



22-24  
NOV  
2022

**XV** Congreso Iberoamericano  
Congreso Iberoamericano

**INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENGENHARIA MECÂNICA**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



POLITÉCNICA



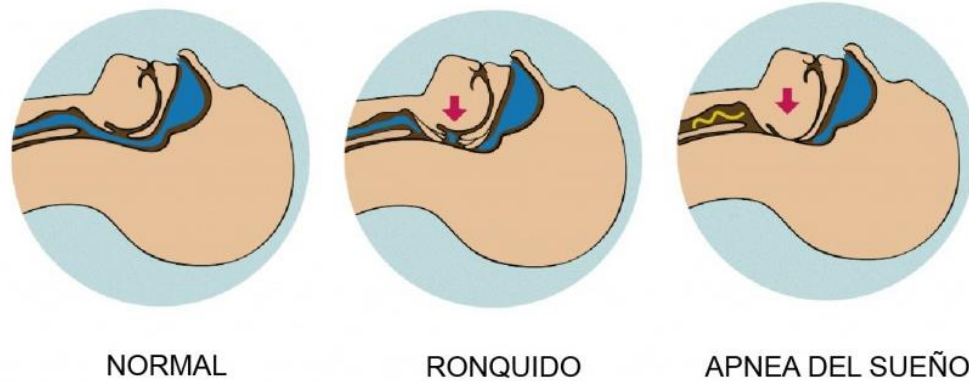
# Diseño de un dispositivo intraoral para el tratamiento de la apnea obstructiva del sueño con levas optimizadas para adaptarse a la cinemática de la mandíbula del paciente mediante algoritmos evolutivos

Alex Bataller Torras, Juan Antonio Cabrera Carrillo, Fernando Nadal Martinez, Sergio Postigo Pozo

*Grupo de Investigación Ingeniería Mecánica de Málaga (IMMa). Universidad de Málaga.*

# 1. Introducción

- Apnea Obstructiva del Sueño (AOS).



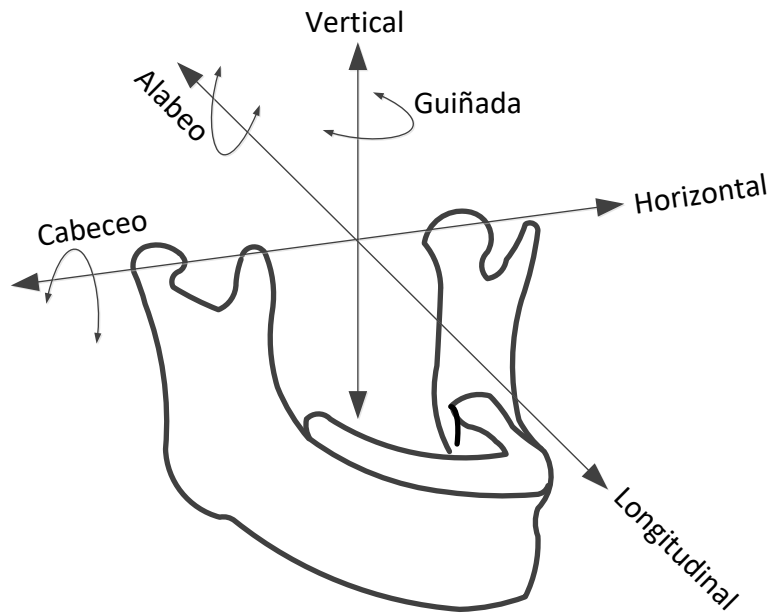
Esquema de las vías respiratorias en las fases de ronquido y apnea.

Fuente: [www.blog.orthoapnea.es](http://www.blog.orthoapnea.es)

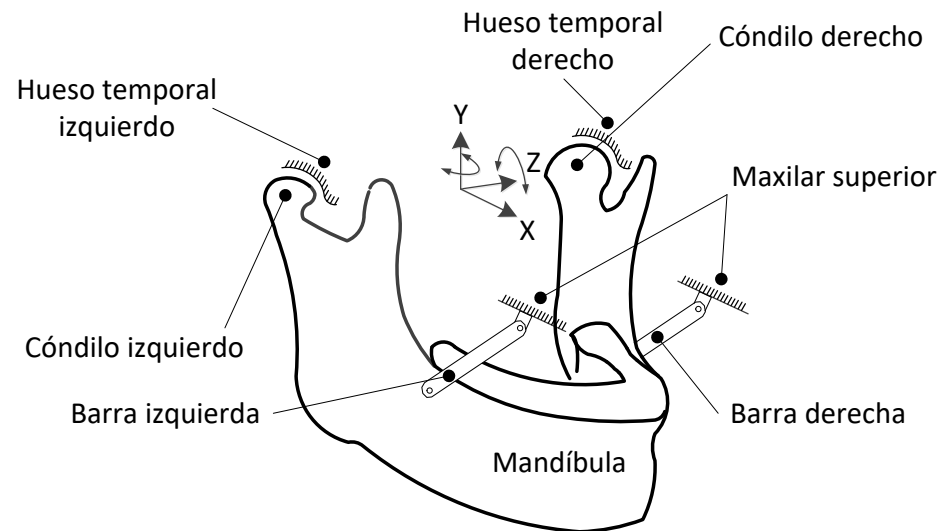
- Tratamientos:
  - CPAP.
  - Dispositivo de Avance Mandibular (DAM).
  - Cirugía.

# 1. Introducción

- Grados de libertad de la mandíbula.



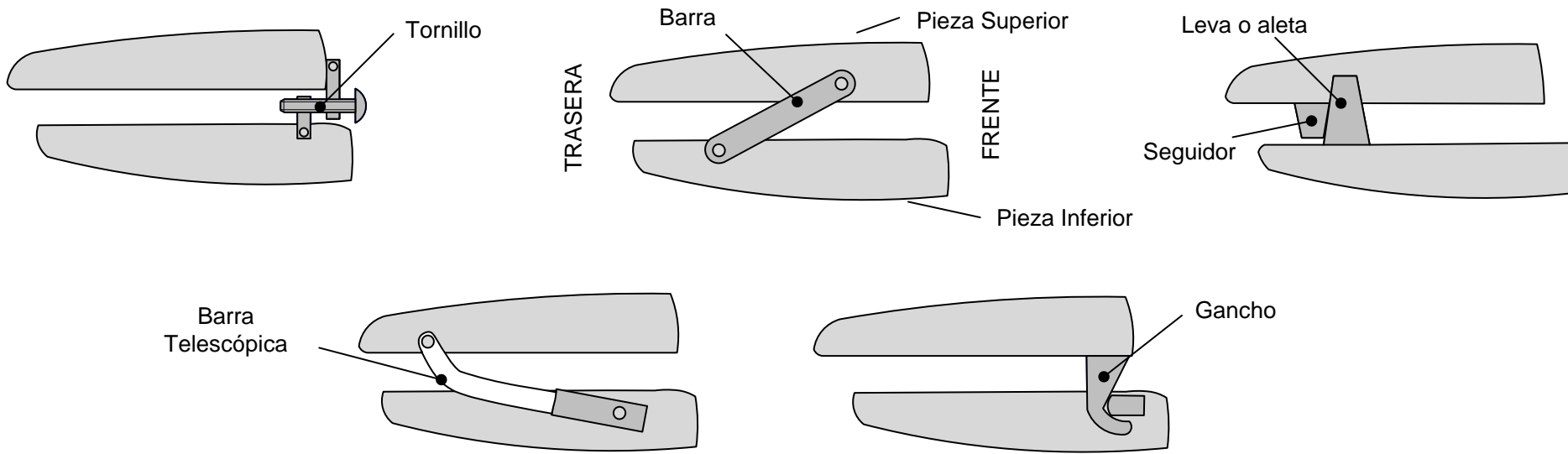
Esquema de la mandíbula con seis grados de libertad en el espacio. Ejes de giro y traslación.  
Fuente: elaboración propia.



Mecanismo formado por dos barras y la mandíbula de un individuo con el eslabón de referencia definido por el maxilar superior y el cráneo. Fuente: elaboración propia.

# 1. Introducción

- Tipos de acoplamiento de los Dispositivos de Avance Mandibular (DAM).

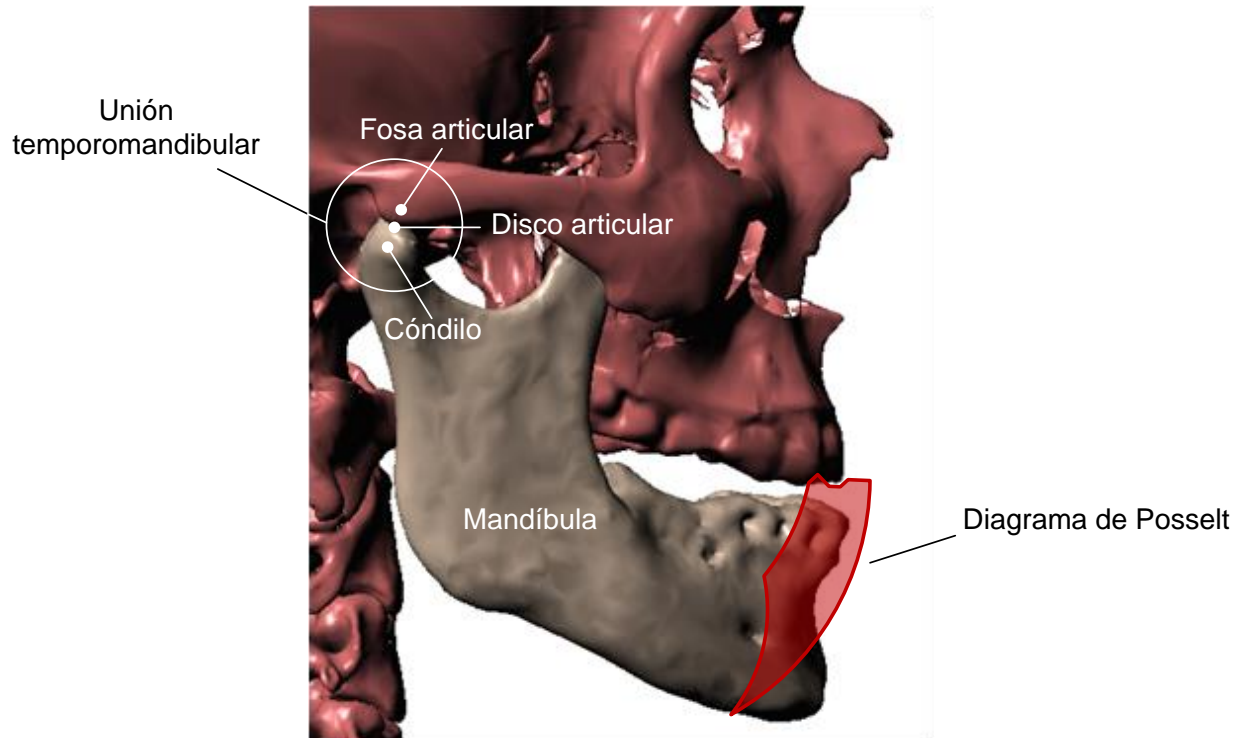


Esquemas de diferentes tipos de acoplamiento entre las dos férulas de un DAM.

Fuente: elaboración propia.

# 1. Introducción

- Diagrama de Posselt en el plano sagital.



Escáner 3D de un conjunto cráneo-mandíbula con su diagrama de Posselt. Fuente: elaboración propia.

# 1. Introducción

- Diagrama de Posselt.

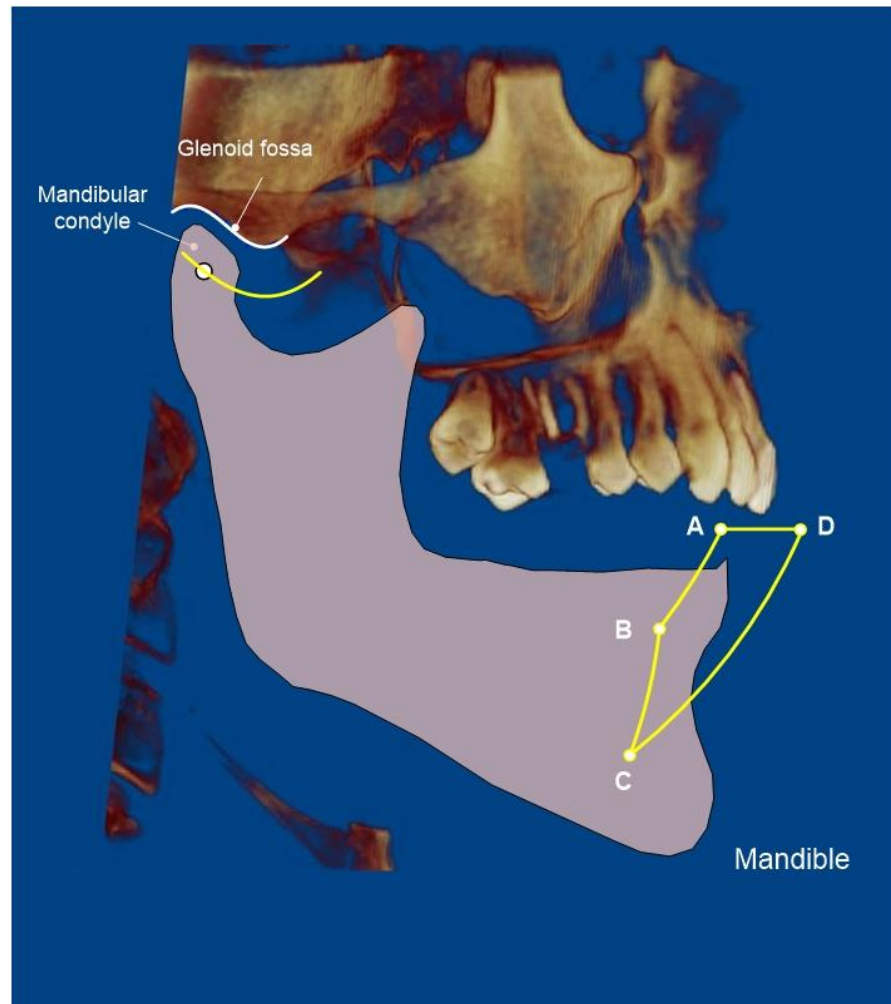


Diagrama de Posselt. Fuente: elaboración propia.

# 1. Introducción

- Diagrama de Posselt.

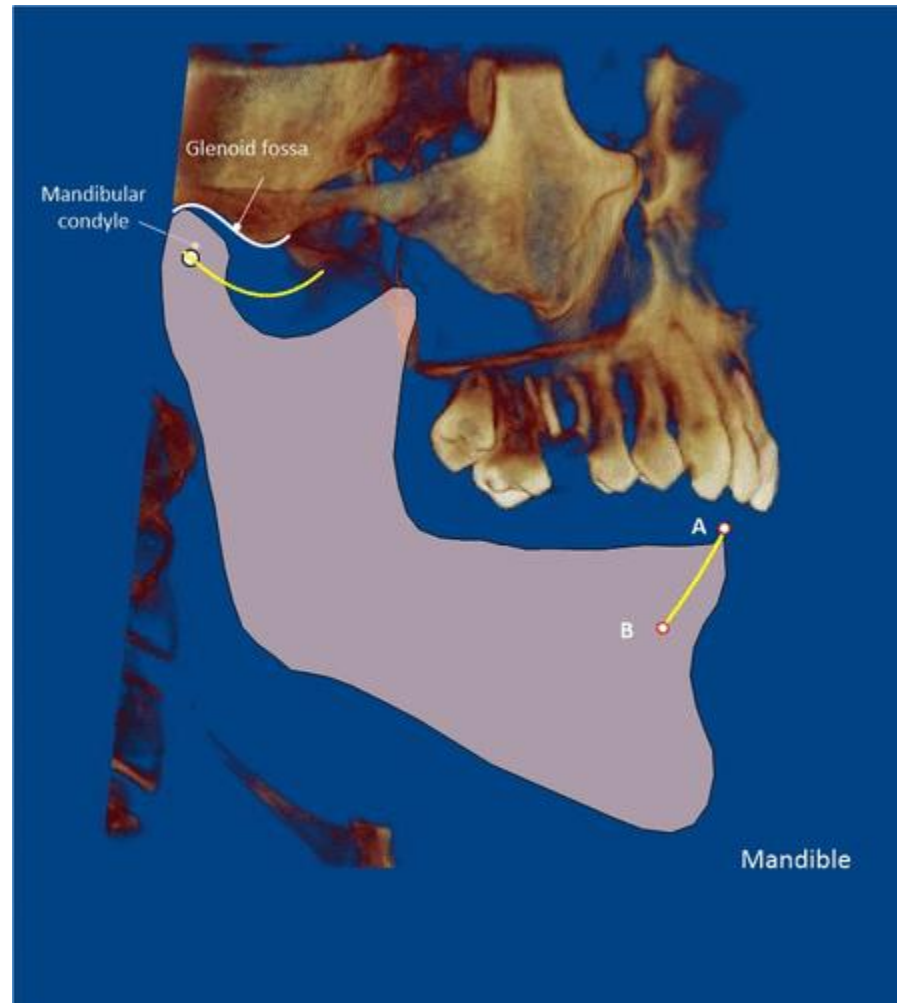


Diagrama de Posselt. Fuente: elaboración propia.



# 1. Introducción

- Diagrama de Posselt.

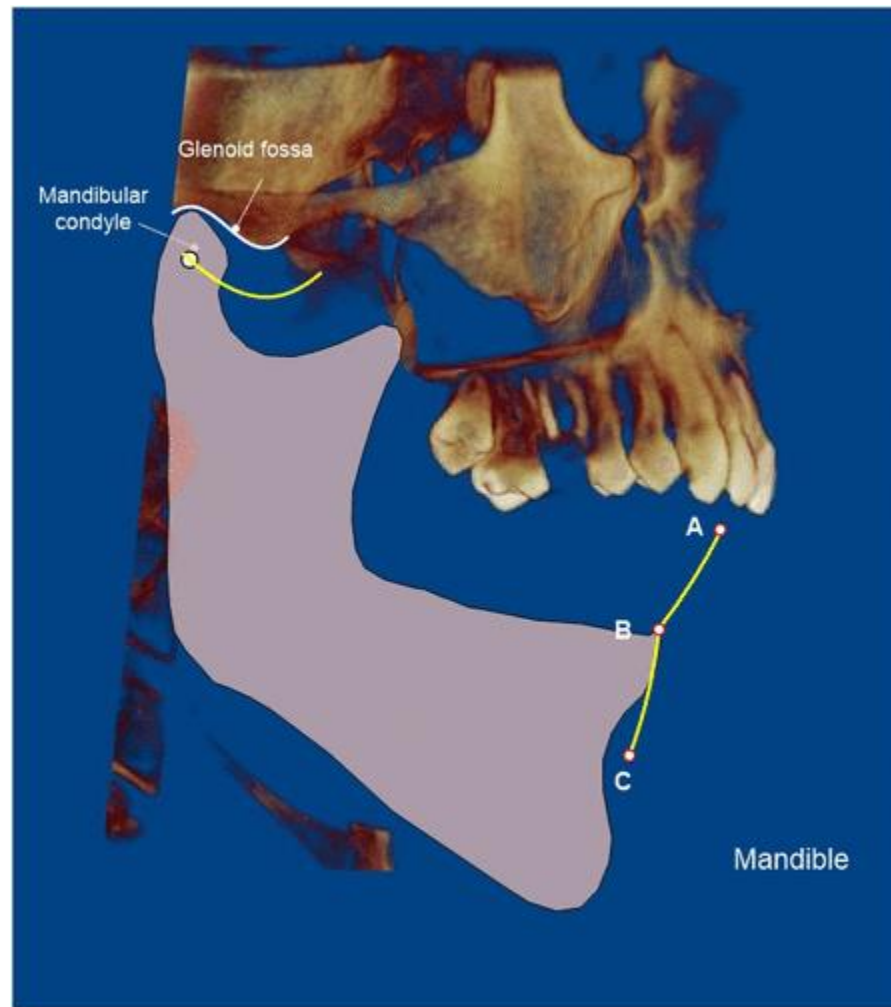


Diagrama de Posselt. Fuente: elaboración propia.



# 1. Introducción

- Diagrama de Posselt.

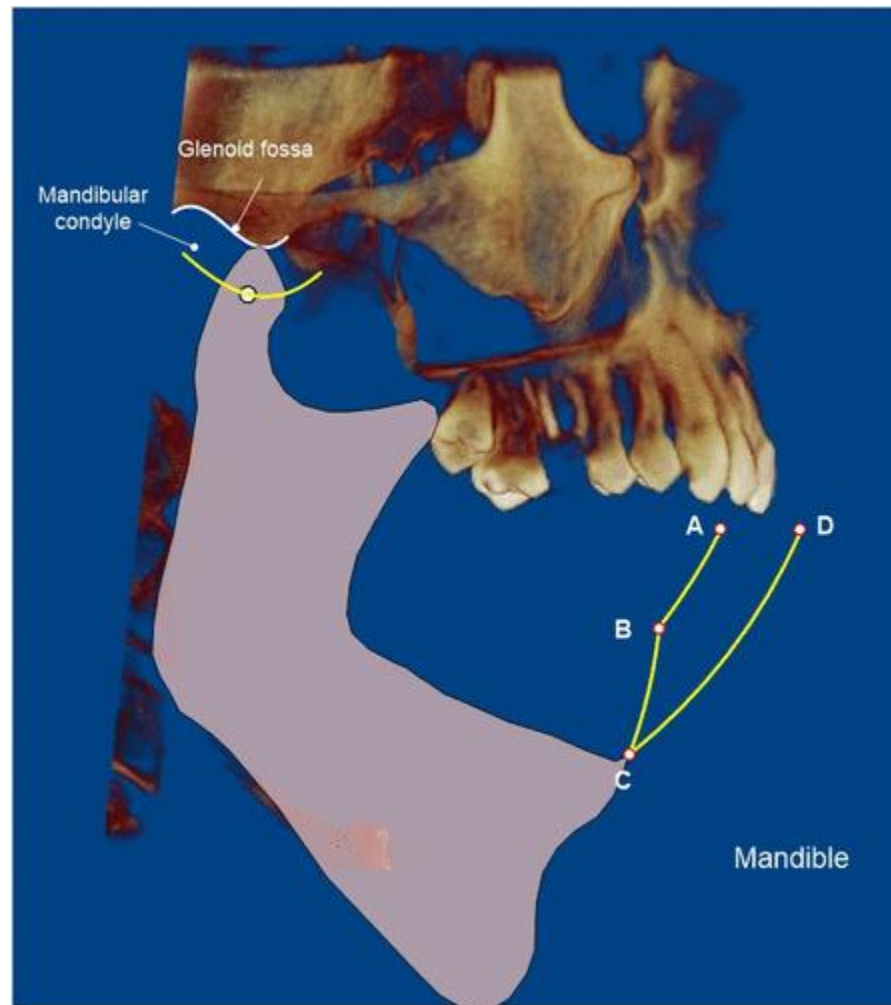


Diagrama de Posselt. Fuente: elaboración propia.

# 1. Introducción

- Diagrama de Posselt.

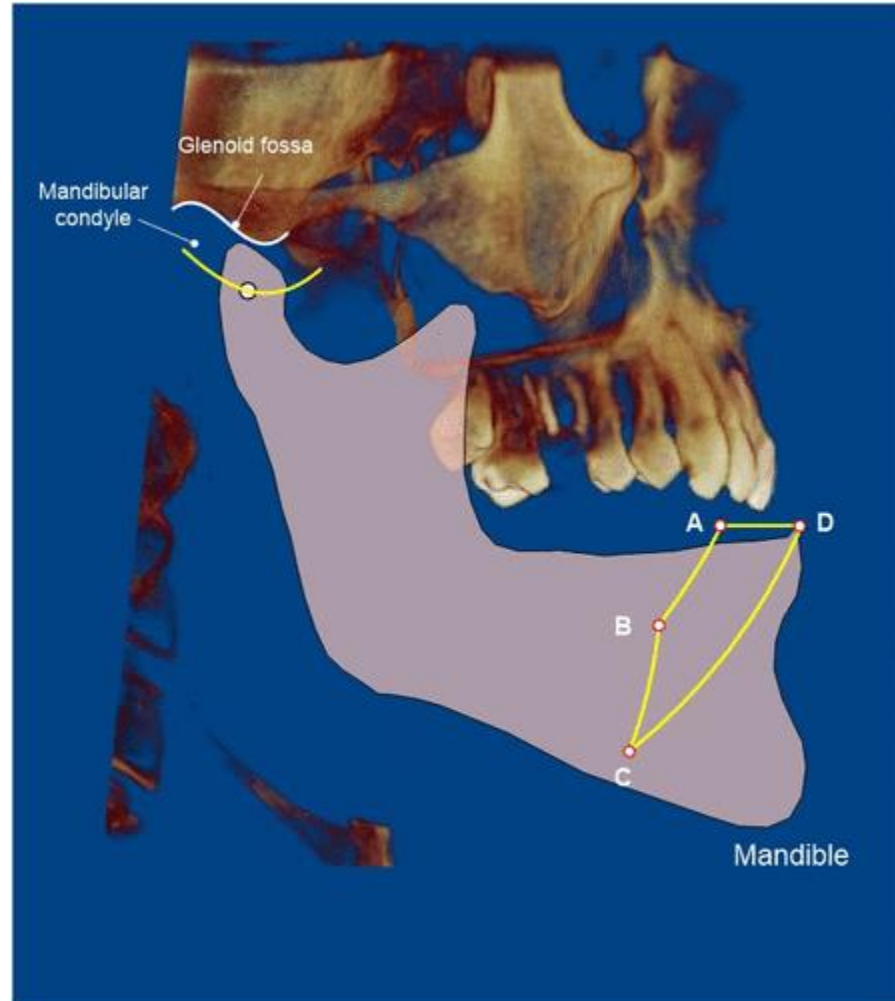
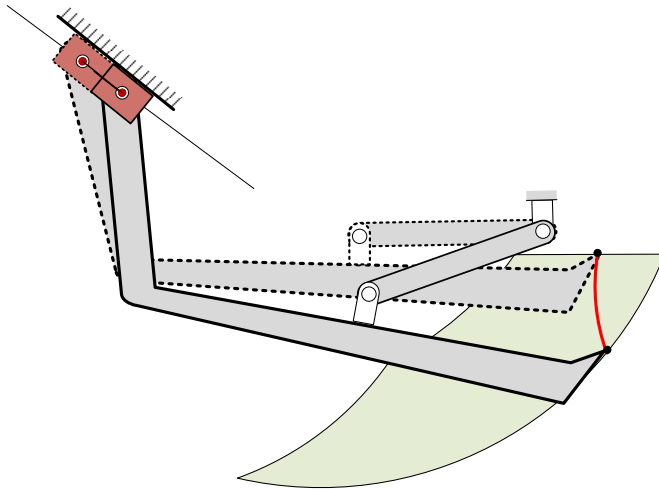


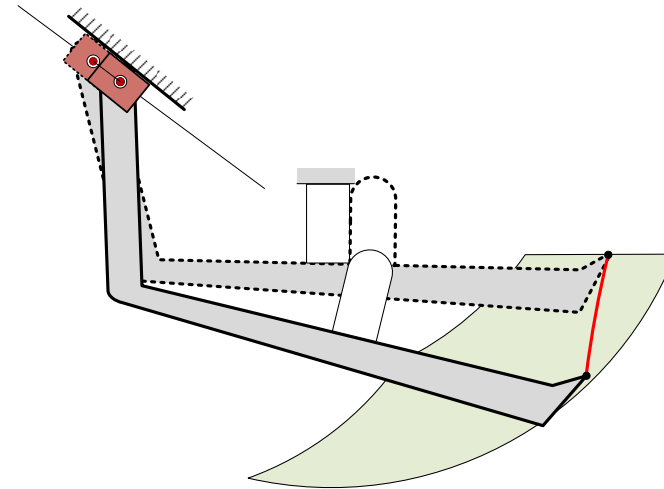
Diagrama de Posselt. Fuente: elaboración propia.

# 1. Introducción

- Comportamiento cinemático de un DAM dependiendo del sistema de acoplamiento.



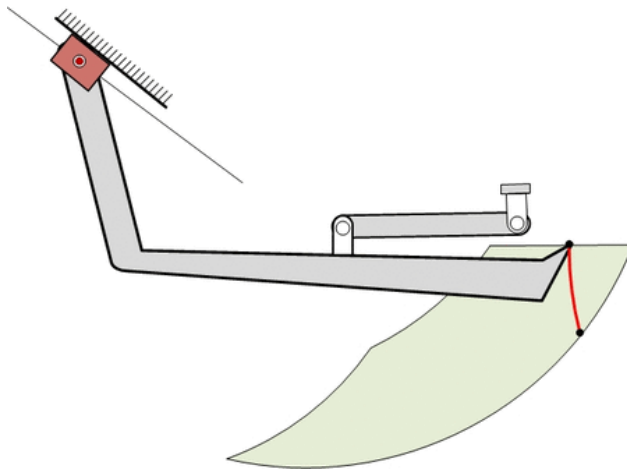
Acoplamiento con barras.  
Fuente: elaboración propia.



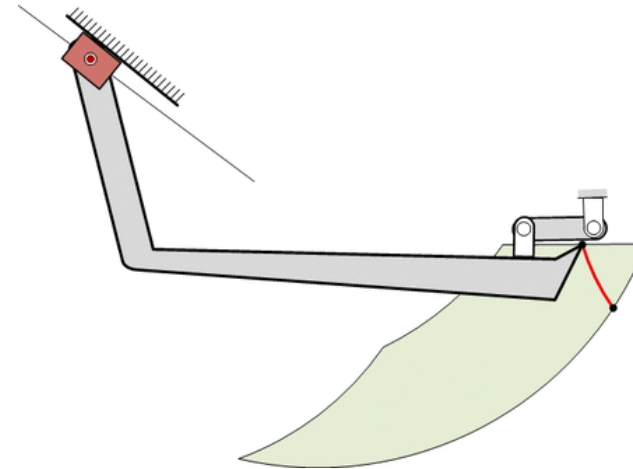
Acoplamiento con levas (aletas).  
Fuente: elaboración propia.

# 1. Introducción

- Comportamiento cinemático de un DAM dependiendo de las medidas del mecanismo (barras).



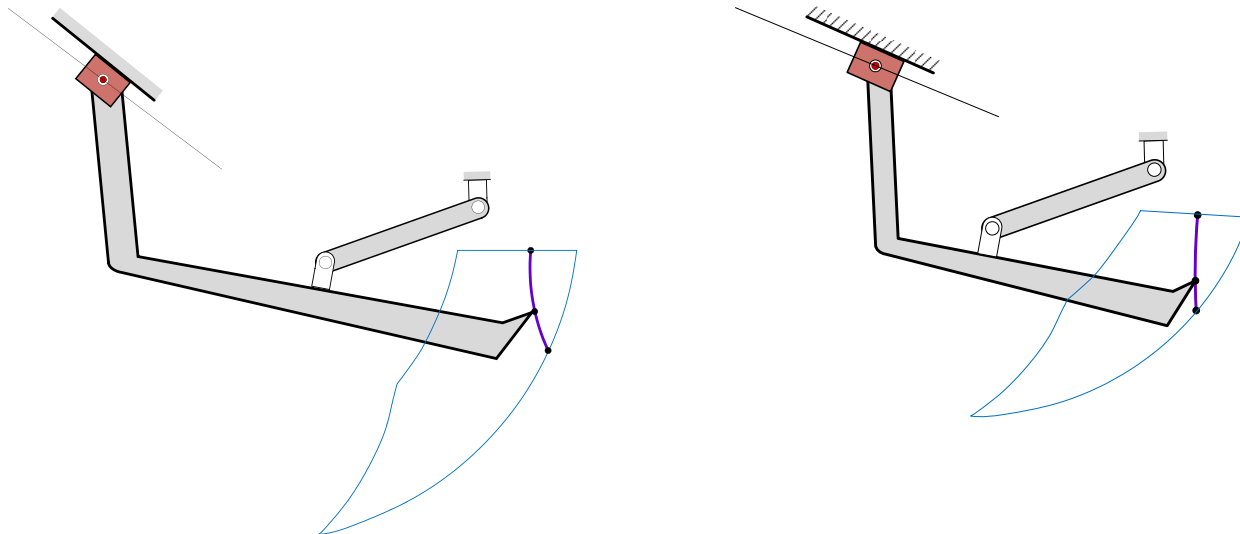
Acoplamiento con barras de mayor longitud colocadas en una posición más retrasada.  
Fuente: elaboración propia.



Acoplamiento con barras de menor longitud colocadas en una posición más adelantada.  
Fuente: elaboración propia.

# 1. Introducción

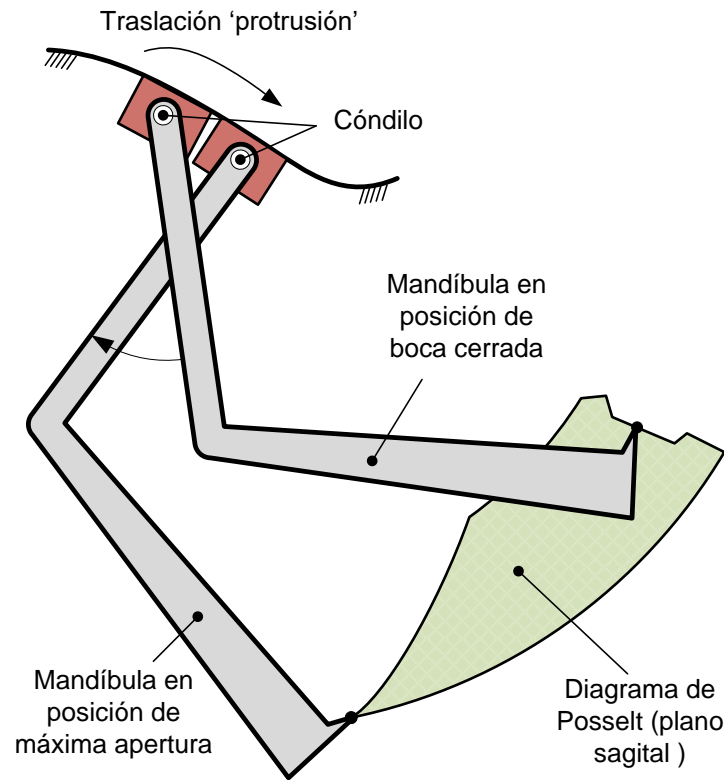
- Comportamiento cinemático de un DAM dependiendo de las medidas del mecanismo (mandíbula).



Esquemas del mismo DAM de barras en dos mandíbulas con medidas diferentes.  
Fuente: elaboración propia.

## 2. Modelo cinemático de la mandíbula

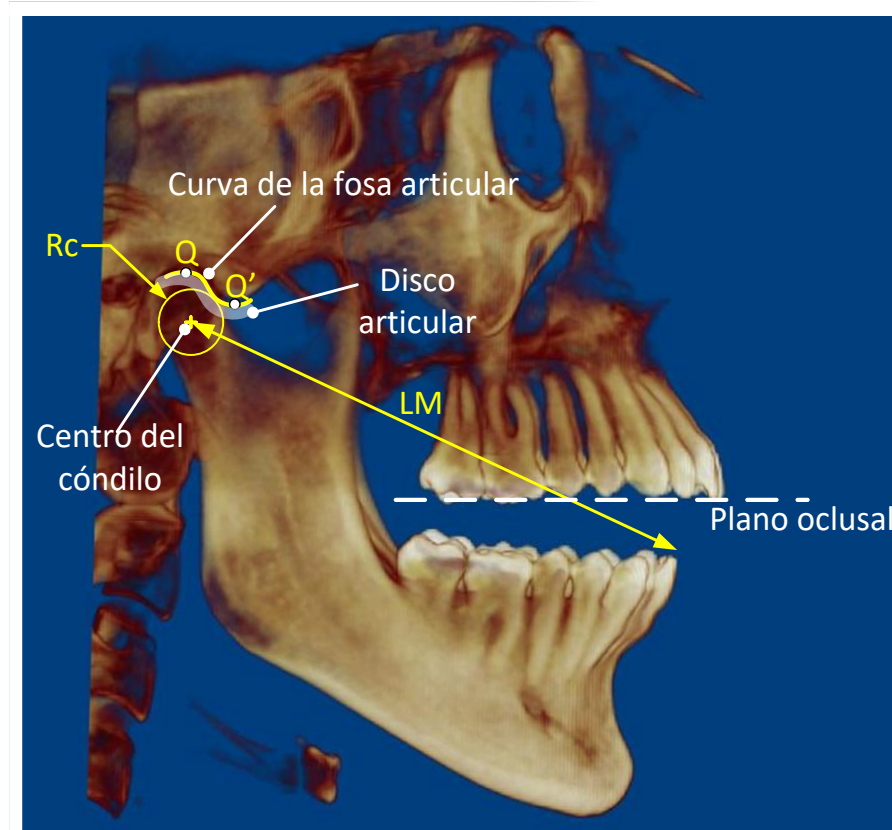
- Mecanismo cinemáticamente equivalente al conjunto mandíbula-únión temporomandibular.



Modelo de 2 GDL de la mandíbula en el plano sagital.  
Fuente: elaboración propia.

## 2. Modelo cinemático de la mandíbula

- Parametrización del mecanismo de la mandíbula.

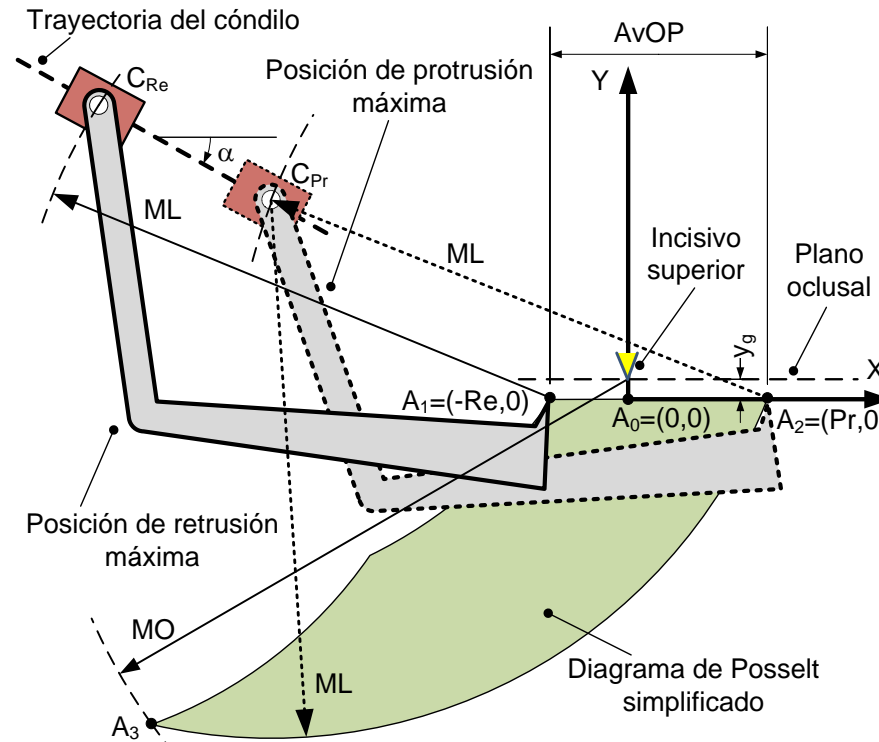


Escáner de un paciente con los parámetros necesarios para definir el modelo cinemático de la mandíbula: longitud mandibular (LM), radio del cóndilo (RC) y puntos Q y Q', máximo y mínimo de la curva definida por la fosa articular. Fuente: elaboración propia.



## 2. Modelo cinemático de la mandíbula

- Cálculo del Diagrama de Posselt.

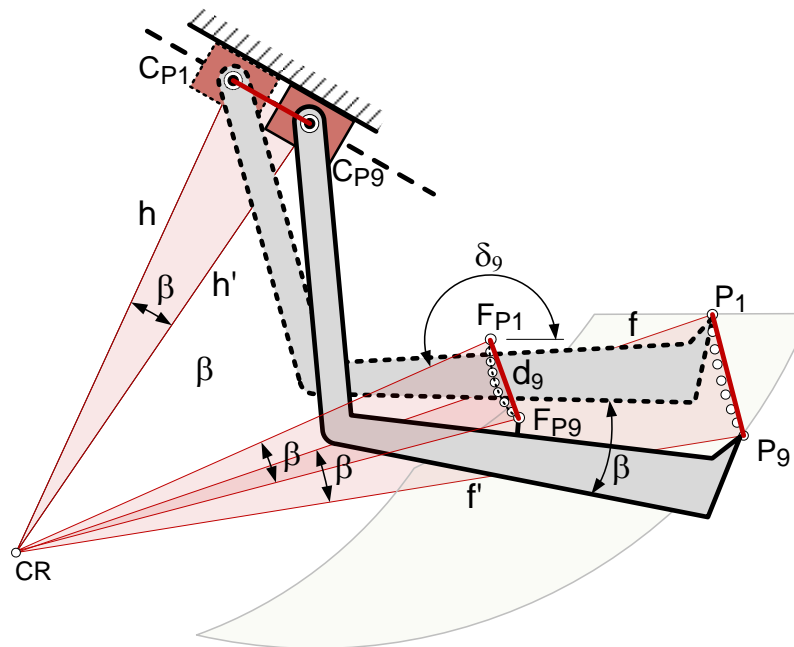


Obtención del Diagrama de Posselt en el modelo simplificado utilizado para desarrollar el dispositivo de avance mandibular.

Fuente: elaboración propia.

### 3. Diseño óptimo del dispositivo

- Desplazamiento del centro del seguidor en función del desplazamiento del cóndilo y el incisivo inferior.

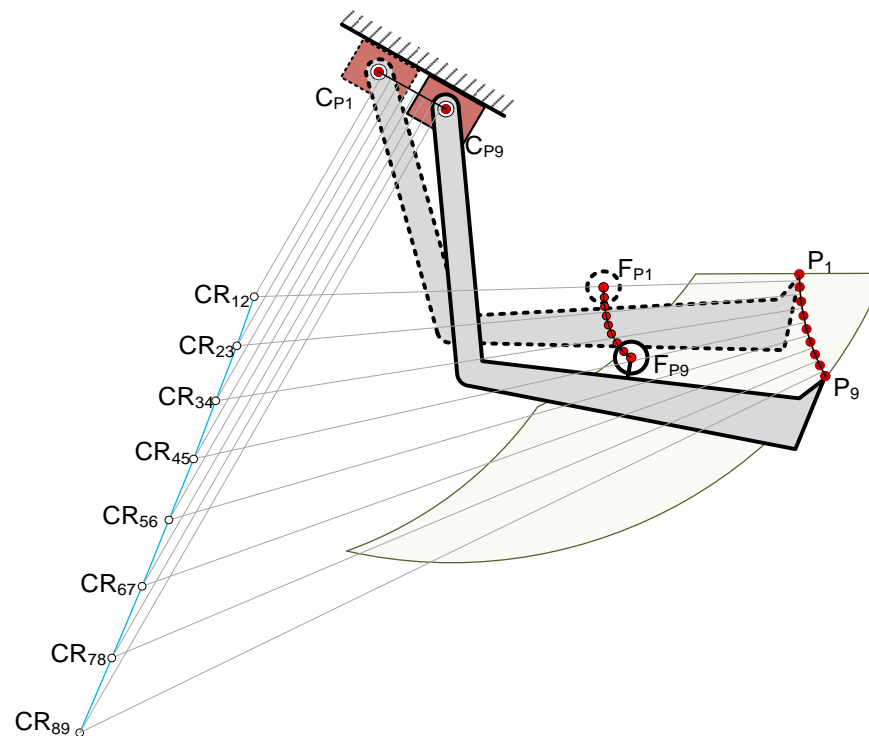


Centro de rotación de la mandíbula cuando el incisivo inferior se mueve desde P1 hasta P9.

Fuente: elaboración propia.

### 3. Diseño óptimo del dispositivo

- Desplazamiento del centro del seguidor en función del desplazamiento del cóndilo y el incisivo inferior.

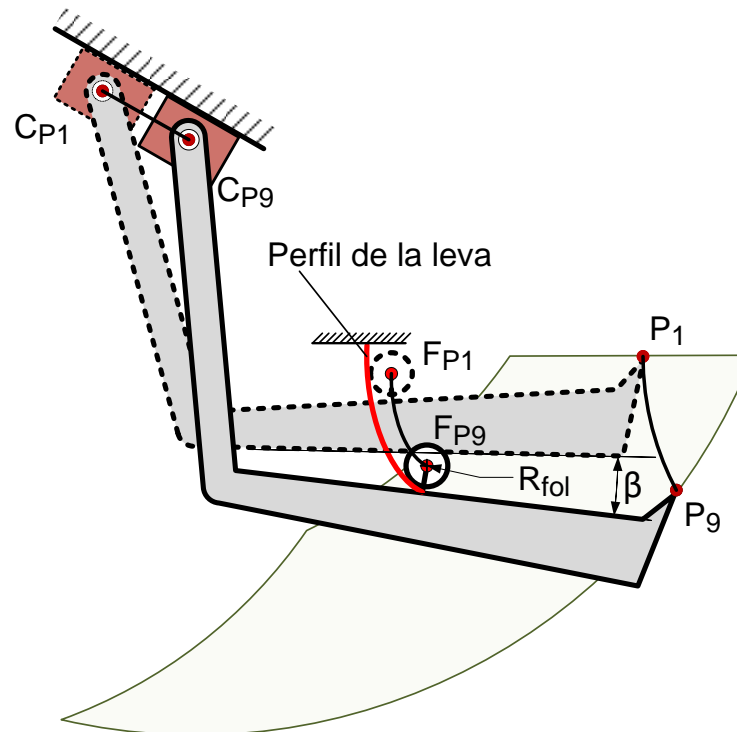


Centros de rotación de la mandíbula de los ocho desplazamientos considerados para el incisivo inferior cuando este se mueve desde P1 hasta P9.

Fuente: elaboración propia.

### 3. Diseño óptimo del dispositivo

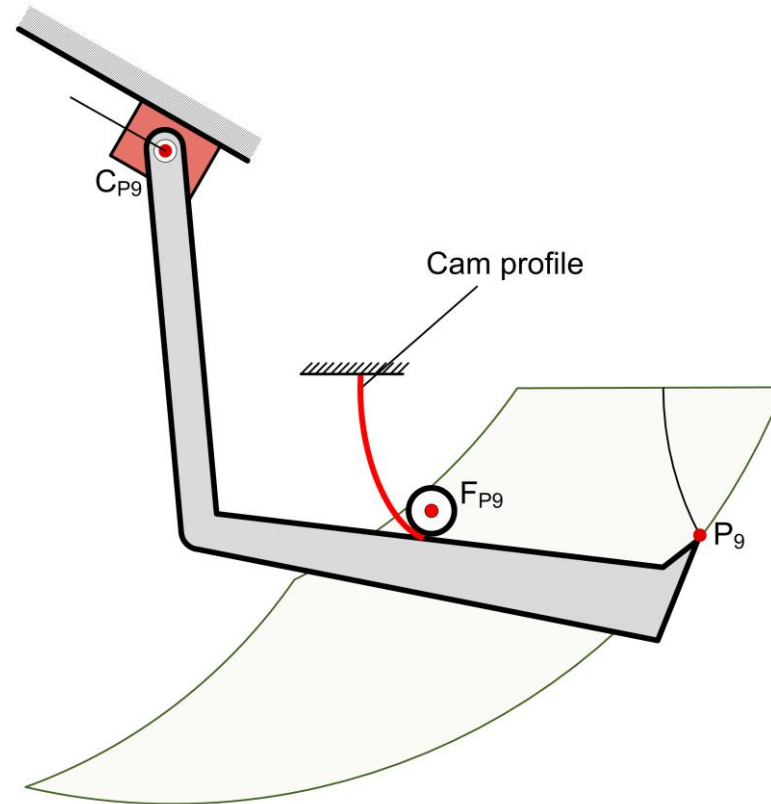
- Perfil de la leva unida al maxilar superior.



Perfil de la leva fija unida al maxilar y el seguidor unido a la mandíbula.  
Fuente: elaboración propia.

### 3. Diseño óptimo del dispositivo

- Movimiento de la mandíbula con la leva calculada.

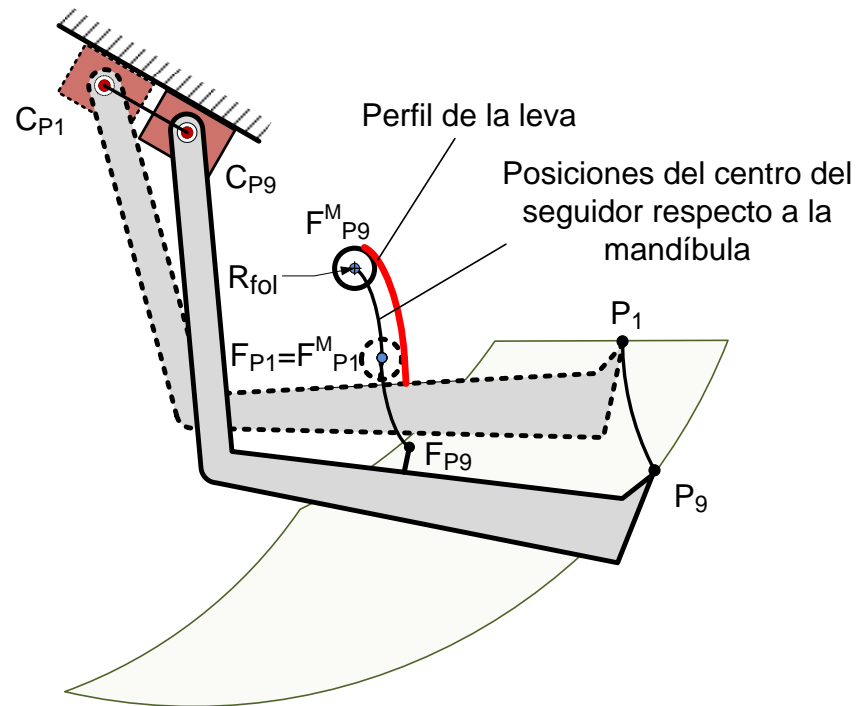


Perfil de la leva fija unida al maxilar y el seguidor unido a la mandíbula.

Fuente: elaboración propia.

### 3. Diseño óptimo del dispositivo

- Perfil de la leva unida a la mandíbula.

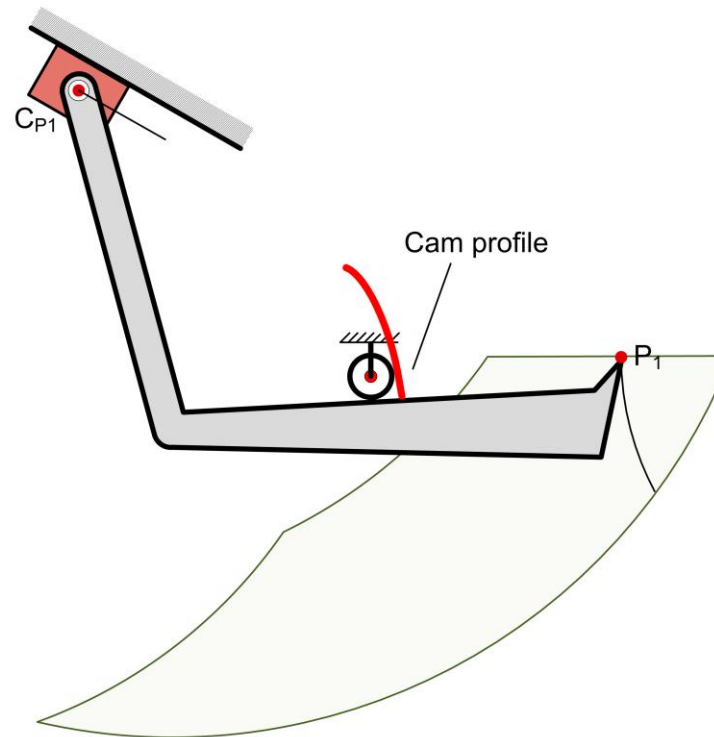


Perfil de la leva unida a la mandíbula y el seguidor fijo unido al maxilar.

Fuente: elaboración propia.

### 3. Diseño óptimo del dispositivo

- Movimiento de la mandíbula con la leva calculada.



Perfil de la leva unida a la mandíbula y el seguidor fijo unido al maxilar.

Fuente: elaboración propia.



## 4. El dispositivo

- Dispositivo final.



Dispositivo de avance mandibular NOA. Férulas inferior y superior impresas con impresora 3D. Fuente: elaboración propia.

## 4. El dispositivo

- Ajuste de la protrusión inicial.

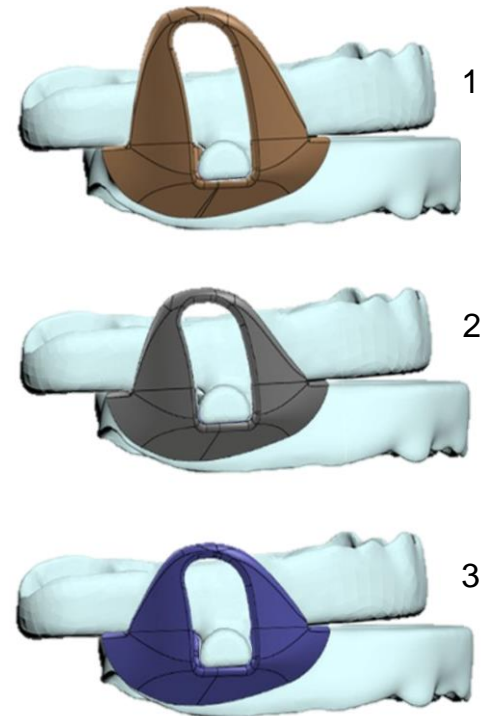
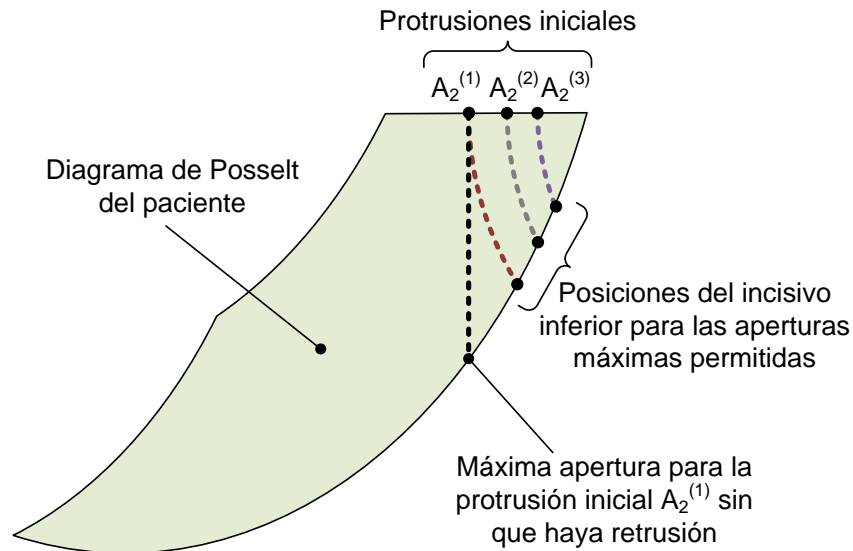


Diagrama de Posselt de un paciente con tres valores distintos de protrusión inicial y apertura máxima permitidas. Fuente: elaboración propia.

Secuencia de tres levas diferentes (1, 2 y 3) diseñadas para el mismo paciente a partir de valores distintos de protrusión inicial. Fuente: elaboración propia.

## 5. Conclusiones

- Todos los DAM del mercado protruyen la mandíbula del paciente con la boca cerrada, pero al abrir la boca tienen comportamientos diferentes.
- Algunos DAM actuales tienen un sistema de acoplamiento entre la férula superior y la inferior que produce la retrusión de la mandíbula al abrir la boca.
- Ninguno de los DAM del mercado tiene en cuenta la cinemática de la mandíbula de cada paciente y por lo tanto tienen un comportamiento diferente dependiendo de su morfología.
- En este trabajo se ha presentado un método para diseñar un DAM personalizado teniendo en cuenta la cinemática de la mandíbula del paciente.
- Los datos de entrada son sencillos de obtener y el cálculo del perfil de la leva se realiza con un proceso de síntesis con algoritmos evolutivos a partir de la trayectoria deseada para el incisivo inferior.
- La definición del perfil de la leva mediante una ecuación permite su reproducción precisa en un modelo paramétrico 3D definido en un software CAD-CAE.
- La fabricación se realiza directamente con una impresora 3D a partir del modelo generado con dicho software.



22-24  
NOV  
2022

**XV** Congreso Iberoamericano  
Congreso Iberoamericano

**INGENIERÍA MECÁNICA**



**ENGENHARIA MECÂNICA**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



POLITÉCNICA



# Diseño de un dispositivo intraoral para el tratamiento de la apnea obstructiva del sueño con levas optimizadas para adaptarse a la cinemática de la mandíbula del paciente mediante algoritmos evolutivos

Alex Bataller Torras

*Grupo de Investigación Ingeniería Mecánica de Málaga (IMMa). Universidad de Málaga.*