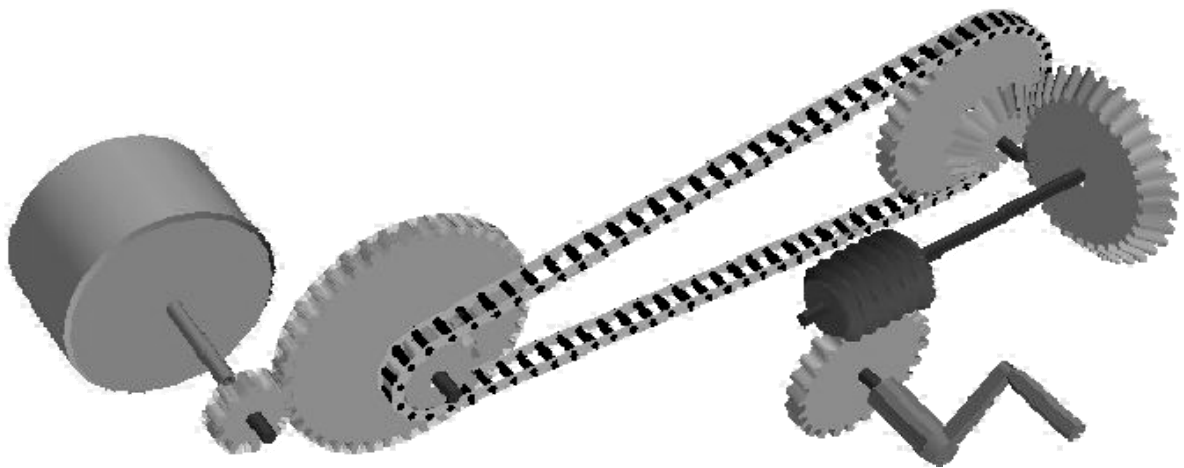


MÀQUINES

I

MECANISMES



Vicent Tarrasó Císcar
Professor de Tecnologia

Resum

S'elabora el present quadern per a conèixer les màquines simples i mecanismes, com poden transmetre i/o transformar el moviment, i com calcular esforços i canvis de velocitat. Està pensat per l'estudi del tema quan no es disposa de llibre de text, o com a complement d'aquest.

Objectius:

- Diferenciar màquina i mecanisme.
- Conèixer els diferents tipus de moviments.
- Estudiar les màquines simples utilitzades des de l'antiguitat.
- Classificar i descriure els mecanismes de transmissió i transformació del moviment.
- Realitzar càlculs de forces i velocitats.
- Calcular la relació de transmissió.
- Conèixer exemples i aplicacions.

L'elaboració d'aquest document es basa en el *Decret 112/2007*, de 20 de juliol, pel qual s'estableix el currículum de l'Educació Secundària Obligatòria a la Comunitat Valenciana.

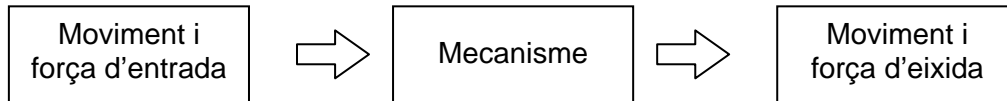
El bloc de continguts dels mecanismes s'estudia al primer curs d'ESO, i després s'amplia en posteriors cursos.

Paraules clau: màquines, mecanismes, relació de transmissió.

1.- INTRODUCCIÓ

Conceptes fonamentals

- **Mecanisme**: dispositiu que permet transmetre i/o transformar forces i moviments des d'un element on es generen fins un element d'eixida.



- **Màquina**: conjunt d'elements que interactuen entre sí, i es capaç de realitzar un treball i/o aplicar una força. Generalment consta d'una estructura, un element motriu (motor), mecanismes, un element d'eixida (on es troba la càrrega a desplaçar), i a vegades un sistema de control.
 - **Màquina simple**: només tenen un punt de suport.
 - **Màquina composta**: formades per dues o més màquines simples.

Tipus de moviment en un mecanisme

- **Moviment lineal**: desplaçament d'un cos en línia recta.
Exemple: un cotxe.
- **Moviment de rotació o circular**: desplaçament d'un cos que continua una trajectòria circular.
Exemple: una roda.
- **Moviment alternatiu**: desplaçament d'un cos cap avant i cap arrere, al llarg d'una línia.
Exemple: un pistó d'un motor.
- **Moviment oscil·lant**: desplaçament d'un cos cap avant i cap arrere, segons una trajectòria corba, que descriu un arc de circumferència.
Exemple: un pèndol.

2.- MÀQUINES SIMPLES

Les màquines simples són enginys inventats i utilitzats per l'ésser humà des de l'antiguitat, que permeten augmentar la força aplicada i vèncer una resistència amb poc d'esforç. És a dir, permeten realitzar treballs amb menys esforç.

La reducció de l'esforç ve acompanyada d'un augment de la distància recorreguda en la realització dels diferents treballs.

▪ LA PALANCA

És una barra o element rígid que pot gira al voltant d'un punt de suport o articulació (Δ), sobre la qual s'aplica una força (F_a) per a vèncer una càrrega o resistència (F_r).

Llei de la palanca: $F_a \cdot d_a = F_r \cdot d_r$ on F_a i F_r són les forces (mesurades en newtons $\rightarrow N$) aplicada i resistent, i d_a i d_r són les distàncies (metres $\rightarrow m$) fins al punt de suport.

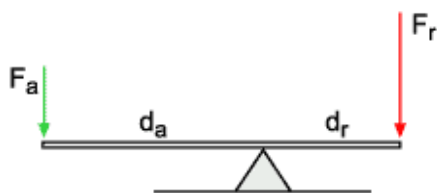
Fou enunciada per Arquimedes: "Els productes de cadascuna de les forces per la seva distància al punt de suport són iguals quan la palanca es troba en equilibri".

- Com més llarg és el braç de la força aplicada (d_a) menor és la força F_a que cal fer per alçar la càrrega o vèncer la resistència d'un cos, però el recorregut (distància) és major.

Hi ha tres tipus de palanca, segons quina siga la posició relativa dels tres elements que la formen (punt de suport, força aplicada i força resistent):

- **Palanca de primer grau:** el punt de suport està entre la força aplicada i la resistència.

Segons la distància dels braços pot haver avantatge mecànic (efecte de la força aplicada augmenta), desavantatge mecànic (efecte de la força aplicada disminueix) o no variar (força aplicada igual a resistència).

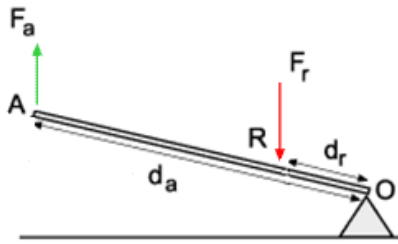


Exemples:

El gronxador, la balança i les tisores.

- **Palanca de segon grau:** la resistència està entre el punt de suport i la força aplicada.

Hi ha avantatge mecànic (efecte de la força aplicada augmenta).

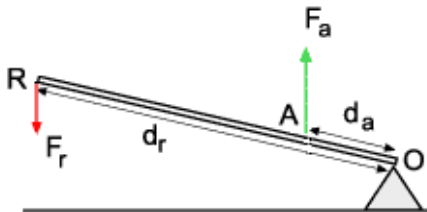


Exemples:

El carretó, el trencaous.

- **Palanca de tercer grau:** el punt de suport està entre la força aplicada i la resistència.

Hi ha desavantatge mecànic (efecte de la força aplicada disminueix).



Exemples:

Les pinces, el martell, la canya de pescar.

▪ **LA CORRIOLA O POLITJA**

És una roda ranurada que gira al voltant d'un eix accionada per una corda o corretja que corre per la ranura. Permet pujar pesos còmodament, ja que inverteix el sentit de la força que s'aplica. El pes del nostre cos ens ajuda a alçar la càrrega.

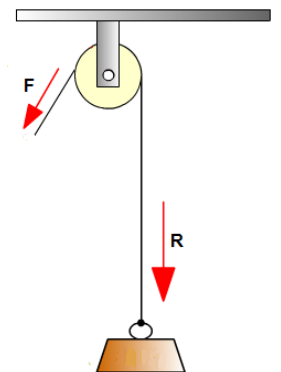
- **Corriola fixa**

En els extrems de la corda se situen la força i la càrrega o resistència. És com una palanca de primer grau.

-Amb una corriola no es redueix l'esforç per alçar una càrrega, però es fa amb més comoditat (la força s'exerceix cap avall). La longitud de corda a estirar i el recorregut de la càrrega és el mateix.

La corriola fixa està en equilibri quan la força aplicada (F) és igual a la resistència (R).

$$\boxed{F = R}$$



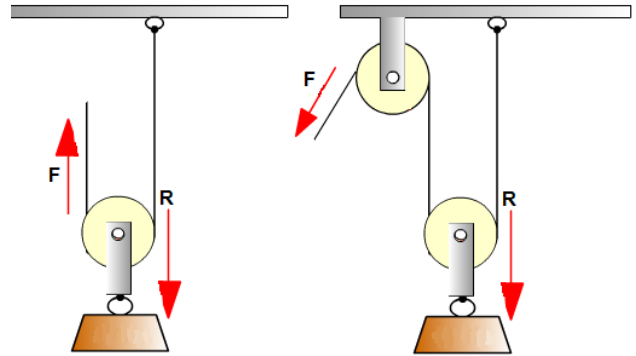
Exemples: corriola de pou, aparell de gimnàs.

- **Corriola mòbil**

Corriola que pot desplaçar-se linealment i que un dels extrems de la corda que passa per ella està fixat al sostre.

Per evitar fer la força cap amunt, es col·loca normalment una corriola fixa, canviant així la direcció de la força cap avall.

-Amb aquest tipus de corriola l'esforç necessari per a alçar una càrrega es redueix a la meitat; en canvi, la longitud de la corda que cal utilitzar és el doble del recorregut que puja la càrrega.



En equilibri:
$$F = \frac{R}{2}$$

Exemples: sistemes d'elevació amb millor rendiment.

- **Polipast**

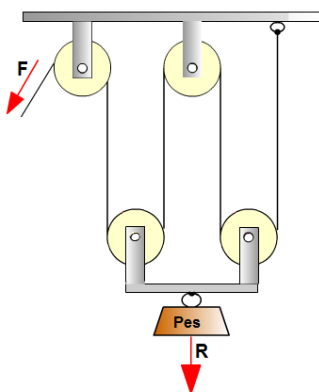
Conjunt de corrioles mòbils i fixes accionades per una sola corda, que permet elevar grans càrregues en poc d'esforç. La càrrega es desplaça lentament, ja que per reduir l'esforç s'ha d'augmentar el desplaçament (corda que s'estira).

-La força necessària és menor com més corrioles mòbils formen el polipast.

Exemples: sistemes d'elevació amb gran avantatge mecànic, per elevar objectes molt pesants (ascensors, grues,..)

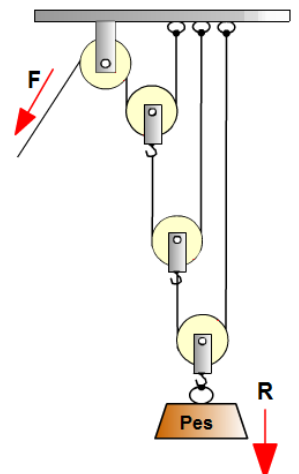
Segons com es combinen les corrioles hi ha dos tipus de polipast:

- **Polipast potencial:** la meitat de les corrioles són fixes i l'altra meitat mòbils.



$$F = \frac{R}{2 \cdot n}$$

- **Polipast exponencial:** format per una corriola fixa i diverses mòbils.



$$F = \frac{R}{2^n}$$

on n és el nombre de corrioles mòbils.

▪ EL PLA INCLINAT

És una superfície plana que forma un determinat angle amb el pla horitzontal. Permet pujar o baixar càrregues amb menys esforç.

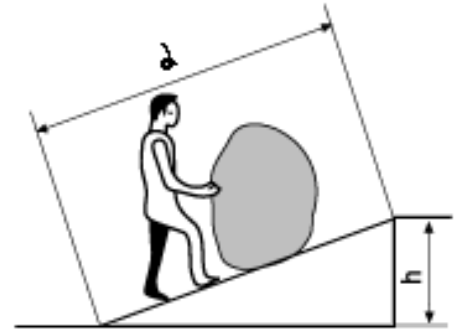
-Per a un cert desnivell, com més llarga és la rampa menor és la força que s'ha de fer. Això sí, la força s'ha d'aplicar en un desplaçament més gran.

Si no s'utilitza la rampa, la força necessària per elevar un objecte és igual al seu pes o resistència.

$$F = R$$

En canvi, si s'utilitza una rampa, per salvar un desnivell h , la força F paral·lela al pla que s'ha de fer és:

$$F = R \cdot \frac{h}{d}$$



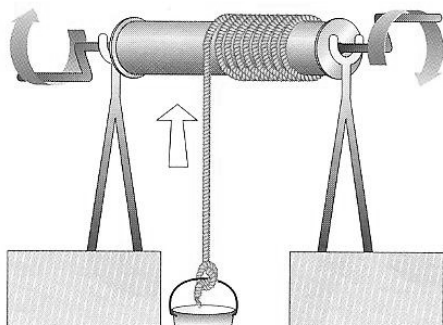
Exemples: una carretera de muntanya, una rampa per a discapacitats.

La **falca**, com ara la que d'una destrat, es tracta de dos plans inclinats junts. S'utilitza per a vèncer resistències fortes.



▪ EL TORN

És un cilindre que gira per l'acció d'una maneta. Sobre el cilindre s'enrotlla una corda, en l'extrem de la qual està suspesa una càrrega (R).



-Com més gran és la diferència entre la longitud de la maneta (d) i el radi del cilindre del torn (r), menor és la força que s'ha d'aplicar (F), però també el recorregut que es fa amb el braç per moure la maneta és major.

$$F = R \cdot \frac{r}{d}$$

Exemples: grua de vehicles, canya de pescar.

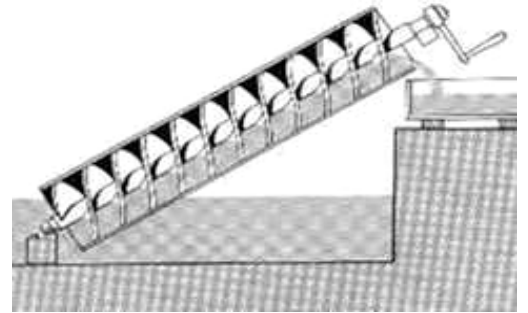
▪ EL CARGOL

És bàsicament un cilindre amb una rosca helicoidal, formada per un fil que actua com un pla inclinat enrotllat al voltant del cilindre.

S'anomena pas de la rosca a la distància que avança el cargol a cada volta.

-Com més menut és el pas de rosca i més llarga la clau o maneta, més resistència es pot vèncer.

El primer cargol que es va utilitzar va ser inventat per Arquímedes, i s'utilitzava per bombar aigua en fer girar una maneta de l'extrem del cargol.



$$F = \frac{R \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot d}, \text{ on } p \text{ és el pas de rosca i } d \text{ la distància del centre del cargol a la maneta.}$$

Exemples: premses, gat de cotxe.

3.- MECANISMES DE TRANSMISSIÓ

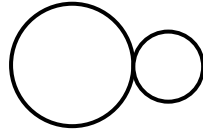
Transmeten el moviment, la força i la potència de forma circular des de l'element d'entrada al d'eixida, però no el transformen, és a dir, ja que el moviment sempre és circular.

Moviment circular → Moviment circular

En esta transmissió també es pot:

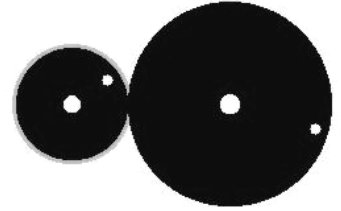
- **Augmentar o disminuir la velocitat:** segons el tamany dels elements que formen el mecanisme.
- **Canviar el sentit de gir:** s'inverteix el sentit de gir quan l'eix motriu i el conduït giren en sentit contrari.
- **Variar l'angle de l'eix de gir:** es produeix un canvi en el pla de gir quan els eixos motriu i conduït formen un angle de 90° entre sí.

▪ RODES DE FRICCIÓ



Sistema format per rodes que estan en contacte directe.

- La transmissió es produeix entre eixos paral·lels.
- Els eixos han d'estar pròxims.
- S'inverteix el sentit de gir, ja que estan en contacte.
- La transmissió és suau, sense vibracions.

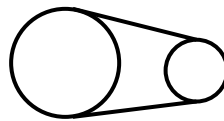


Inconvenients:

- No transmeten grans potències degut al perill de lliscament.
- Desgastament, a causa del continu fregament entre les rodes.

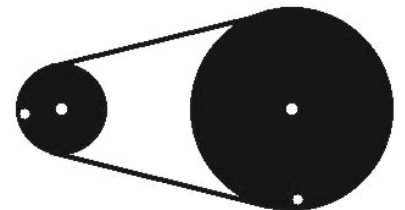
Exemples: dispositius d'equips informàtics i electrònics, com ara reproductors d'àudio i vídeo.

▪ POLITGES AMB CORRETJA



Conjunt de politges situades a una certa distància que giren simultàniament per efecte d'una corretja.

- La transmissió es produeix entre eixos paral·lels.
- Els eixos poden estar relativament allunyats.
- No s'inverteix el sentit de gir si la corretja no es creua.
- La transmissió és silenciosa i no necessita lubricació.



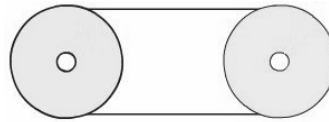
Inconvenients:

- Té el perill del lliscament entre la politja i la corretja.

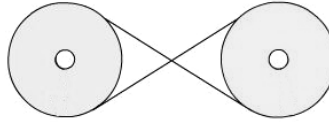
Exemples: trepant de columna, rentadores.

Disposició de la corretja en el sistema:

-**Oberta**: les politges giren en el mateix sentit.



-**Creuada**: les politges giren en sentit contrari.

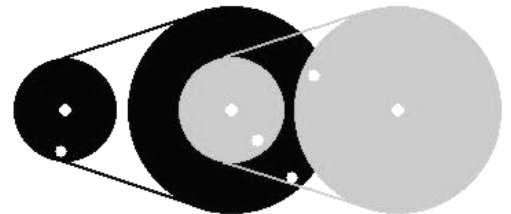


-També es pot canviar el sentit de gir i transmetre el moviment entre **eixos no paral·lels**.

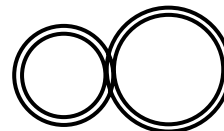


Tren de corrioles

Permet grans relacions de transmissió en espais relativament menuts.

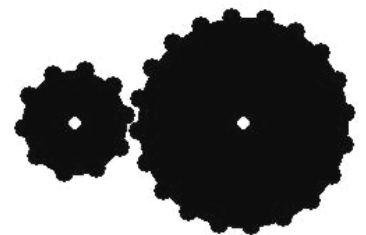


▪ ENGRANATGES O RODES DENTADES



Sistema de rodes amb uns ixents anomenats dents que encaixen entre sí, de manera que unes rodes arrossegueu les altres.

- La transmissió es pot produir entre eixos paral·lels o perpendiculars.
- Els eixos han d'estar a poca distància.
- S'inverteix el sentit de gir, ja que les rodes estan en contacte.
- La transmissió té molta precisió.
- Sistema compacte i de gran potència sense perill de lliscament.



Inconvenients:

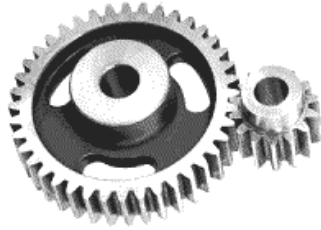
- Necessiten lubricació.
- Mecanisme sorollós.

Exemples: caixes de canvi de vehicles, rellotges mecànics.

Tipus de transmissió segons el tipus d'engranatges:

- Entre **eixos paral·lels**:

-Engranatges rectes o cilíndrics



-Engranatges helicoidals



- Entre **eixos perpendiculars**:

-Engranatges cònics



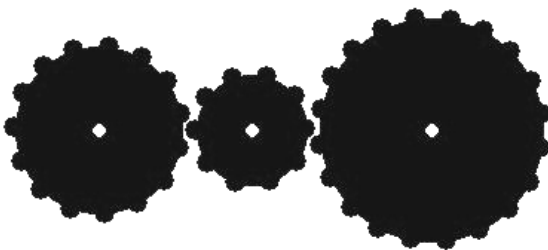
-Pinyó-corona



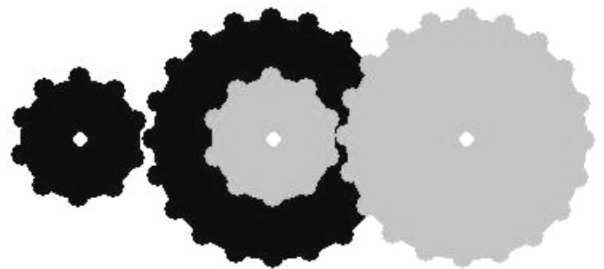
Tren d'engranatges

Mecanisme compost de diversos engranatges. En un tren d'engranatges, una roda pot ser alhora motriu i conduïda, ja que primer rep el moviment i després el transmet a un altre engranatge.

Permet aconseguir augmentar molt la velocitat (grans relacions de transmissió) o reduir-la molt (relacions de transmissió molt baixes) en espais relativament menuts.



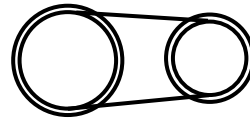
Tren d'engranatges simple (amb roda intermèdia boja)



Tren d'engranatges compost

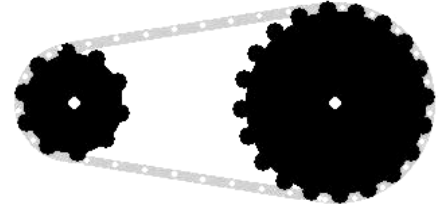
Si es vol que la roda d'eixida tinga el mateix sentit que la motriu, es col·loca entre elles un engranatge que s'anomena roda boja, la qual no afecta a la relació de transmissió entre les altres dues rodes.

▪ RODES DENTADES AMB CADENA



Consisteix en dues rodes dentades d'eixos paral·lels situades a una certa distància, que giren simultàniament per efecte d'una cadena engranada a totes dues.

- La transmissió es produeix entre eixos paral·lels.
- Els eixos poden estar relativament allunyats.
- No s'inverteix el sentit de gir.
- Sistema de gran potència sense perill de lliscament.

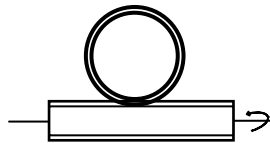


Inconvenients:

- Necessiten lubricació.
- Mecanisme sorollós si no està ben ajustada la cadena.

Exemples: bicicletes, motocicletes, màquines industrials i motors.

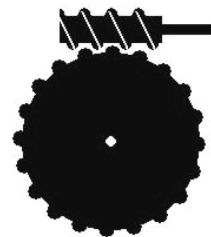
▪ CARGOL SENSE FI



Format per un cargol que engrana a una roda dentada. Cada vegada que el cargol pega una volta, la roda dentada només avança una dent.

El nombre de dents del cargol sense fi sempre és igual a 1, per realitzar càlculs de la relació de transmissió.

- La transmissió es produeix entre eixos perpendiculars.
- Sistema irreversible, l'eix motriu sempre és el del cargol.
- Excel·lent reductor de la velocitat.
- Funcionament silencios.



Inconvenients:

- Elevat cost.

Exemples: clavilles tensores d'instruments de corda, comptadors mecànics, sistemes reductors, cintes transportadores.

4.- RELACIÓ DE TRANSMISSIÓ

En un sistema de transmissió de moviment hi ha, almenys, dos **eixos**:

- **Eix d'entrada, motriu o conductor**: és on es genera el moviment. Les magnituds relacionades amb ell porten el subíndex **1**.
- **Eix d'eixida o conduït**: és el que rep el moviment des de l'eix motriu. Les magnituds relacionades amb aquest eix duen el subíndex **2**.

En un mecanisme de transmissió, la relació entre la velocitat de l'eix conduït i la de l'eix motriu s'anomena **relació de transmissió (*i*)**.

$i = \frac{n_2}{n_1}$, on ***n*** és la velocitat circular mesurada en revolucions o voltes per minut (**rpm**)

-En *corrioles o rodes*, la relació entre la velocitat de gir d'aquestes depèn del seu tamany, i s'expressa de la següent forma: $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$, on ***d*** és el diàmetre de la roda expressat en metres (**m**).

-En *rodes dentades*, la relació entre la velocitat de gir d'aquestes depèn del nombre de dents que tenen, i s'expressa així: $n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$, on ***z*** és el nombre de dents de la roda.

Així, la **relació de transmissió** d'un mecanisme es pot calcular de diferents maneres, segons el tipus de mecanisme:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_1}{z_2}$$

En trens d'engranatges o de corrioles, la relació de transmissió únicament depèn de la velocitat inicial i la final. Però si s'utilitzen els diàmetres o els nombres de dents, s'han de tindre en compte totes les rodes:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1 \cdot d_3 \cdot d_5 \dots}{d_2 \cdot d_4 \cdot d_6 \dots} = \frac{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5 \dots}{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6 \dots}$$

Tipus de sistema segons la relació de transmissió:

- **Sistema multiplicador** $\rightarrow i > 1$. L'eix conduït gira més ràpid que el motriu.
Es passa d'una roda més gran a una més menuda.
- **Sistema multiplicador** $\rightarrow i < 1$. L'eix conduït gira més lent que el motriu.
Es passa d'una roda més menuda a una més gran.
- **Sistema constant** $\rightarrow i = 1$. L'eix conduït gira a la mateixa velocitat que el motriu. Les rodes tenen el mateix tamany, i el sistema es pot utilitzar per transmetre el moviment o per invertir el sentit de gir.

Reversibilitat d'un sistema de transmissió de moviment.

- **Sistema reversible**: quan la transmissió de moviment és possible en ambdós sentits, és a dir, qualsevol dels eixos pot actuar com a motriu i transmetre el moviment a l'altre.
- **Sistema irreversible**: quan la transmissió de moviment únicament es pot produir en un sentit. Només hi ha un eix que pot actuar com a motriu i l'altre únicament com a conduït.

5.- MECANISMES DE TRANSFORMACIÓ

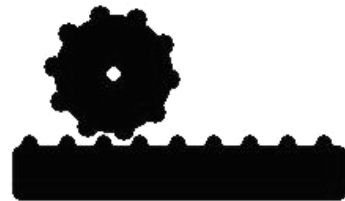
Transmeten el moviment i també el transformen, passant de moviment circular a rectilini o alternatiu, o viceversa.

Moviment circular ↔ Moviment rectilini

▪ PINYÓ - CREMALLERA

Sistema format per una roda dentada (pinyó) que engrana a una barra dentada (cremallera), o a l'inrevés.

- Sistema reversible.
- La transmissió és suau.
- Permet potències elevades.



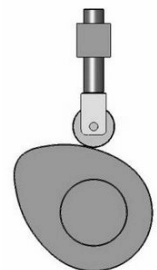
Exemples: direcció dels cotxes, columna del trepant de taula, porta corredissa.

Moviment circular ↔ Moviment rectilini alternatiu

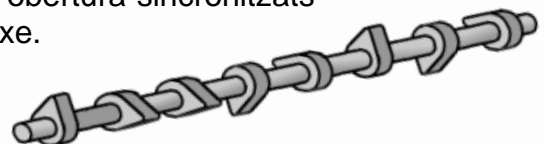
▪ LLEVA i EXCÈNTRICA

Mecanismes formats per una peça giratòria (lleva o excèntrica) i un seguidor que contacta amb ella contínuament.

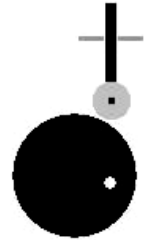
Les **lleves** són rodes amb ressals o peces en forma d'òval. Quan el ressalt està en contacte amb el seguidor, aquest es mou cap amunt; i quan el seguidor contacta amb la zona sense ressalt, es mou cap avall.



Un conjunt de lleves col·locades sobre el mateix eix s'anomena **arbre de lleves**. S'empra en el tancament i l'obertura sincronitzats de les vàlvules d'un motor de combustió del cotxe.



Les **excèntriques** són discs que giren al voltant d'un eix que no coincideix amb el seu centre. El seguidor puja i baixa de forma semblant al que passa quan s'utilitzen lleves.



- Sistemes irreversibles, ja que només es pot transmetre el moviment de la peça giratòria al seguidor, mai a l'inversa.
- El moviment del seguidor és suau, sobre tot en l'excèntrica.

Exemples: mecanismes empentadors, programadors electromagnètics, motors combustió.

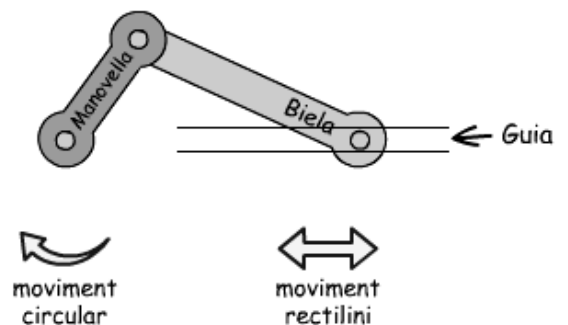
▪ **BIELA - MANETA**

Mecanisme format per dues barres articulades, de forma que quan una gira (maneta o manovella) l'altra es desplaça (biela) per una guia.



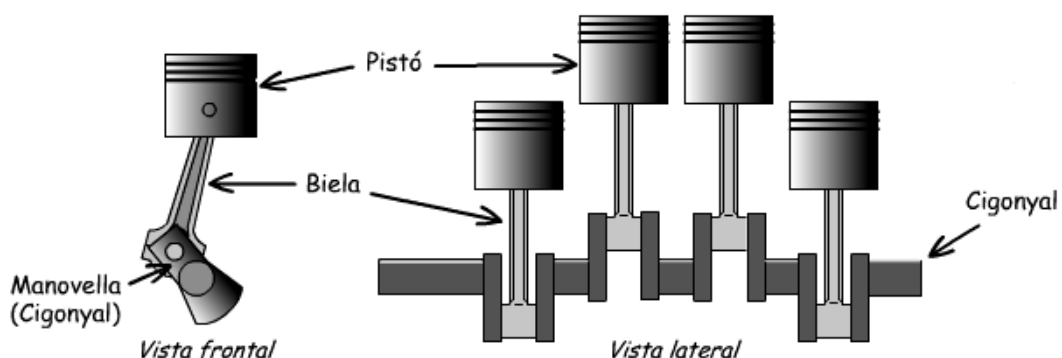
Quan la biela i la maneta estan alineades, la barra arriba al màxim desplaçament possible. Quan la biela es superposa a la maneta, el desplaçament la barra té és mínim. La maneta va girant, i la unió biela-maneta s'estira o es comprimeix, desplaçant la barra de forma alternativa.

- Sistema reversible.
- Moviment alternatiu suau del pistó en la guia o cilindre.



Exemples: motors d'explosió de vehicles, locomotora de vapor, màquina de cosir.

Diversos sistemes biela-maneta en un mateix eix formen un **cigonyal**



6.- BIBLIOGRAFIA

Llibres

-J.Olmo. Projecte *Exedra*. **Estructures i mecanismes**. *Tecnologia 2n cicle ESO*. 2003. Editorial Oxford University Press. ISBN: 84-673-1180-0

-R. Martínez, E. Nogueira, S. Resa, E.Gabardino. **Tecnologies 1ESO**. Primera edició, 2007. Editorial Teide. ISBN: 978-84-307-8588-9

-Proyecto *La Casa del Saber*. **Tecnologías 3ESO**. 2007. Santillana Educación, SL. ISBN: 978-84-294-3957-1

Webs

<http://www.edu365.cat/eso/muds/tecnologia/index.htm>

<http://www.tecno12-18.com>

<http://www.xtec.cat/~ccapell/>

Programari

-Relatran 3.5

El programa educatiu, que simula màquines i mecanismes i permet la pràctica d'exercicis sobre mecanismes: forces, avantatges mecànics, velocitats de gir, característiques dels components, relacions de transmissió.