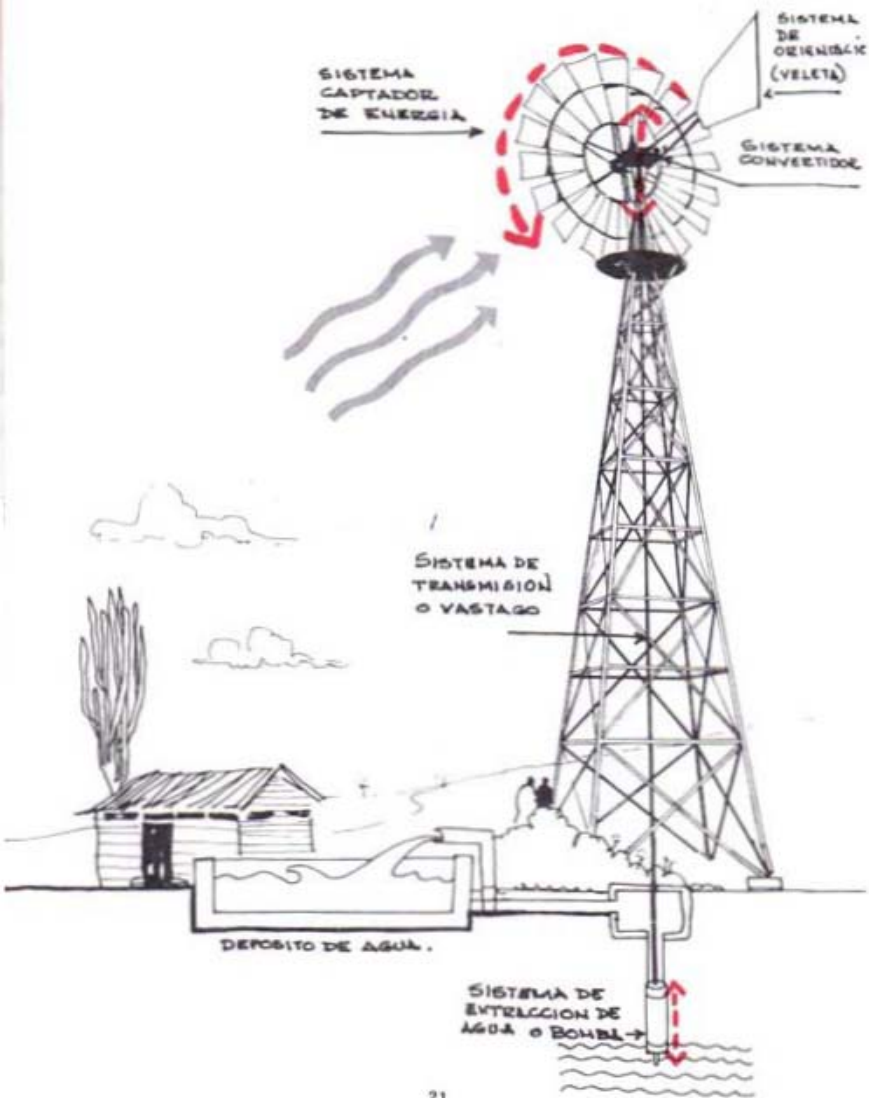
El sistema captador de energía o rotor que gira al enfrentar el viento.

El sistema convertidor, que transforma el movimiento de giro en movimiento vertical.

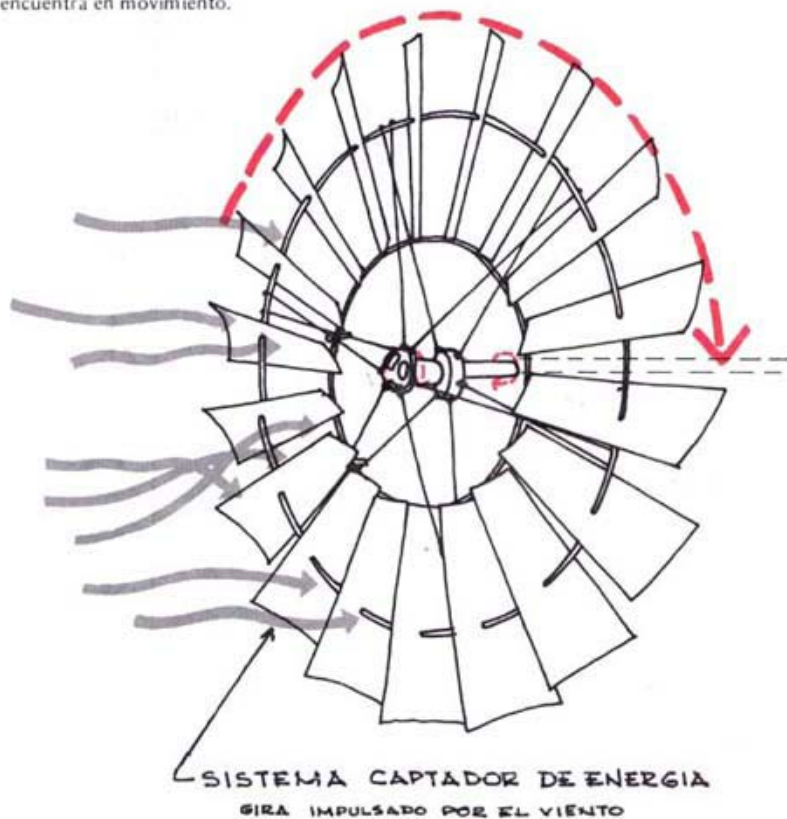
El sistema de orientación (veleta) que orienta al aeromotor para captar el viento.

El sistema de transmisión o vástago que transmite el movimiento vertical de ascenso y descenso a la bomba.

El sistema de extracción de agua o bomba que alimenta el depósito de agua a través de la tubería de conducción.

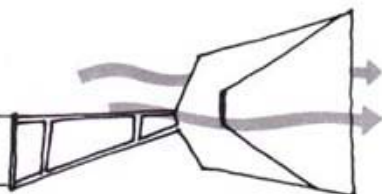


A continuación estudiaremos los sistemas que intervienen cuando el molino se encuentra en movimiento.



SISTEMA CONVERTIDOR

CONVIERTE EL MOVIMIENTO
DE SIRO DE LA RUEDA EN
MOVIMIENTO VERTICAL .



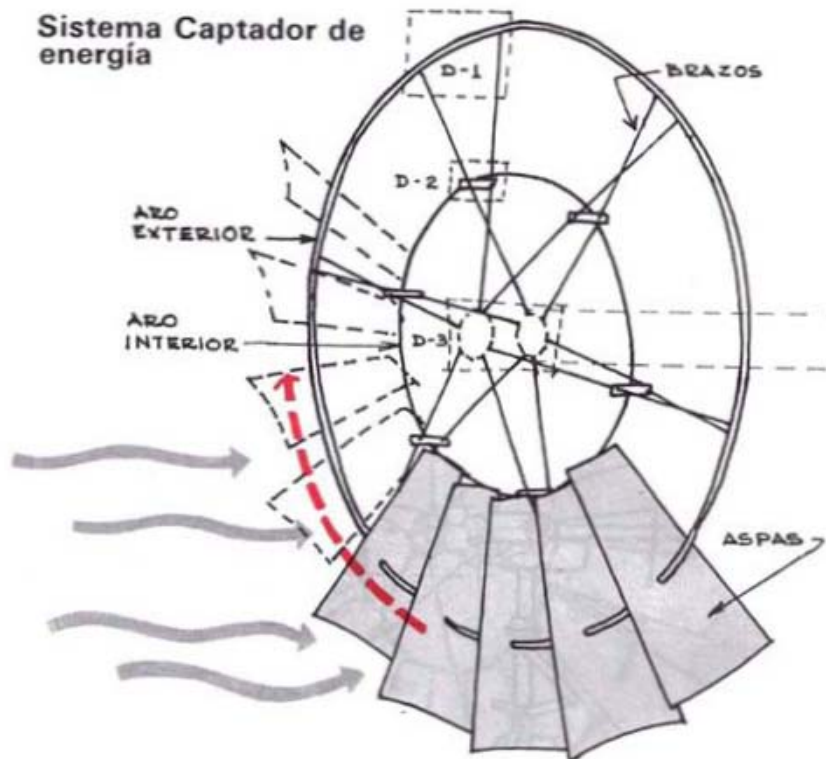
SISTEMA DE
ORIENTACION
(VELETA)

ORIENTA AL AERO-
MOTOR DE FRENTE
AL VIENTO .



SISTEMA DE
TRANSMISION
(VASTAGO)

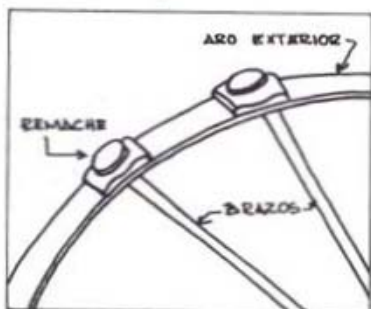
Sistema Captador de energía



Todas las partes que vemos en el gráfico conforman un conjunto denominado sistema captador de energía.

DETALLE I

UNION DE LOS
BRAZOS CON
EL ARO EXTERIOR.



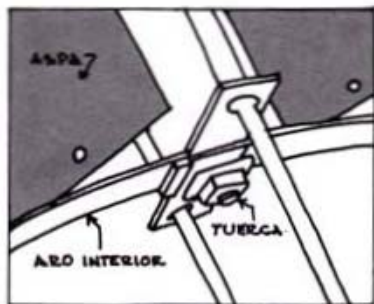


Este sistema recibe la acción del viento a través de las aspas, que van montadas sobre el esqueleto formado por anillos y brazos los cuales se atornillan al cubo que gira con el eje.

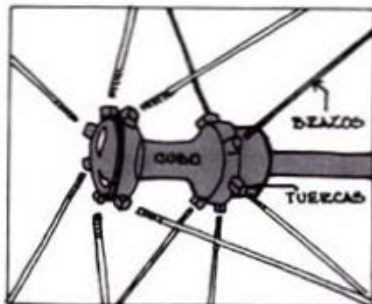
Con este sistema se obtiene el movimiento (mecánico) de giro del eje del rotor.

La parte estructural del rotor y su forma de unión se ve en los tres detalles.

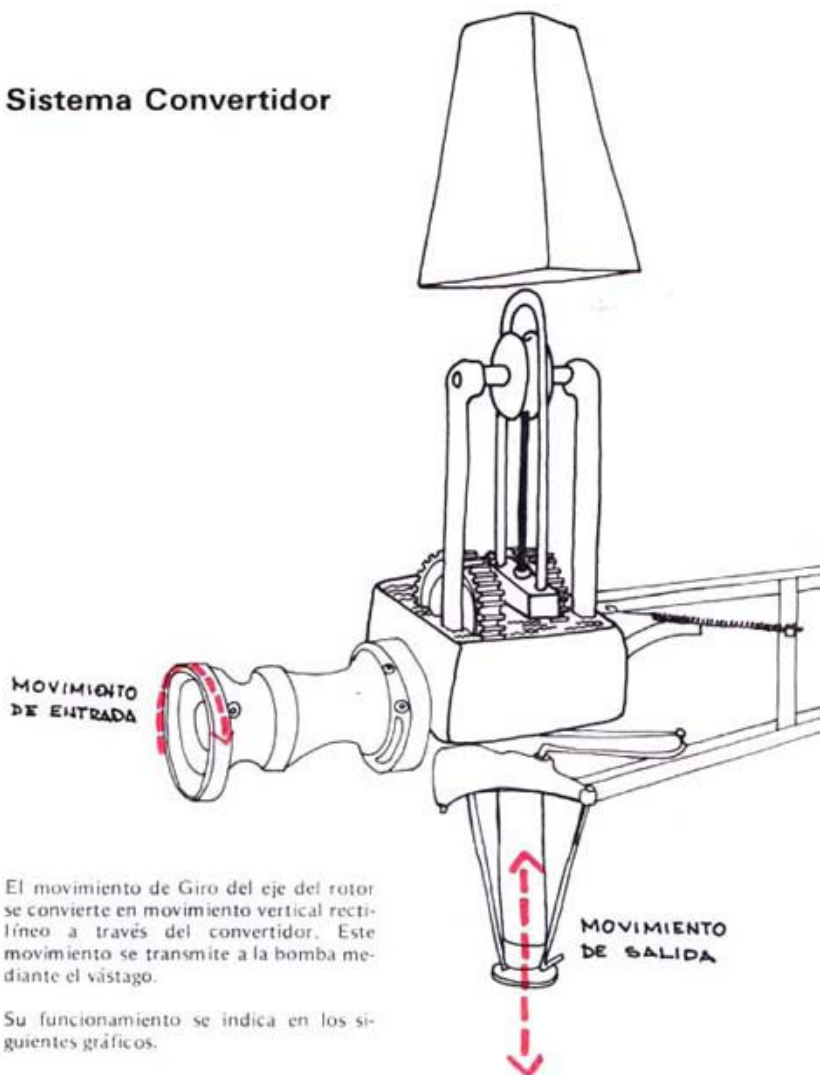
DETALLE 2
UNION DE LOS BRAZOS
CON EL ARO INTERIOR



DETALLE 3
UNION DE LOS BRAZOS
CON EL CUBO



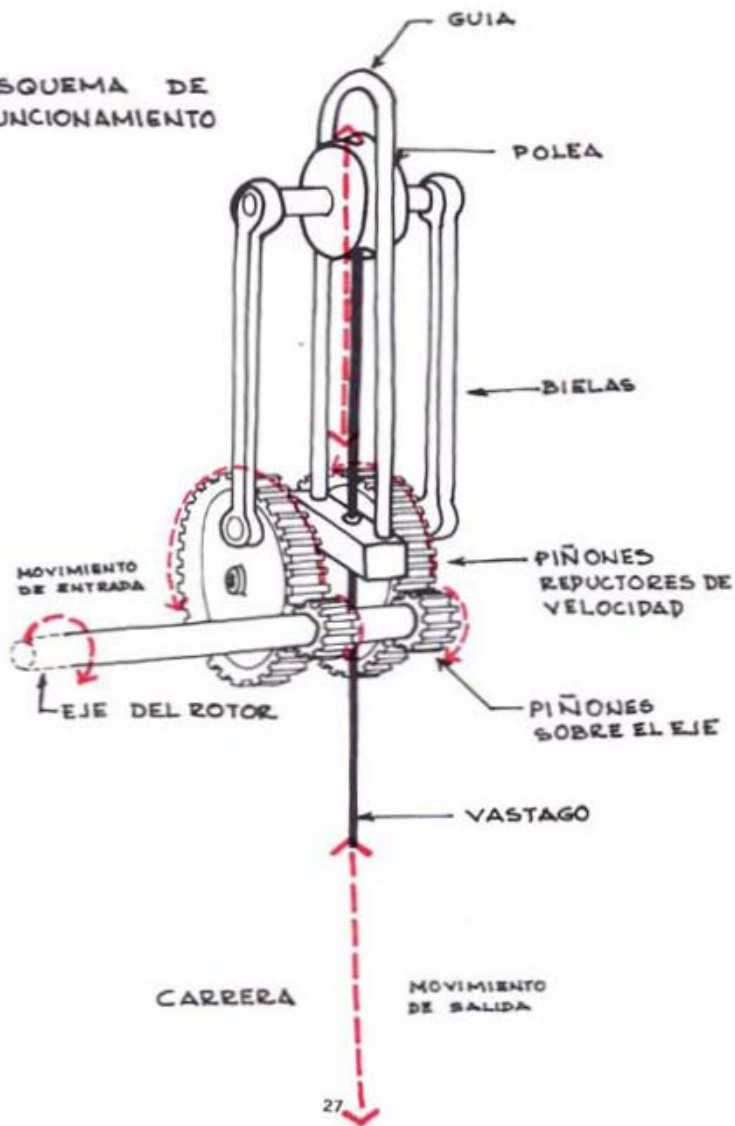
Sistema Convertidor

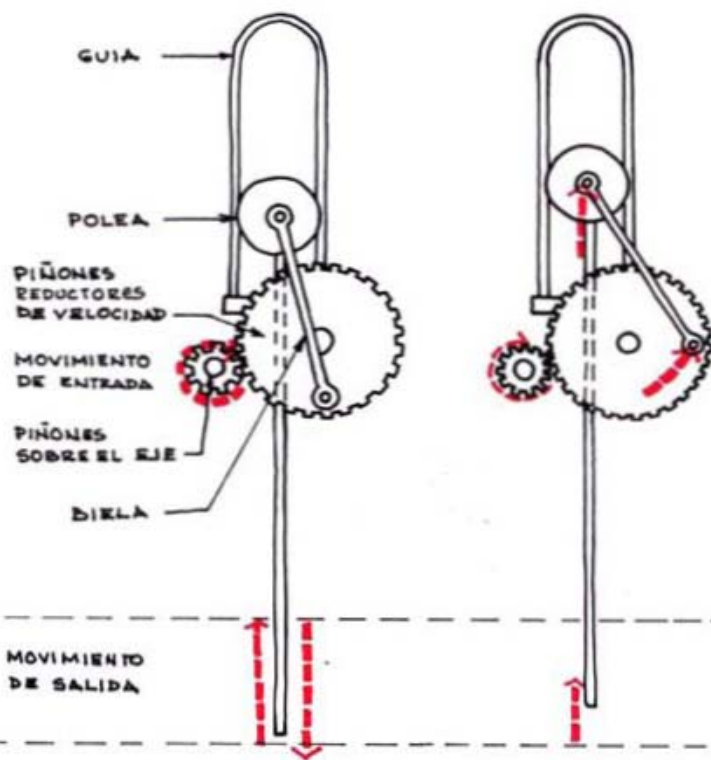


El movimiento de Giro del eje del rotor se convierte en movimiento vertical rectilíneo a través del convertidor. Este movimiento se transmite a la bomba mediante el vástago.

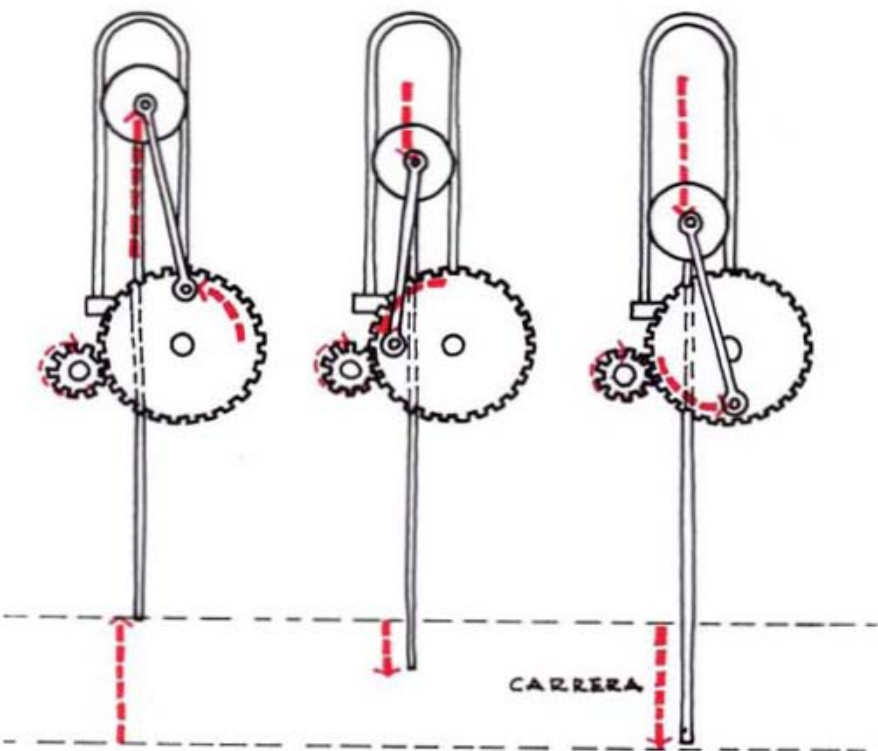
Su funcionamiento se indica en los siguientes gráficos.

ESQUEMA DE
FUNCIONAMIENTO





Los piñones sobre el eje transmiten el movimiento de éste a los piñones *reductores* de velocidad, sobre los cuales van montados los extremos inferiores de las bielas



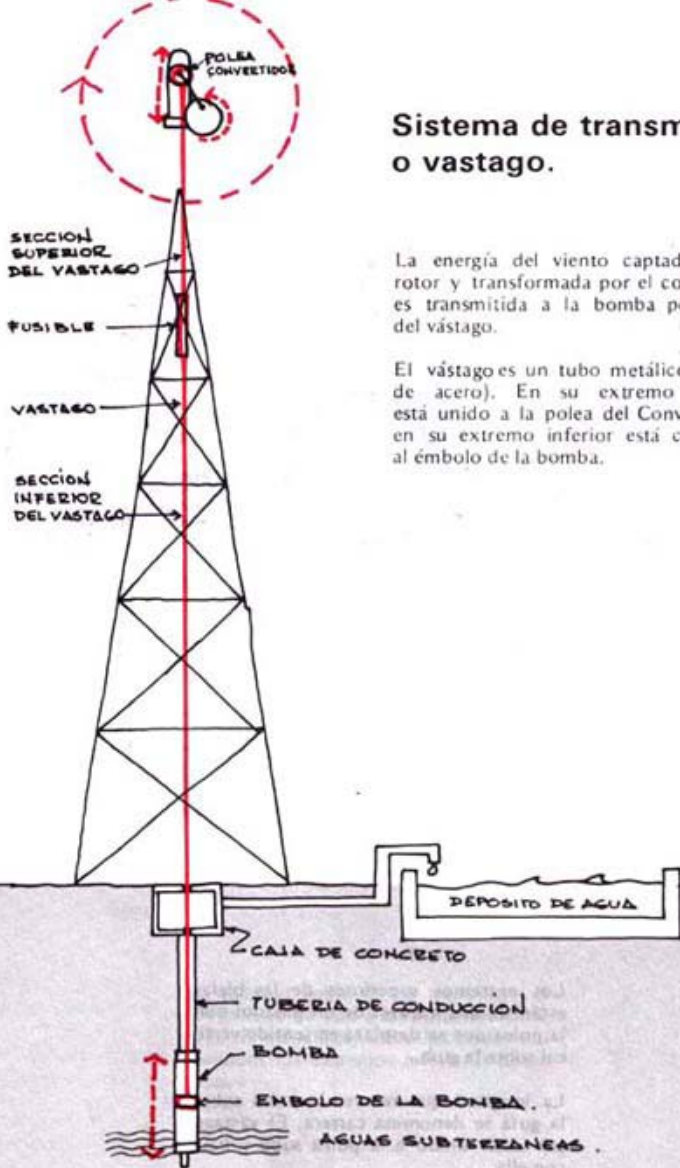
Los extremos superiores de las bielas están unidos a través de un pasador con la polea que se desplaza en sentido vertical sobre la guía.

La longitud que recorre la polea sobre la guía se denomina carrera. El vástago por estar unido a la polea sube y baja con ella.

Sistema de transmisión o vástago.

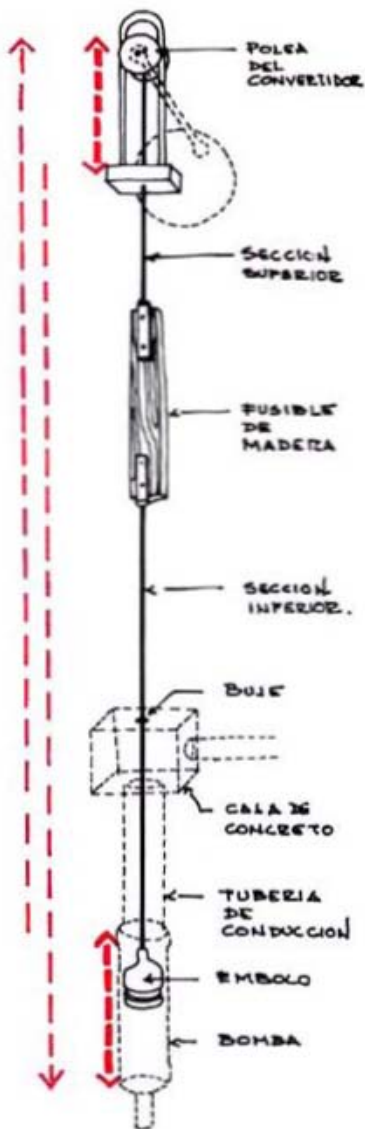
La energía del viento captada por el rotor y transformada por el convertidor es transmitida a la bomba por medio del vástago.

El vástago es un tubo metálico, (varilla de acero). En su extremo superior está unido a la polea del Convertidor y en su extremo inferior está conectado al émbolo de la bomba.

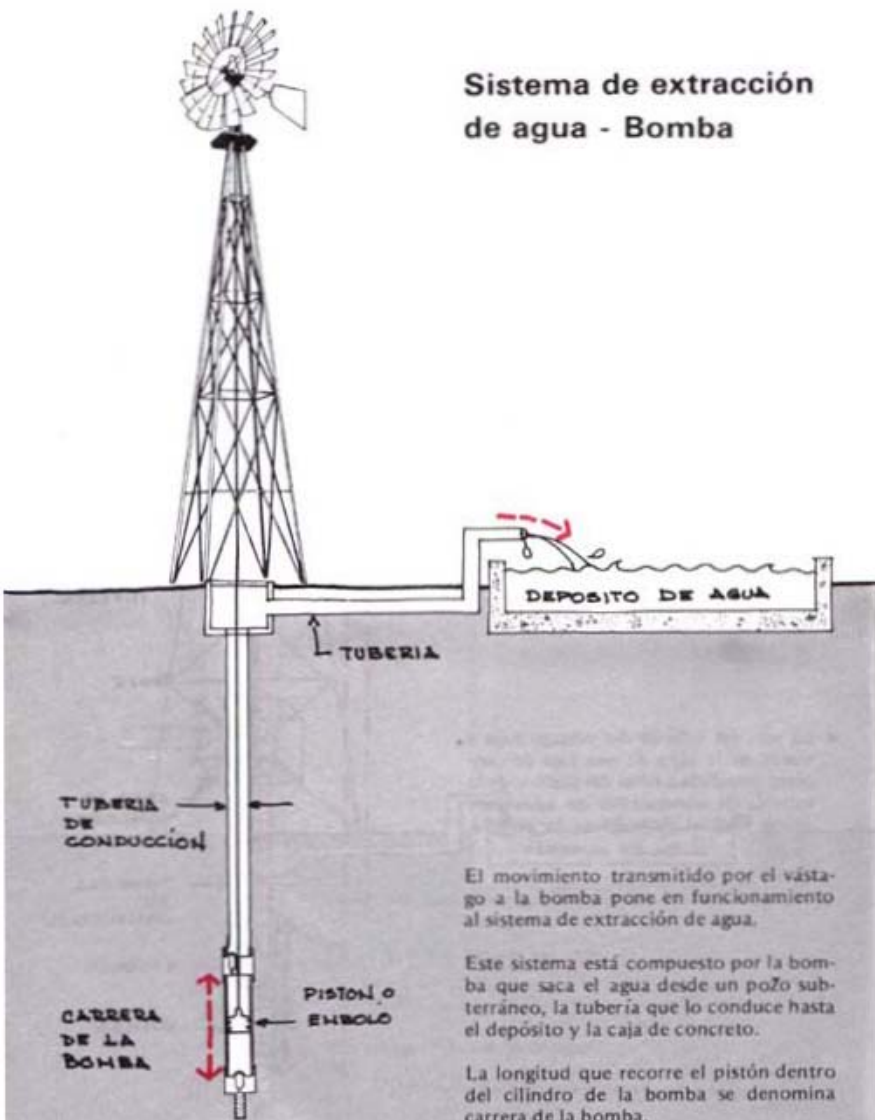


El vástago está compuesto por tres elementos.

- La sección superior es un elemento metálico que une la polea con el fusible.
- El fusible es un elemento de seguridad que en el caso de una obstrucción en la bomba se rompe impidiendo el daño o deterioro de cualquiera de las partes del molino. Generalmente es un tramo de madera.
- La sección inferior del vástago pasa a través de la tapa de una caja de concreto instalada a nivel del suelo y de la tubería de conducción de agua para unirse con el émbolo de la bomba.



Sistema de extracción de agua - Bomba



El movimiento transmitido por el vástago a la bomba pone en funcionamiento al sistema de extracción de agua.

Este sistema está compuesto por la bomba que saca el agua desde un pozo subterráneo, la tubería que lo conduce hasta el depósito y la caja de concreto.

La longitud que recorre el pistón dentro del cilindro de la bomba se denomina carrera de la bomba.

La bomba está compuesta por cuatro elementos:

- La tapa superior se enrosca al tubo o cuerpo de la bomba, tiene una válvula que deja pasar el agua en una sola dirección. Además permite el paso del vástago.
- El pistón impulsado por el vástago se desplaza dentro del tubo, actúa como una jeringa succionando el agua haciéndola ingresar a la bomba para luego impulsarla a través de la tubería de conducción hasta el depósito.
- El tubo o cuerpo de la bomba es de acero, dentro de éste se desplaza el pistón. Tiene rosca en sus dos extremos para el ajuste de las tapas.
- La tapa inferior se enrosca al tubo. Al igual que la tapa superior tiene una válvula que permite el paso del agua en un solo sentido.

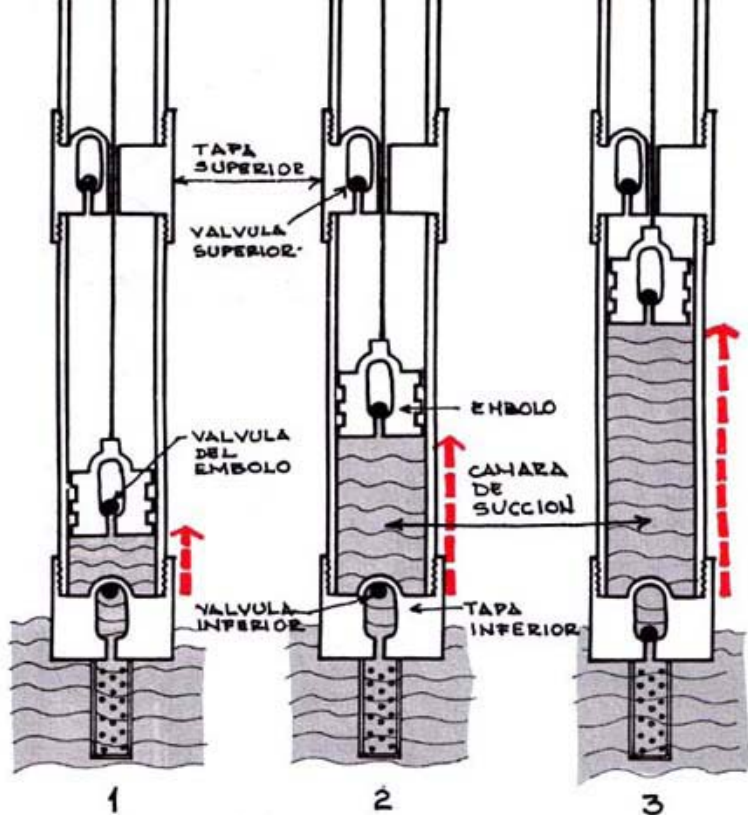
TUBERÍA DE CONDUCCIÓN

TAPA SUPERIOR

PISTÓN O EMBOLO

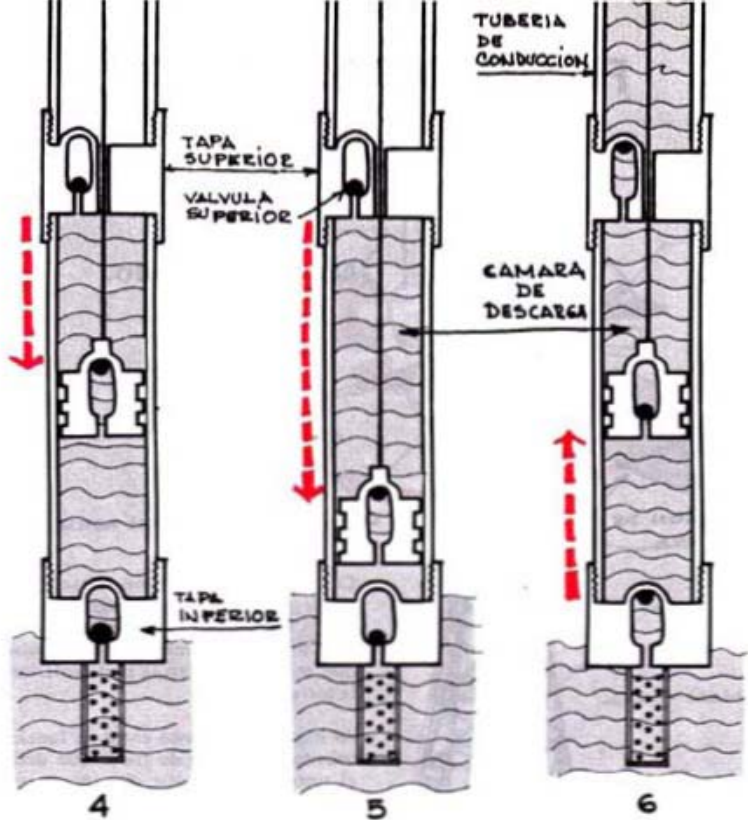
CUERPO DE LA BOMBA

TAPA INFERIOR



En los gráficos se muestra el funcionamiento de la bomba.

1.2.3. Cuando el émbolo sube por primera vez, la válvula inferior se abre permitiendo el paso de agua a la Cámara de Succión. (4.5)



4.5. Cuando el émbolo baja:

- La válvula inferior se cierra por acción del agua que se encuentra en la cámara de succión.
- La válvula del émbolo se abre permitiendo el paso del agua a la cámara de descarga.

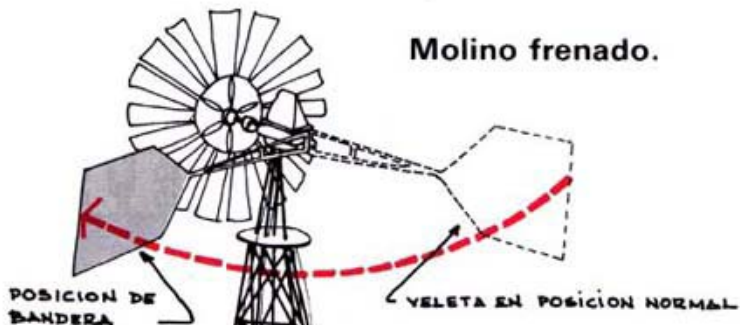
6. Al subir nuevamente el émbolo:

- Se abre la válvula inferior y llena la cámara de succión.
- Se abre la válvula superior permitiendo el paso del agua que se encuentra en la cámara de descarga o la tubería de conducción.
- La válvula del émbolo se cierra.

FUNCIONAMIENTO

2a. PARTE

Molino frenado.

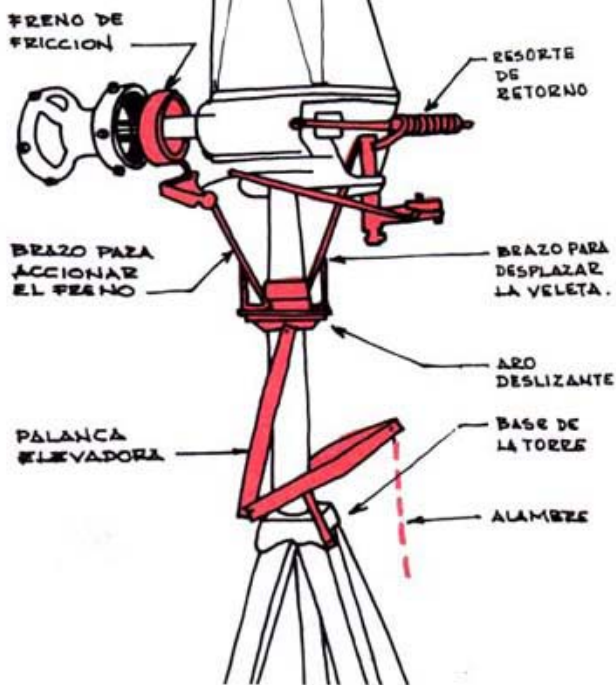


Cuando por alguna razón se hace necesario detener el molino, se logra por medio de los sistemas de orientación y frenado que se accionan mediante una palanca que se encuentra en la parte inferior de la torre.

Al halar esta palanca entra en funcionamiento el sistema de freno que detiene el rotor, a la vez que dispone de veleta en posición de bandera, como se aprecia en el gráfico, desorientando así el rotor con respecto al viento e impidiendo el movimiento del molino.



Sistema de freno.



El movimiento dado a la palanca en la parte inferior de la torre se transmite a través de un alambre (guaya) hasta los mecanismos que conforman el sistema de freno y que se encuentran alrededor del tubo o base de la carcaza.

El alambre desplaza la palanca elevadora, que empuja el aro deslizante hacia arriba. El aro deslizante tiene dos brazos, al subir el aro uno de los brazos acciona el

freno de fricción mientras el otro desplaza la veleta hasta la posición de bandera lográndose con esto la detención del molino.

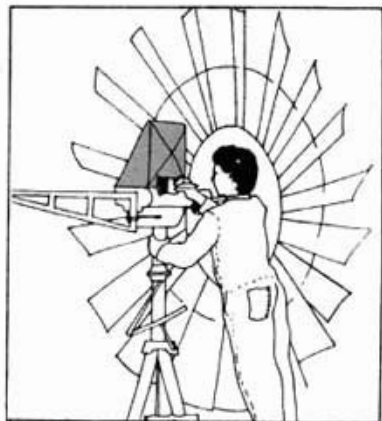
Al dejar libre la palanca de freno el molino entra en movimiento en forma automática gracias a una serie de resortes que ponen la veleta paralela al viento y desactivan el freno de fricción.

3. MANTENIMIENTO

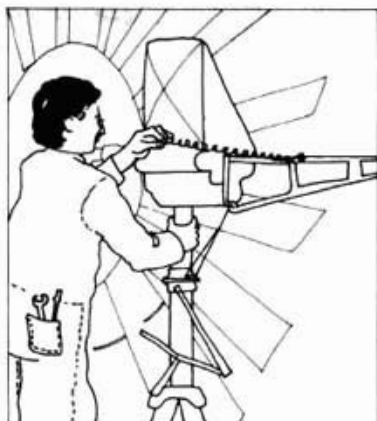
Para conservar el molino en buen estado es necesario aplicar un correcto mantenimiento a cada una de sus partes. Hay dos clases de mantenimiento:

Preventivo: que se aplica al molino con el fin de evitar daños por falta de lubricación o por oxidación (corrosión).

Reparativo: que se lleva a cabo cuando alguna de las partes del molino se deteriora o se rompe, lo que puede producir un funcionamiento ineficiente o la total detención del molino.



MANTENIMIENTO PREVENTIVO



MANTENIMIENTO REPARATIVO

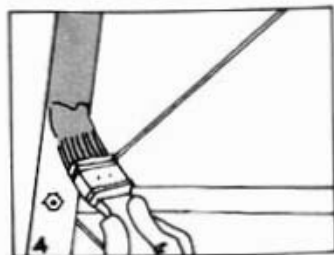
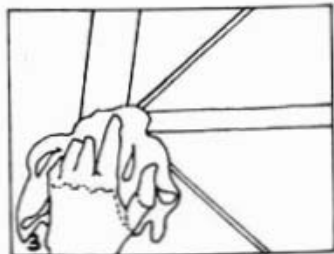
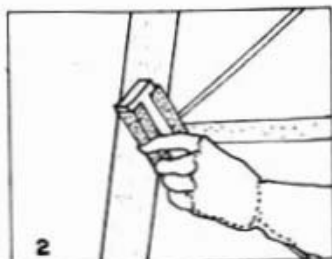
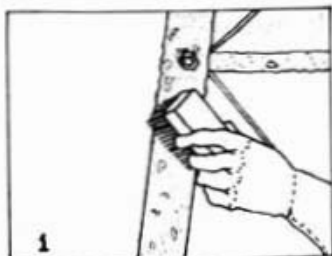
3.1 Mantenimiento preventivo

Los metales son sensibles al ataque de las sales que se encuentran presentes en el aire. Esto produce la oxidación o corrosión inicialmente en la superficie. De no retirarse a tiempo puede penetrar en el cuerpo del material destruyéndolo por completo.

La protección de los metales ante la corrosión se logra con la aplicación de pintura anticorrosiva sobre toda la superficie, lo que produce una capa que aísla al metal del contacto con el aire.

Cuando la corrosión se encuentra presente en alguna de las partes del molino el proceso a seguir es el siguiente:

1. Retirar con espátula o cepillo de cerdas metálicas (grata) la capa de óxido.
2. Pulir con lija para metales, de grano grueso, y disolvente (Tinner).
3. Limpiar por completo la superficie con un trapo humedecido en disolvente hasta retirar todo tipo de impurezas (residuos de óxido, polvo, aceites y grasas).
4. Aplicar pintura anticorrosiva con brocha hasta cubrir completamente la superficie metálica. Pueden ser necesarias varias manos.

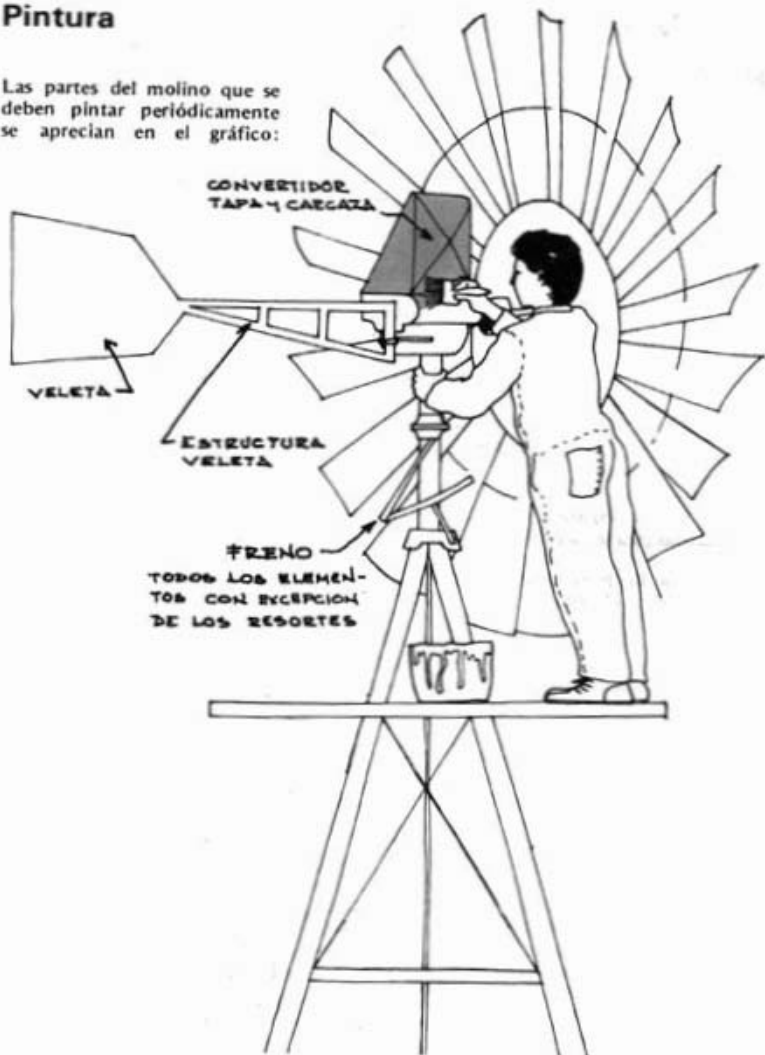


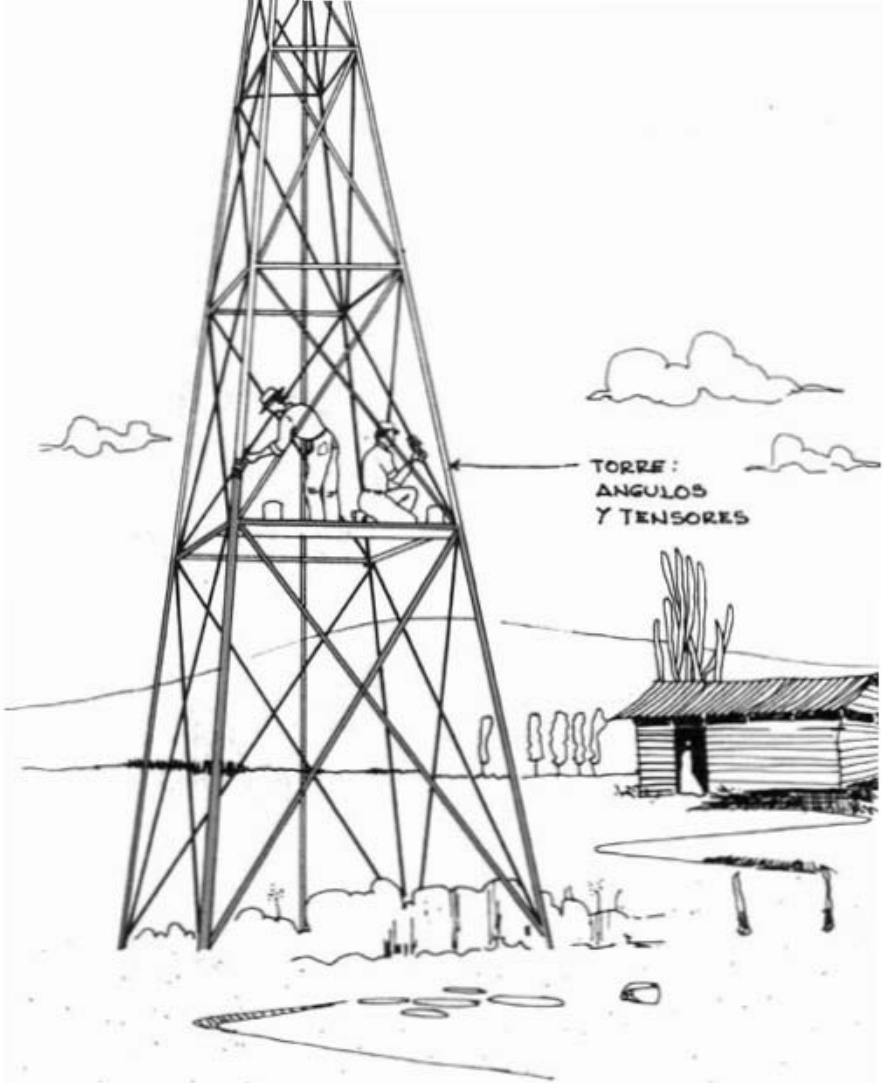
● RECOMENDACIONES

Revuelva con una espátula limpia el anticorrosivo antes de aplicarlo para mezclar bien sus componentes.
Utilice guantes de caucho para la realización de estos trabajos.

Pintura

Las partes del molino que se deben pintar periódicamente se aprecian en el gráfico:





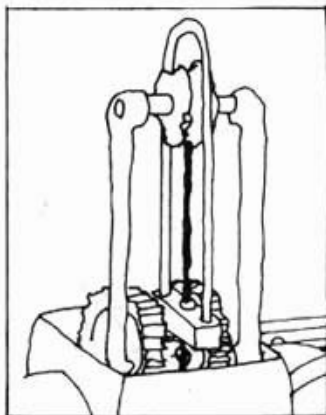
TORRE:
ANGULOS
Y TENSORES

Lubricación

Los molinos de viento son máquinas compuestas por una serie de partes que al entrar en movimiento sufren rozamiento o fricción de unas con otras.

Esto produce un desgaste superficial que deteriora las partes reduciendo a la vez el rendimiento del molino.

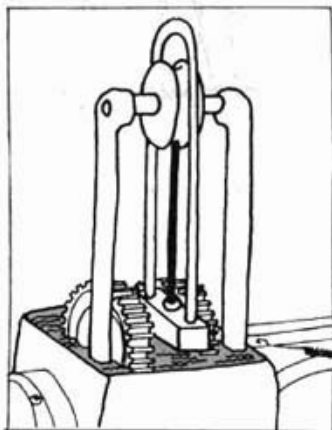
Al aplicar lubricantes el rozamiento y el desgaste de las partes se reducen, disminuyendo así el riesgo de daños y el costo de reparaciones, además de prolongar la vida del aparato.



**DESGASTE DE PARTES
POR FALTA DE LUBRICACION**

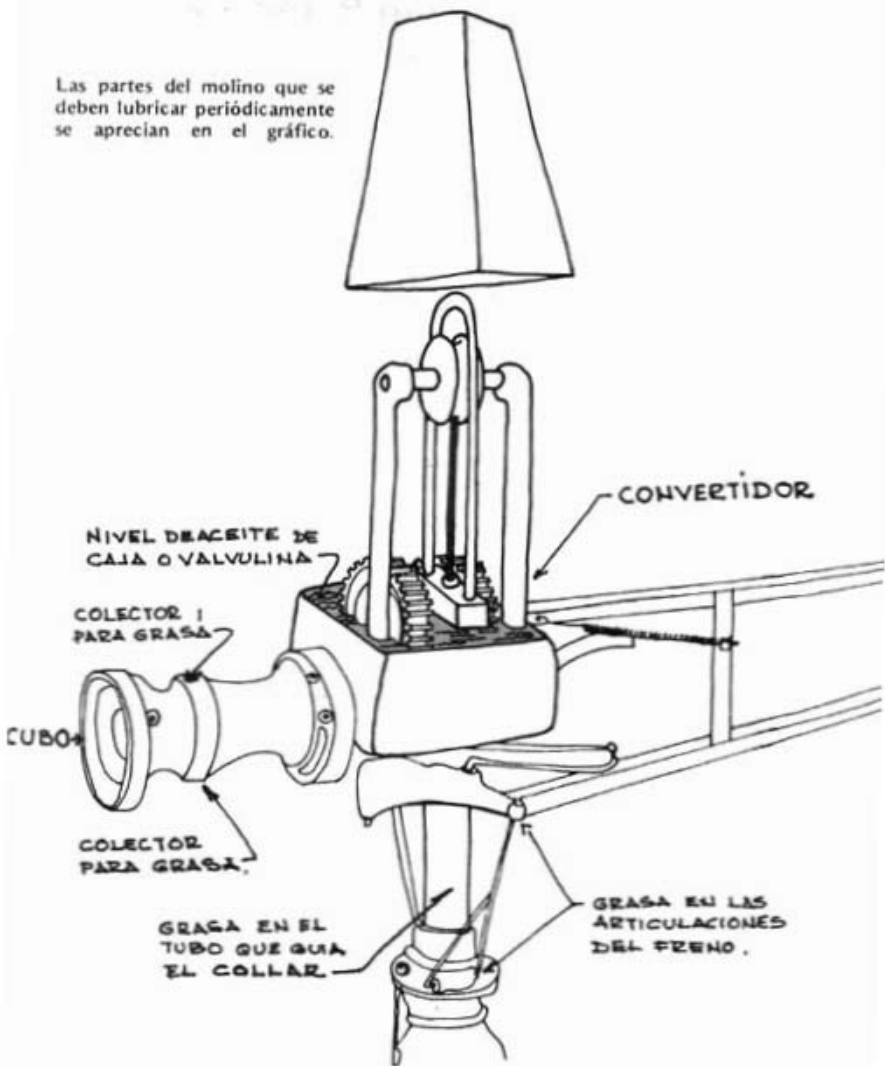
Tipo de lubricante.

- Aceite de caja o valvulina para el convertidor.
- Grasa fibra para los apoyos del cubo y los mecanismos del freno.



**LA ACCION DE LA LUBRICACION
MANTIENE LA MAQUINARIA
EN BUEN ESTADO.**

Las partes del molino que se deben lubricar periódicamente se aprecian en el gráfico.



3.2 Mantenimiento Reparativo

Para detectar fallas en el funcionamiento del molino se debe realizar periódicamente una revisión de los sistemas del molino. Con esto se logra conservar todos los mecanismos en perfecto estado.

Esta revisión se orienta principalmente a la búsqueda de partes oxidadas y a la ausencia de lubricantes. Además de lo anterior se debe verificar que el molino realice sus trabajos correctamente, o para decirlo de otra manera que la extracción de agua se lleve a cabo.

Las partes más sensibles a los efectos de la corrosión son:

- aros del rotor.
- varillas y resortes del freno.

Cuando la corrosión ha penetrado en el cuerpo de estos elementos se deben reemplazar. Si la corrosión es superficial siga las instrucciones indicadas en la página número 41.

En la página siguiente se presenta un cuadro que tiene como fin facilitar la identificación o diagnóstico de las partes o sistemas que ocasionan las fallas típicas en el funcionamiento de molinos. La reparación de estas fallas requieren generalmente de personal y equipos especializados.

cuadro para el diagnóstico de fallas del molino.

MOLINO EN MOVIMIENTO			
Problema	Causa	Revisión	Reparación
No hay movimiento en el vástago	Fusible roto	Revisar bomba	Bomba fusible
	Convertidor dañado	Partes del convertidor	Convertidor
No sale agua	Falla en la bomba	Embolo	Cambio embolo
		Sellos	Cambio sellos
		Cilindro	Rectificación Cilindro
	Pozo seco	Clima	Esperar invierno
Escape de aceite	Retenedor dañado	Retenedor	Cambio
La veleta no retorna a su posición de trabajo	Resorte en mal estado	Resortes	Cambio
Las bandas del freno no retornan	Resortes en mal estado	Resortes y mecanismo	Cambio

MOLINO FRENADO			
Problema	Causa	Revisión	Reparación
El rotor no se detiene	Varilla del freno	Rota	Cambio
		Suelta	Ajuste
	Bandas desajustadas	Bandas	Ajuste
	Bandas desgastadas	Bandas	Cambio
La veleta no adquiere la posición de bandera	Brazo para desplazar veleta	Rota	Cambio
		Suelta	Ajuste

Bibliografía

Catálogo Aeromotor Company
"Water where you want it!"

Tesis de grado Univeridad Nacional
Ing. Javier Vargas