

Ejemplo : Calcular la latitud ó ancho de una correa que con una velocidad de 3'25 metros por segundo debe transmitir la fuerza de 2'5 caballos.

$$\text{Segun la fórmula se tendrá : } l = \frac{2.5 \times 1500}{325} = 11.5 \text{ cent.}$$

Es decir, que el ancho de la correa deberá ser de 11 1/2 centímetros próximamente.

TRANSMISIONES DE MOVIMIENTO.

Las máquinas que generalmente se emplean en la industria están compuestas de una serie de piezas que se comunican el movimiento y la fuerza de una á otra desde el motor principal hasta el aparato que confecciona la obra. Por esta razón se designan estas piezas y aparatos con los nombres mas apropiados segun el oficio á que se destinan y el efecto que produce cada uno.

Los motores son las fuerzas motrices que proporciona la naturaleza como : los hombres y animales, el agua, el vapor y el viento. El aparato que recibe directamente la fuerza y accion del motor se llama *receptor*, tal es la rueda hidráulica, las aspas del molino de viento, el émbolo de un cilindro de vapor, etc. El aparato ó máquina que confecciona la obra se llama *útil*, simplemente *máquina*, ó se le da la denominacion del objeto á que se la destina, como *máquina de hilar*, *de aserrar*, *de pulir*, *de imprimir*, etc. Las piezas que sirven para transmitir el movimiento y la fuerza desde el motor ó receptor hasta el útil ó máquina cuyo destino es la confeccion de la obra se llaman *transmisiones* ó *piezas de transmision*; tales son los árboles de

segunda clase con fuertes ruedas de engranaje, los *embarcados*, etc.

En el lugar correspondiente nos ocuparemos de los motores y de su clasificacion, y en este capítulo hablaremos solamente de la transmision y transformacion del movimiento así como de los mecanismos y piezas de que se hace uso para lograrla.

En las máquinas se notan tres clases de movimiento : rectilíneo, circular y curvilíneo. El *movimiento rectilíneo* es el que tiene un cuerpo cuando sigue constantemente la línea recta; el *movimiento circular* es el que tiene un punto que recorre una circunferencia ó parte de ella, y *movimiento curvilíneo* es el que afecta un cuerpo al seguir una curva cualquiera que no sea el círculo.

Estos movimientos pueden ser continuos ó alternativos; son *continuos* si obran siempre en el mismo sentido, y *alternativos* ó *de vai-ven* cuando obran en un sentido recorriendo cierto espacio y retroceden en sentido opuesto recorriendo espacio igual.

Los indicados movimientos ofrecen treinta transformaciones diversas, que algunos mecánicos reducen á veinte y una en atencion á que las restantes no tienen ningun uso en las máquinas conocidas.

Así el movimiento rectilíneo continuo puede transformarse en rectilíneo continuo, en rectilíneo alternativo, en circular continuo, en circular alternativo, en curvilíneo continuo, y en curvilíneo alternativo. El movimiento rectilíneo alternativo se puede transformar en rectilíneo alternativo, en circular continuo y alternativo, y en curvilíneo alternativo. El movimiento circular continuo se transforma en rectilíneo alternativo, en circular continuo, en circular alternativo, en curvilíneo continuo, y en curvilíneo alternativo. El movimiento circular alternativo se

cambia, en circular y alternativo, y en curvilíneo alternativo. El movimiento curvilíneo continuo se transforma, en rectilíneo alternativo, en circular alternativo, en curvilíneo continuo y en curvilíneo alternativo. El curvilíneo alternativo en curvilíneo alternativo.

También se verifica la inversa de la mayor parte de las indicadas transformaciones, y vamos á explicar las mas principales de unas y otras.

Transformaciones del movimiento rectilíneo continuo en rectilíneo continuo. Esta transformacion tiene lugar en las cuerdas ó correas que sirven en las poleas fijas, pues el movimiento rectilíneo continuo de la potencia en un extremo de la cuerda, se transforma en movimiento de la misma especie haciendo subir la resistencia que se halla en el otro extremo. La prensa de cuña (fig. 54) es otro ejemplo de esta transformacion.

Transformacion del movimiento rectilíneo continuo en rectilíneo alternativo. El vapor que sale de la caldera tiene un movimiento rectilíneo continuo, y al obrar alternativamente en la parte superior é inferior del émbolo hace que este adquiera el movimiento rectilíneo alternativo. La pieza *ab* (fig. 55), en razon de una ranura que ajusta á la parte saliente *ss* adquiere un movimiento rectilíneo alternativo cuando la *cd* lo tiene continuo de *c* á *d* ó de *d* á *c*.

Transformacion del movimiento rectilíneo continuo en circular continuo. El agua que corre por un canal y choca con las palas de una rueda hidráulica transforma su movimiento rectilíneo continuo en el circular continuo que adquiere la rueda. La transformacion inversa tiene lugar cuando una rueda dentada engarganta y conduce una barra dentada (*crémaillère*); y cuando dos cilindros que giran en contacto uno de otro admiten una plancha entre los dos obligándola á seguir entre ellos un movi-

miento rectilíneo continuo. En un torno cábria ó gato, el movimiento circular continuo del manubrio se transforma en rectilíneo continuo del peso que se levanta.

Transformacion del movimiento rectilíneo alternativo en rectilíneo alternativo y en circular alternativo. El movimiento rectilíneo alternativo del émbolo se transforma en rectilíneo alternativo del tirante que se halla en el extremo opuesto del balancin y en el circular alternativo de este.

Transformacion del movimiento circular continuo en rectilíneo alternativo. El movimiento circular continuo de la rueda *a* se transforma en rectilíneo alternativo de la sierra *b* (fig. 56). El movimiento circular continuo de los escéntricos (fig. 57) se transforma en rectilíneo alternativo de la pieza *c* que sube y baja por una ranura ó entre dos guias *d*. La rodita ó juego *r* es para disminuir el rozamiento.

El escéntrico *A* se llama de corazon y se construye como sigue: sea *h* el punto mas alto á que debe subir la pieza *c*, y *e* el punto mas bajo; trácese una circunferencia por cada uno de dichos dos puntos y dividiendo la distancia *he* en ocho partes iguales se harán pasar por todos los puntos de division otras tantas circunferencias; dividiendo luego la circunferencia exterior en diez y seis partes iguales y trazando los diámetros respectivos, sus intersecciones con las circunferencias darán los puntos por donde ha de pasar la curva. Este escéntrico proporciona un movimiento rectilíneo alternativo regular porque cada arco de curva hace subir ó bajar la pieza de una cantidad igual.

El escéntrico *B* sirve para cuando la pieza *c* debe detenerse en el punto mas elevado y en el mas bajo durante la cuarta parte de cada revolucion. Para trazarlo se fijan como en el anterior los puntos superior é inferior á que

debe llegar el escéntrico; se hacen pasar por ellos dos circunferencias, y los cuadrantes *ab* y *cd* pertenecerán al escéntrico: luego, para unir *a* con *c* y *b* con *d* se dividen los otros cuadrantes *mc* y *nd* en cuatro partes iguales y se trazan los diámetros correspondientes á cada punto; se divide la *bn* también en cuatro partes iguales y el encuentro de los arcos concéntricos con los diámetros determinará los puntos por donde debe pasar la curva para unir los consabidos cuadrantes.

Otros muchos son los escéntricos que pueden trazarse y se emplean en la industria, y hasta el mismo círculo puede considerarse como escéntrico cuando tiene el eje fuera de su centro. Los tirantes (*bielles*), cigüeñas ó manubrios y escéntricos son indispensables para la transformación del movimiento circular continuo en rectilíneo alternativo y al contrario. El movimiento rectilíneo alternativo del émbolo en el cilindro de una máquina de vapor se transforma en circular continuo de la cigüeña por medio del balancin y del tirante.

Transformacion del movimiento circular continuo en circular continuo. Para obtener esta transformacion sirven las cadenas y correas sin fin, por cuyo medio se transmite sin ruido el movimiento circular continuo en direcciones diferentes y á distancias cualesquiera. Es preciso que las correas abracen el mayor arco posible de la polea ó tambor que conducen, á cuyo fin si este es pequeño se hace marchar con la correa cruzada, procurando en todos casos que la tension sea suficiente para evitar que resbale, ó de lo contrario no produciria la rotacion. Si la fuerza que se ha de transmitir es grande se emplea una serie ó sistema de ruedas dentadas. Las figuras 58, 59 y 30 son otros tantos ejemplos de esta transformacion; las poleas ó tambores de la primera se transmiten el movimiento cir-

cular en el mismo sentido ó en sentido contrario segun lo indican las saetas. Los conos alternos de la (fig. 59) sirven en los tornos y en otras máquinas para graduar la tension de la correa y para aumentar la velocidad de rotacion al uno y disminuir la del otro.

El tornillo sin fin (fig. 30) transmite el movimiento circular continuo del manubrio á las ruedas dentales con que engarganta, cuyo eje es perpendicular al del tornillo. Los tornillos sin fin son muy á propósito para obtener velocidades muy lentas, pues por cada vuelta del manubrio la rueda solo adelanta un diente, y si la rueda tiene 60 dientes las rotaciones estarán en razon de 60 á 1, es decir, que por cada 60 vueltas que se hagan dar al tornillo la rueda dará solamente una: si se quisiese aun mas lentitud se daria mayor número de dientes á la rueda ó se la haria engranar con otra de mayor diámetro.

Transformacion del movimiento circular continuo en circular alternativo. El martinete de forja (fig. 60) y el llamado martillo frontal (fig. 61) son ejemplos de esta transformacion. En el primero se ve que la rueda tiene el movimiento circular indicado por la saeta, y cada vez que pasa una de sus alas hace bajar el extremo *b*, y al dejarlo cae el martillo *a* sobre el yunque. Las alas deben estar colocadas de modo que el espacio de una á otra permita caer libremente el martillo para producir el efecto del choque. En la (fig. 61) las alas de la rueda levantan el martillo por la cabeza, y si bien el efecto es el mismo que en el martinete de forja, sin embargo, la disposicion y el sentido del movimiento son inversos.

La reciproca de esta transformacion tiene lugar en la máquina de vapor, pues el movimiento circular alternativo del balancin se transforma por medio del tirante y de la cigüeña en el circular continuo del árbol que lleva el

volante. El escape en los relojes y las palancas que usan á bordo para tirar y plegar las amarras, son ejemplos de esta transformacion.

Transformacion del movimiento circular alternativo en rectilíneo continuo. Esta transformacion tiene lugar cuando una palanca ab (fig. 62) oscila libremente al rededor del punto fijo c y lleva otras dos palancas df , eg encorvadas en los extremos gf por cuyo medio engargantan con los dientes de una pieza nm . En esta disposicion se ve que al oscilar la palanca ab obligará á la pieza nm á subir, es decir, que el movimiento circular alternativo de la palanca ab será transformado en el rectilíneo continuo que adquirirá la pieza dentada.

Transformacion del movimiento circular alternativo en rectilíneo alternativo. Esta transformacion es una de las mas importantes, pues que se aplica con singular ventaja en muchas máquinas.

Las palancas en que pone los piés el tejedor transforman el movimiento circular alternativo que les comunica en rectilíneo alternativo del armazon que hace subir y bajar los hilos para dar paso á la lanzadera. En la máquina de vapor se verifica la inversa, pues el movimiento rectilíneo alternativo del émbolo se convierte en circular alternativo del balancin. El mecanismo intermedio que sirve para mantener vertical la varilla del émbolo se llama paralelógramo de Watt. Este mecánico inglés fue el primero que empleó el paralelógramo para evitar las oscilaciones laterales que debia sufrir la varilla del émbolo, sujeta por articulacion á un extremo del balancin, en razon del movimiento circular alternativo de este; tambien dió á la máquina de vapor la disposicion mas propia para transmitir el movimiento circular continuo á las diferentes máquinas industriales.

Paralelógramo de Watt. El paralelógramo de Watt (fig. 62*) tiene por objeto mantener la varilla del émbolo sensiblemente vertical durante las oscilaciones del balancin; en todos sus ángulos hay articulacion y el mismo balancin forma uno de los lados; su construccion es la siguiente:

Sea a el eje sobre que gira el balancin, ab su posicion mas elevada para cada oscilacion y ag la posicion mas baja: con una abertura de compás ab trácese desde a el arco bfq que naturalmente describirá el extremo b y tírese la cuerda bg : hecho esto, concíbese la posicion media af del balancin para cada oscilacion, dividase la sagita fz en dos partes iguales, y la línea vertical cd que pasa por el punto medio s será la posicion que debe conservar la varilla del émbolo durante la oscilacion. Para que la varilla se mantenga constantemente en la posicion señalada, trácese el arco ert con la mitad del rádio ab , tírese la recta bs y complétese sobre be y bs el paralelógramo $bshe$ que indicará la primera posicion y las dimensiones del paralelógramo buscado: con la misma magnitud bs señálese desde f el punto p y desde g el punto q , y completando luego los respectivos paralelógramos $fpnr$ y $gqmt$ se tendrá en los puntos n y m la posicion respectiva é indispensable del vértice h para que el punto s se conserve en p y q siguiendo la direccion vertical cd . Para fijar la posicion correspondiente al vértice h , se determinará el centro o de la circunferencia que pasa por los tres puntos h , n , m y sujetando en dicho centro un tirante oh con la correspondiente articulacion en sus extremos, el punto h pasará en cada oscilacion por los puntos n , m que es lo que se deseaba.

Esta sencilla construccion geométrica proporciona la posicion media y las posiciones extremas del paralelógramo de Watt, sus dimensiones correspondientes y las del

tirante ho , para que el punto s en que está suspendida la varilla del émbolo se halle en cada una de dichas posiciones sobre la vertical cd que debe seguir durante las oscilaciones ascendente y descendente del balancin. De lo dicho resulta, que en las tres principales posiciones del balancin la varilla del émbolo se hallará en la misma direccion vertical, y si bien en las posiciones intermedias se separa algun tanto de aquella, las oscilaciones que ocasione esta separacion serán muy poco sensibles y se podrá prescindir de ellas.

Para la construccion del paralelógramo de Watt y con el fin de que el desvío de la varilla sea el menor posible se tendrán en consideracion los siguientes principios generales:

- 1.º Que el arco descrito por el extremo b del balancin no exceda nunca de 40 grados.
- 2.º Que la direccion vertical de la varilla cd del émbolo pase por el punto medio s de la sagita ó flecha del arco descrito por el extremo b .
- 3.º Que la longitud del rádio ab del balancin sea cuando menos una vez y media la extension bg de la cuerda del arco bfg que describe el extremo b .
- 4.º Que la posicion horizontal af del balancin divida en dos partes iguales el ángulo total bag que describe.
- 5.º Que la lóngitud de los dos lados bs , eh del paralelógramo sea tal que cuando el balancin se halle en la posicion superior ab el extremo s de la varilla del émbolo corresponda en s sobre la horizontal af .

En cuanto á la longitud be , sh de los otros dos lados del paralelógramo no puede darse regla fija, porque si bien es cierto que muchas veces se hace igual á la mitad del rádio ab del balancin, depende principalmente de la longitud que deba tener el tirante ó guia oh , pues en cuanto el

lado eh esté mas cerca del centro a , el arco descrito por el vértice h será menor y el tirante deberá ser mas corto.

El punto s es tal segun se ha visto, que obedeciendo al efecto producido por el tirante oh sobre el paralelógramo describe próximamente una linea recta sd , y fácilmente se demostrará que todos los puntos de una linea imaginaria sa siguen direcciones paralelas á la cd . De esto se sigue, que sujetando diferentes puntos de dicha linea al lado eh del paralelógramo al propio tiempo que al balancin, se podrán fijar en ellos otras tantas varillas de émbolos que marcharán todas en linea sensiblemente vertical por medio de un solo tirante ó guia oh .

Quando no es posible emplear el balancin se usa de cilindros oscilantes sobre dos muñones; y si por circunstancias particulares el cilindro tiene que estar fijo, se une al extremo de la varilla del émbolo una pieza a (fig. 63) que corre libremente entre dos guias paralelas, y por medio del tirante ab se transmite el movimiento de rotacion á la cigüeña bc que forma cuerpo con el árbol en que se halla el volante.

Podrian suprimirse tambien, como lo han hecho algunos constructores, los tres lados be , bs y sh del paralelógramo fijando la articulacion extrema del balancin en el punto e , ajustando la varilla del émbolo en x y calculando la longitud del tirante ó guia oh por medio de las tres posiciones principales del extremo x de dicha varilla, segun el curso correspondiente á la extremidad del balancin.

Tambien se ha logrado mantener la varilla sensiblemente vertical sirviéndose de balancines con su eje colocado sobre una pieza oscilante.

POLEAS, TAMBORES, RUEDAS DENTADAS Y SU CÁLCULO.
Para transmitir la accion de un motor y variar convenien-

temente la velocidad de rotacion sirven las ruedas dentadas, los tambores y poleas.

Las ruedas dentadas son planas ó cilindricas cuando el movimiento se transmite entre dos ejes ó árboles paralelos, y se llaman cónicas ó de ángulo cuando los árboles son entre sí perpendiculares ó inclinados. La rueda ó polea que da el movimiento se llama *conductriz*, y la que lo recibe se llama polea ó *rueda conducida*.

Si dos árboles ó cilindros paralelos se hallan en perfecto contacto, el movimiento de rotacion del uno será transmitido íntegramente al otro pero en sentido opuesto, porque cada punto del primero obligará á marchar el punto correspondiente del segundo. Si los árboles paralelos se hallan poco distantes entre sí, se podrán transmitir el movimiento por medio de dos ruedas dentadas que engranen; pero si la distancia que separa los ejes es mucha y no se exige una transmision escrupulosa, se obtendrá por dos poleas ó tambores y una correa sin fin que las abrace.

Si dos ruedas dentadas engranan directamente se verifica como en los cilindros en contacto que sus rotaciones tienen lugar en sentido contrario, y si se quisiese la rotacion en igual sentido deberia colocarse entre las dos otra rueda que engranase con ambas: de modo que una rueda intermedia no hace mas que cambiar la direccion del movimiento sin alterar la velocidad, porque un diente de la primera hace marchar uno de la segunda y en consecuencia uno solo de la tercera.

Si dos poleas ó tambores han de transmitirse la rotacion en igual sentido se hará que la correa las abrace sencillamente, pero si la rotacion ha de verificarse en contrario sentido, la correa se cruzará.

Segun los principios sentados en la geometría, se sabe que las circunferencias guardan entre sí la misma relacion

que sus rádios ó diámetros, y por esto, en el cálculo de poleas, ruedas y tambores se podrán comparar indistintamente los rádios, los diámetros ó las circunferencias.

Para que dos ruedas dentadas engranen y puedan marchar igualmente y sin choque en ambos sentidos, es preciso que sus dientes sean perfectamente iguales y simétricos; y por esta razon, el número de los dientes de dichas ruedas será proporcional á sus circunferencias, rádios ó diámetros. Pero como cada diente que adelanta de la primera hace marchar uno de la segunda, se sigue, que la rotacion ó el número de vueltas que darán en un tiempo dado estará en razon inversa de sus circunferencias, rádios ó diámetros.

En las poleas ó tambores sucederá lo mismo, porque toda la correa desarrollada por la una deberá ser absorbida ó arrollada por la otra, de donde resultan los siguientes principios generales:

1.º *Los rádios ó diámetros de dos ruedas son entre sí como sus circunferencias ó como el número de sus dientes.*

2.º *Las rotaciones de dos poleas ó ruedas que se transmiten el movimiento están en razon inversa de sus rádios, diámetros ó del número de sus dientes.*

Fundados en estos principios procederemos á la resolucion de algunos problemas sentando para cada caso particular la regla correspondiente.

Ejemplos: 1.º Sabiendo que la polea A (fig. 58) da 35 vueltas por minuto y que su diámetro es de 28 centímetros, se desea averiguar cuál será la rotacion de la polea conducida B siendo su diámetro de 20 cent.

Del segundo principio resulta:

Diámetro B : Diámetro A : : Rotacion A : Rotacion B.

Sustituyendo será : 20 : 28 : : 35 : Rot. B=49 vueltas.

La polea B dará 49 revoluciones por minuto, de que resulta la siguiente regla: *para hallar la rotacion de la polea conducida; se multiplicará el diámetro de la que conduce por su rotacion, y el producto se dividirá por el diámetro de la conducida.*

2.º Suponiendo que la polea conductriz A da 35 vueltas por minuto y que su diámetro es de 28 centímetros, se pregunta, cuál será el diámetro de la conducida B para que en igual tiempo dé 49 vueltas.

Por el mismo principio citado se tendrá:

$$\text{Rotacion B : Rotacion A : : Diámetro A : Diámetro B.}$$

Sustituyendo dará: 49 : 35 : : 28 : Diám. B=20 cent.

La polea conducida deberá tener 20 centímetros de diámetro, y resulta la siguiente regla: *para calcular el diámetro de la polea conducida, se multiplicará la rotacion de la conductriz por su diámetro, y el producto se dividirá por la rotacion de la conducida.*

3.º Si la polea conducida B tiene 20 centímetros de diámetro y da 49 vueltas por minuto, y la conductriz A debe dar 35 vueltas; ¿cuál será el diámetro de dicha conductriz?

La misma proporcion general dirá:

$$\text{Rotacion A : Rotacion B : : Diámetro B : Diámetro A.}$$

Sustituyendo será: 35 : 49 : : 20 : Diám. A=28 cent.

Por manera, que el diámetro de la polea conductriz A deberá ser de 28 cent.; de lo cual resulta la siguiente regla: *para determinar el diámetro de la polea conductriz se multiplicará la rotacion de la conducida por su diámetro, y el producto se dividirá por la rotacion de la conductriz.*

4.º Sabiendo que el diámetro de la polea conducida B

es de 20 centímetros y que da 49 vueltas por minuto, se pregunta, cuál es la rotacion de la conductriz siendo su diámetro de 28 cent.

La misma proporcion general dará:

$$\text{Diámetro A : Diámetro B : : Rotacion B : Rotacion A.}$$

Sustituyendo será 28 : 20 : : 49 : Rotacion A=35 vueltas.

Es decir, que la polea conductriz dará 35 vueltas por minuto, de que resulta la siguiente regla: *para calcular la rotacion de la polea conductriz, se multiplicará la rotacion de la conducida por su diámetro, y el producto se dividirá por el diámetro de la misma conductriz.*

Si entre las dos poleas que han de transmitirse el movimiento hubiese un eje ó árbol que debiese ser movido por la primera, se fijarian en dicho árbol dos poleas paralelas, cuyos diámetros tuviesen la magnitud conveniente para que sin variar la rotacion de la primera y última fuese la del eje intermedio la exigida por su condicion especial.

Para deducir la ley que debe regir en todos los casos semejantes nos propondrémos la resolucion del siguiente problema general:

Hallar la relacion de los diámetros y rotaciones de varias poleas de un sistema y deducir el diámetro y rotacion de la primera y última.

Sea A (fig. 64) una polea que haciendo marchar dos árboles intermedios conduce la polea F. En este caso, se tiene, que las poleas A, C, E, son conductrices, y las B, D, F, conducidas; y aplicando á cada par la regla establecida anteriormente, resulta:

$$1.º \quad . \quad . \quad . \quad \text{Diám. B : Diám. A : : Rot. A : Rot. B.}$$

$$2.º \quad . \quad . \quad . \quad \text{Diám. D : Diám. C : : Rot. C : Rot. D.}$$

$$3.º \quad . \quad . \quad . \quad \text{Diám. F : Diám. E : : Rot. E : Rot. F.}$$