

## **Grado en ODONTOLOGÍA**

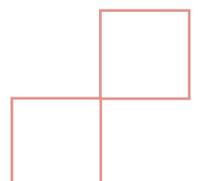
### **Trabajo Fin de Grado**

**Curso 2021-22**

**COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE MEDICION DE  
ESTABILIDAD PRIMARIA EN IMPLANTES CON  
OSSTELL Y PENGUIN: REVISION SISTEMATICA.**

**Presentado por: Marie Rampignon**

**Tutora: Dra. Zaraida Catalá**





## Agradecimientos

A mi tutora, Zaraida Catalá, por sus preciosos consejos, inestimable apoyo y ánimo que me han permitido acabar este trabajo y así marcar el punto final de este Grado en Odontología.

A Amparo Aloy Prósper, por su indispensable ayuda, escucha y numerosas correcciones, sin la cual nunca habría podido completar esta revisión sistemática. Gracias por enseñarnos tanto.

A todos los profesores de la Universidad Europea de Valencia y de la Clínica Odontológica que me han transmitido sus conocimientos, experiencias y claves técnicas del trabajo en clínica que me acompañarán en mi práctica diaria.

A los miembros del tribunal por su presencia, su lectura y escucha de mi defensa, así como las observaciones que me dirigirán para mejorar mi trabajo.

A mes précieux amis, Justine, Clara, Max, pour avoir été les véritables piliers de ma vie ici, en Espagne. Merci pour votre soutien irremplaçable dans les instants les plus difficiles. Merci pour les souvenirs qu'il me reste après autant d'années à vos côtés et pour tous ceux qu'il nous reste à créer.

A mon binôme Andréa, avec qui j'ai eu l'immense chance de partager ces cinq ans d'études, mais aussi et surtout, ces deux années de clinique inoubliables : les turnos du samedi, nos premières tronculaires, extractions et points de sutures. Ces premiers pas dans le monde professionnel sont des souvenirs qui resteront gravés à jamais. Merci de m'avoir supportée dans les pires moments, d'avoir toujours cru en moi, et merci d'être toi. Binôme para siempre.

A mon frère Louis, pour m'avoir suivie et encouragée depuis le début.

A mes parents, à qui je dois entièrement celle que je suis aujourd'hui. Merci pour votre amour, votre bienveillance et les valeurs que vous m'avez transmises, qui ont été essentiels à la réalisation de ce travail. Papa, Maman, merci de m'avoir permis de vivre cette expérience merveilleuse. Merci d'avoir cru en moi et pour la confiance que vous m'avez accordée tout au long de ces cinq années. Je suis très fière de vous montrer ce que je suis devenue grâce à vous.

*A todos ellos, gracias por hacer que este sueño sea una realidad.*

## Resumen

**Contexto:** La rehabilitación protésica con implantes representa un tratamiento de elección para la reposición de piezas dentarias ausentes. Uno de los requisitos fundamentales para el éxito implantológico es la medida de la estabilidad primaria y para su evaluación, se desarrollaron varios métodos, como son los recientes dispositivos Osstell y Penguin<sup>RFA</sup>, basados en el método del análisis de la frecuencia de resonancia. En la presente revisión sistemática se pretende evaluar y comparar la medición de la estabilidad primaria en implantes mediante el uso de los dispositivos Osstell y Penguin<sup>RFA</sup>, así como determinar los factores que afectan a la estabilidad primaria.

**Material y métodos:** Se siguieron los métodos recomendados para las revisiones sistemáticas y meta-análisis (PRISMA). Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Medline y Scopus para identificar todos los artículos relevantes publicados hasta Febrero 2022 sobre la medición de la estabilidad primaria con los dispositivos Osstell y Penguin.

**Resultados:** 6 artículos cumplieron los criterios de inclusión. El día de la colocación, el valor medio de estabilidad medido por Osstell fue 70.83, oscilando entre 65.08 y 78.20; y por Penguin<sup>RFA</sup> fue 70.15, con valores oscilando entre 63.95 y 77.50. Osstell daba valores de ISQ mayores que Penguin en cuatro estudios. Las mediciones MD fueron siempre mayores que las medidas realizadas en un sentido BL.

**Conclusiones:** Teniendo en cuenta las limitaciones del presente trabajo, Los dispositivos Osstell y Penguin son relevantes para realizar la medición de la estabilidad primaria. Los valores de medición del ISQ obtenidos con los dos dispositivos no son significativamente diferentes o bien si existe una diferencia significativa, no tiene interés clínico.

Los factores que afectan a la estabilidad primaria son los siguientes: la calidad ósea, el tipo de implante, la longitud y conexión del implante, el transductor utilizado y el torque de inserción del transductor.

## Abstract

**Context:** Prosthetic rehabilitation with implants represents a treatment of choice for the replacement of missing teeth. One of the fundamental requirements for implantological success is the measurement of primary stability and several methods have been developed for its evaluation, such as the recent Osstell and Penguin devices, based on the resonance frequency analysis. This systematic review aims to evaluate and compare the measurement of primary stability in implants using the Osstell and Penguin devices and to determine the factors affecting primary stability.

**Materials and methods:** The methods recommended for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) were followed and an electronic search was performed in the PubMed, Medline and Scopus databases to identify all relevant articles published up to February 2022 on the measurement of primary stability with the Osstell and Penguin devices.

**Results:** 6 articles met the inclusion criteria. On the day of placement, the mean stability value measured by Osstell was 70.83, ranging from 65.08 to 78.20. The mean stability value measured by Penguin was 70.15, with ISQ values ranging from 63.95 to 77.50. Osstell gave higher ISQ values than Penguin in four studies. Measurements made by MD were always higher than measurements made in a BL direction.

**Conclusions:** Despite the limitations of the present work, the Osstell and Penguin devices are relevant for measuring primary stability. The ISQ measurement values obtained with the two devices are not significantly different or if there is a significant difference it is of no clinical interest.

Factors affecting primary stability are bone quality, implant type, implant length and connection, transducer used and transducer insertion torque.

## Palabras clave

*Resonance Frequency Analysis, RFA, Primary Stability, Osstell, Penguin.*

## Abreviaturas

<b>RFA</b>	Análisis de la frecuencia de resonancia
<b>ISQ</b>	Cociente de estabilidad implantaria
<b>Hz</b>	Hercios
<b>kHz</b>	Kilohercios
<b>BIC</b>	Bone-implant contact
<b>TAC</b>	Tomografía Axial Computarizada
<b>IT</b>	Torque de inserción
<b>VB</b>	Vestibular
<b>L</b>	Lingual
<b>M</b>	Mesial
<b>D</b>	Distal
<b>EXT</b>	Conexión externa
<b>INT</b>	Conexión interna
<b>N°</b>	Número

# Índice

<b>1</b>	<b><i>Introducción</i></b> .....	<b>1</b>
1.1	Densidad ósea .....	1
1.2	Proceso de osteointegración.....	2
1.3	Estabilidad implantaria .....	4
1.4	Valoración de la estabilidad implantaria .....	7
<b>2</b>	<b><i>Justificación, hipótesis y objetivos</i></b> .....	<b>16</b>
2.1	Justificación .....	16
2.2	Objetivos .....	17
2.3	Hipótesis.....	17
<b>3</b>	<b><i>Material y métodos</i></b> .....	<b>17</b>
3.1	Identificación de la pregunta PICO.....	17
3.2	Criterios de elegibilidad.....	18
3.3	Fuentes de información y estrategias de la búsqueda.....	18
3.4	Proceso de selección de los estudios.....	19
3.5	Proceso de extracción de los datos .....	20
3.6	Lista de los datos .....	20
3.7	Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales.....	21
<b>4</b>	<b><i>Resultados</i></b> .....	<b>22</b>
4.1	Selección de los estudios. Flow chart.....	22
4.2	Análisis de las características de los estudios revisados .....	23
4.3	Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo .....	26
4.4	Síntesis de resultados. Resultados de los estudios individuales. ....	27
<b>5</b>	<b><i>Discusión</i></b> .....	<b>34</b>
<b>6</b>	<b><i>Conclusión</i></b> .....	<b>42</b>
<b>7</b>	<b><i>Bibliografía</i></b> .....	<b>43</b>
<b>8</b>	<b><i>Anexos</i></b> .....	<b>46</b>

# 1 Introducción

La implantología ha representado una revolución en las últimas décadas en el campo de rehabilitaciones orales, proponiéndose como el tratamiento de elección en la reposición de dientes en pacientes parcial o totalmente desdentados (1).

Los pacientes que presentan ausencias dentales suelen sufrir de alteraciones estéticas, pero sobre todo de alteraciones funcionales como la capacidad masticatoria lo que influye sobre la calidad de vida. Por lo tanto, el tratamiento con implantes permite conseguir varios objetivos como la recuperación de la estética y de la capacidad funcional, así como una cierta comodidad para el paciente, presentándose como una alternativa frente al uso de prótesis removibles (2).

Hoy en día, los implantes dentales son tratamientos ampliamente aceptados y presentan altas tasas de éxito (3). El éxito de un implante depende de varios factores. Algunos de ellos son inherentes al paciente como su estado de higiene oral. Otros son directamente relacionados con el implante como la biocompatibilidad de su material, las características microscópicas o macroscópicas de la superficie, la técnica quirúrgica y la cantidad y calidad ósea (4).

## 1.1 Densidad ósea

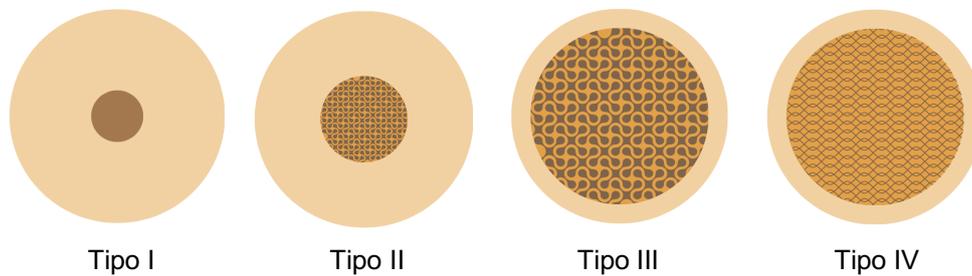
La calidad y cantidad ósea son parámetros que suelen tener un rol fundamental en la supervivencia a largo plazo del implante.

Por un lado, la cantidad ósea se define como la altura y anchura del hueso residual alveolar. La mayoría de los fracasos de implantes se producen a causa de la calidad y no de la cantidad ósea (5).

En el caso de crestas alveolares con hueso alveolar perdido se han desarrollado técnicas de regeneración ósea para ayudar al manejo y ampliar las posibilidades terapéuticas.

Por otro lado, la calidad ósea se ve influenciada por el espesor de la cortical, el volumen del hueso trabecular y la tasa de mineralización (6).

En 1985, Lekholm y Zarb introdujeron una clasificación de cuatro calidades óseas, diferenciadas por el espesor de la cortical y la calidad del hueso trabecular, de acuerdo con el esquema siguiente (Fig. 1).



**Figura 1** Clasificación de las calidades óseas por Lekholm y Zarb (1985) (7). Elaboración propia.

Según esta clasificación se descartaron cuatro densidades óseas:

- Tipo I: Hueso compacto homogéneo.
- Tipo II: Cortical gruesa rodeando hueso trabecular denso.
- Tipo III: Cortical fina rodeando un hueso trabecular denso.
- Tipo IV: Cortical fina rodeando un hueso trabecular poco denso.

Idealmente, un implante debe colocarse en un hueso de tipo I, II o III para tener un equilibrio entre un aporte sanguíneo suficiente proporcionado por el hueso trabecular y una buena estabilidad aportada por el espesor de la cortical.

Los múltiples fracasos que han surgido durante los principios de la colocación de implantes se explicaban por un desconocimiento biológico del hueso, la falta de biocompatibilidad de los materiales y una incorrecta osteointegración (7).

## 1.2 Proceso de osteointegración

La osteointegración se considera como el factor el más importante para el éxito del implante (8).

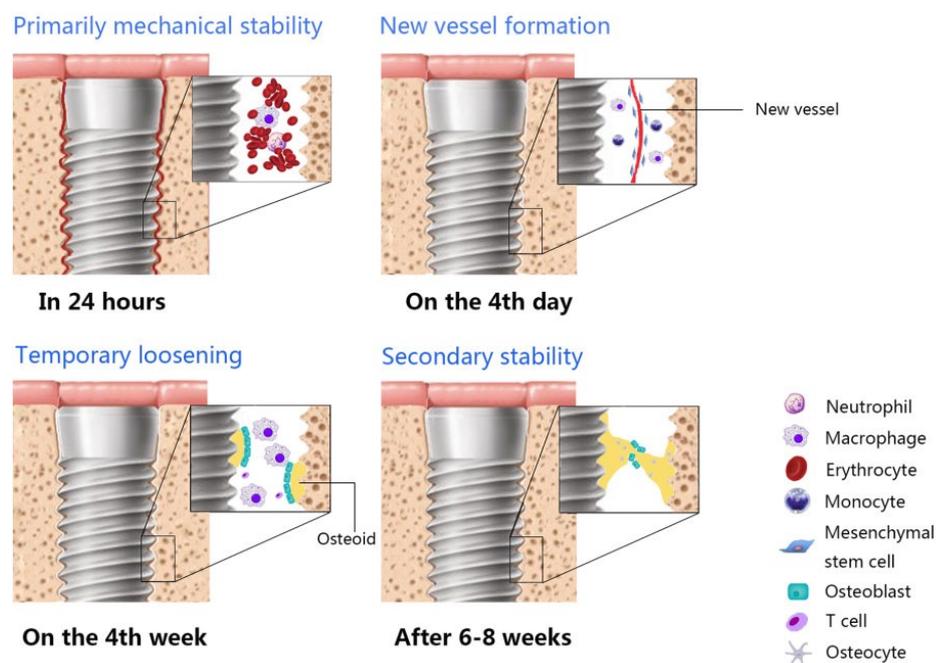
En 1965, después de múltiples investigaciones sobre la microcirculación ósea, Brånemark introdujo el término de “osteointegración” para describir el

contacto íntimo entre el hueso y el implante y lo define como una conexión directa, estructural y funcional, entre el hueso vivo y la superficie de un implante sometido a una carga funcional (9).

La osteointegración se describe como “anquilosis funcional” y según Zarb y cols. (2012), se divide en tres pasos que ocurren simultáneamente: respuesta inflamatoria, angiogénesis y osteogénesis (8).

Este proceso biológico se divide en una serie de acontecimientos que consisten en unas activaciones secuenciales de osteoblastos generando la producción y mineralización del tejido periimplantario (5).

Tras la colocación en el lecho óseo, se produce una oxidación de la superficie del implante al entrar en contacto con proteínas del plasma y se forma una película capaz de potenciar la agregación de células (Fig.2).



**Figura 2** Cronología de la osteointegración de los implantes dentales (8).

A continuación, empieza la respuesta inflamatoria. Durante las primeras 24 horas tras la colocación del implante, se observan mayoritariamente neutrófilos, células inflamatorias que ejercen la respuesta inmune e inflamatoria. Hasta el cuarto día, aparecen los macrófagos y monocitos, encargados de secretar

mediadores como citoquinas y factores de crecimiento en el tejido previamente sometido a un trauma.

La angiogénesis es representada por la formación de un coágulo sanguíneo en la superficie del implante que se convierte en tejido conectivo a partir del cuarto día bajo la acción de células mesenquimatosas e inflamatorias como los macrófagos y monocitos. Luego, se diferencian las células mesenquimales en osteoblastos debido a la presencia de citoquinas y factores de crecimiento.

La osteogénesis tiene como finalidad la nueva formación de hueso inmaduro. Se divide en dos pasos:

1. Osteogénesis de contacto: en la superficie del implante, a partir de los días 5 y 7.
2. Osteogénesis a distancia: cuando la formación de hueso alrededor del implante alcanza el hueso ya existente, a partir de la cuarta semana.

Por último, los osteoclastos actúan sobre el tejido de granulación con una acción macrofágica y se forma hueso medular. La remodelación del hueso inmaduro periimplantario por hueso lamelar maduro a las 8 - 12 semanas finaliza la osteointegración (8).

### 1.3 Estabilidad implantaria

La estabilidad implantaria se define como una ausencia de movilidad del implante, implicando un estrecho contacto entre el hueso y el diente. Un implante que esta libre de micro movimientos después de su colocación suele presentar mejor tasa de éxito terapéutico a largo plazo y además suele presentar poca pérdida ósea (10). Por lo tanto, la medición de la estabilidad permite al odontólogo elegir el momento ideal para realizar la rehabilitación protésica, es decir conectar el implante a la prótesis (2).

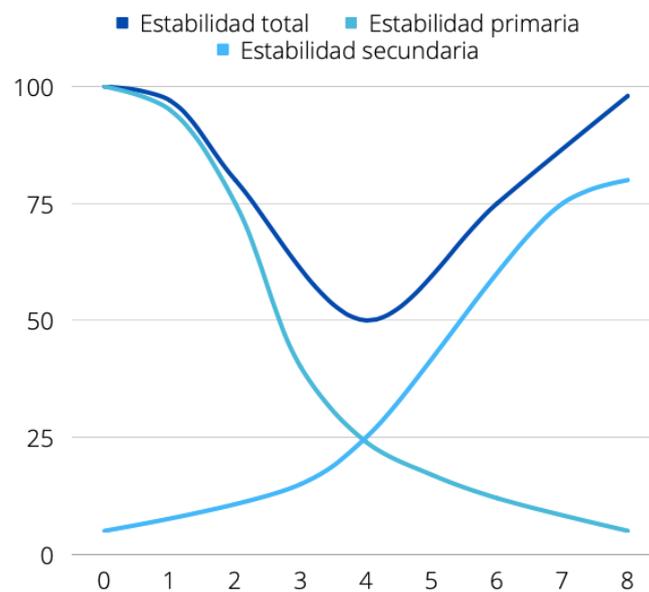
A lo largo del periodo de osteointegración, se diferencian dos tipos de estabilidad: primaria y secundaria (10).

#### 1.3.1 Estabilidad primaria

La estabilidad primaria se define como estabilidad mecánica, es decir una ausencia de movilidad en las etapas tempranas de osteointegración.

En la literatura, varias expresiones la definen como la estabilidad biométrica del implante inmediatamente tras su inserción en el hueso o ausencia de movilidad en un sentido axial, lateral y rotacional en el lecho óseo inmediatamente después de su inserción en el hueso (1) (11).

Tiene un papel fundamental en la estabilidad implantaria durante la primera semana tras la inserción del implante y disminuye a partir de la segunda semana tras la inserción (12) (Fig. 3).



**Figura 3** Estabilidad del implante a lo largo del tiempo (7).

Elaboración propia.

El estudio de la estabilidad primaria permite conocer la resistencia que tiene el implante al micro movimiento cuando le aplicamos una carga. Para conseguir una correcta estabilidad primaria es esencial evitar la micro movilidad del implante y permitir la remodelación ósea y la osteointegración alrededor del mismo (11).

El umbral de micro movimiento tolerado oscila entre 50 y 150 micras según Falisi et al. (5) y Ivanova et al. (13). Los estudios de Barikani et al. (14) y Cobián y al. (15) toleran micro movimientos entre 50 y 100 micras.

Se ha demostrado que una baja estabilidad primaria es responsable de un alto riesgo de fracaso temprano en la osteointegración, mientras que una buena estabilidad inicial ayuda al éxito terapéutico (10) (14).

La estabilidad primaria depende de la calidad y cantidad ósea, técnica quirúrgica, diseño y tipo de implante (1) (10) (13).

Cualquier parámetro susceptible de aumentar el contacto implante-hueso como longitud, diámetro y forma del implante suele influir positivamente sobre la estabilidad (11).

Según Bataineh et al., a mayor longitud o diámetro se observa mayor estabilidad primaria (1).

Barikani et al. de 2013 demostraron que, en implantes posteriores, a mayor diámetro de la plataforma, mayor estabilidad (14). Con respecto a la forma, los implantes cónicos presentan mayor estabilidad que los de paredes paralelas (11).

### 1.3.2 Estabilidad secundaria

La estabilidad secundaria o biológica es el resultado que obtenemos tras formación ósea y remodelación que se producen alrededor del implante durante el periodo de cicatrización postquirúrgico, es decir en el periodo de osteointegración.

Esta estabilidad se ve influenciada por la superficie del implante y el tiempo de cicatrización del lecho implantario (10) (1). Incrementa a partir de la mitad de la segunda semana tras la inserción, alcanzando su máximo a la quinta o sexta semana (12) (Fig.3).

### 1.3.3 Carga inmediata

Los primeros protocolos de colocación de implantes propuestos en 1969 por Brånemark describen una técnica en dos fases, donde el implante queda cubierto por la mucosa durante 6 meses para el maxilar y 4 meses para la mandíbula antes de aplicarle una carga protésica para limitar el fracaso implantario.

Nuevas técnicas como la carga inmediata o temprana surgieron con el fin de acortar los tiempos de tratamiento, proporcionar estética inmediata, restaurar la capacidad funcional y mejorar la satisfacción del paciente. De este modo se obtienen tasas de éxito similares a un implante con carga convencional (2) (3).

Según Esposito et al., se diferencian 3 tipos de carga según el momento a partir del cual se establece el contacto oclusal tras la colocación del implante (16):

1. Carga inmediata: en la semana posterior a la colocación del implante.
2. Carga temprana: entre 1 semana y 2 meses posteriores a la colocación del implante.
3. Carga convencional: en los 2 meses posteriores a la colocación del implante.

Se ha evidenciado que al aplicar una carga demasiado temprana en un implante que no presenta estabilidad primaria, es decir en el proceso de cicatrización temprana, se produce la formación de un coagulo de fibrina o tejido fibroso en la superficie del implante, y posteriormente se observa su fracaso y pérdida. La estabilidad primaria aparece entonces como un factor clave de la supervivencia a largo plazo del implante y es un prerrequisito para la correcta osteointegración implantaria y el desarrollo de un amplio contacto hueso-implante (6) (10) (13) (14)(17).

Por lo tanto, la monitorización objetiva y cuantitativa es primordial para determinar la situación del implante (18). La valoración de la estabilidad primaria con sistemas de análisis de frecuencia de resonancia es común en Odontología, sobre todo en fases quirúrgicas o de rehabilitación (3).

## 1.4 Valoración de la estabilidad implantaria

### 1.4.1 Métodos de valoración de la estabilidad implantaria

Existen varios métodos para valorar la estabilidad de un implante. Se pueden clasificar en métodos invasivos y no invasivos (19).

- Métodos invasivos:
  - Análisis histológico y histomorfométrico: Obtención en bloque del implante con del hueso periimplantario y cálculo del contacto implante-hueso (BIC).

La medición es precisa pero el método es destructivo e invasivo, por lo tanto, no es recomendable.

- Prueba de torque de remoción: Mide la fuerza necesaria para desenroscar un implante osteointegrado. El implante no se puede extraer si el torque de remoción es superior a 20 Ncm y por lo tanto significa que el implante está osteointegrado. Si el torque es inferior, el implante se puede remover y no hay osteointegración (20).
- Métodos no invasivos:
  - Percepción individual del cirujano: Al colocar el implante, si el cirujano nota una parada brusca es que el implante está cogido en el hueso y hay buena estabilidad. Es un método muy simple, pero al ser no cuantificable es difícil para establecer comunicación con otros profesionales y por lo tanto no es el método de elección.
  - Test de percusión: Percusión sobre el portaimplante, un sonido cristalino significa que hay buena estabilidad, un sonido mate indica que no se ha producido osteointegración.
  - Análisis radiográfico: Las periapicales u ortopantomografías no permiten valorar la calidad o cantidad ósea. Además, una pérdida ósea se observa solamente a partir de 40% de desmineralización. El TAC (Tomografía Axial Computarizada) es la herramienta ideal para determinar y valorar estos parámetros.
  - Periotest®: mide la respuesta o capacidad de amortiguación de los tejidos periimplantarios al golpear la cabeza del implante con una punta metálica. Los valores obtenidos se encuentran entre -8 y +50, un valor negativo indica que hay osteointegración, un valor > 5 indica que no hay osteointegración. Es un método de poca sensibilidad y actualmente se encuentra en desuso.
  - Análisis de la frecuencia de resonancia (RFA): Medición de la frecuencia de una onda que incide sobre un transductor fijado al implante.

Los métodos previamente descritos presentan limitaciones: los invasivos, al ser técnicas agresivas, no son éticos, por lo tanto, siguen limitados a estudios no clínicos y experimentales (19).

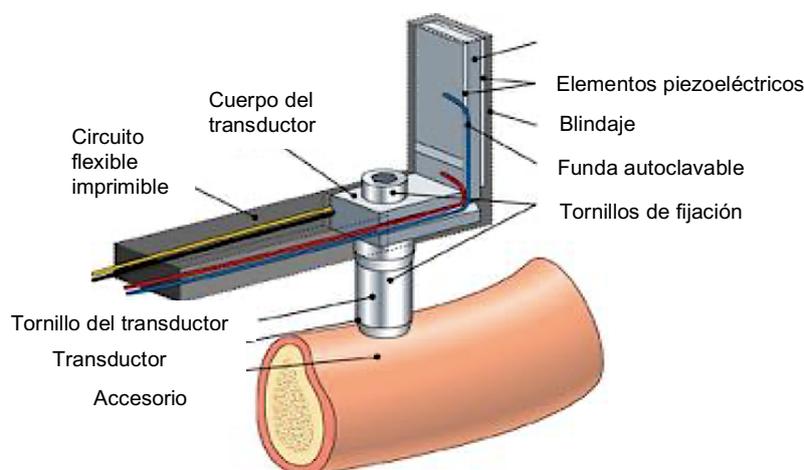
### 1.4.2 Análisis de la frecuencia de resonancia

El análisis de la frecuencia de resonancia (RFA) fue descrito por primera vez en 1996 por Meredith y cols. que propusieron un método para valorar la estabilidad implantaria durante las distintas etapas de la cicatrización (2) (21).

La RFA es un método no invasivo, inocuo, rápido y fácil de utilización que surgió para hacer frente a una necesidad de monitorizar la estabilidad primaria (18). Su uso para la medición de la estabilidad primaria ha sido documentado científicamente y además de su simplicidad de uso aparece como un método práctico y objetivo (3) (6). Se utiliza para valorar la estabilidad implantaria en distintos momentos de la cicatrización (2).

La RFA mide la resistencia y rigidez lateral de la interfase hueso-implante utilizando frecuencias de resonancia. Esa interfase se valora como reacción a las oscilaciones que reciben el hueso y el implante. El valor obtenido se expresa en Hz y depende de la densidad ósea, la micromovilidad, el contacto implante-hueso, los patrones de hueso crestal y el tamaño del implante (17).

Con el fin de medir la estabilidad, la RFA utiliza un dispositivo llamado transductor que se fija sobre el implante o pilar, perpendicularmente a la cresta ósea. Antiguamente, tenía una forma en L y se fabricaba de acero inoxidable o de titanio. Necesitaba ser conectado mediante un cable a un ordenador (2) (15) (21).



**Figura 4** Esquema del transductor de primera generación (21)

Los elementos piezoeléctricos del transductor se estimulaban con una señal sinusoidal de frecuencia variable entre 5 a 15kHz, no detectable por el paciente (Fig.4). Esta onda sinusoidal de frecuencia de barrido era recibida por un segundo elemento piezoeléctrico y se amplificaba mediante un amplificador. Después apareció en el ordenador la representación de la onda sinusoidal con un pico de onda cuando se producía un cambio de fase de la señal. De este modo, se evaluaba el valor de frecuencia de resonancia correspondiente (6) (21).

Los nuevos sistemas de RFA tienen el mismo principio de funcionamiento, solo difieren en sus diseños, características del transductor y unidad de medición (17).

### 1.4.3 Cociente de estabilidad implantaria

El cociente de estabilidad implantaria (ISQ) es la unidad de medición de la RFA en la cual se traduce el valor de la frecuencia del pico de la onda. El pico es el valor de amplitud de una onda sinusoidal, como la obtenida en el principio de la RFA.

El ISQ es un indicador pronóstico que permite valorar el posible fracaso del implante. Su valor refleja la estabilidad mecánica del implante y permite al profesional valorar la probabilidad de éxito del implante de un paciente determinado (12).

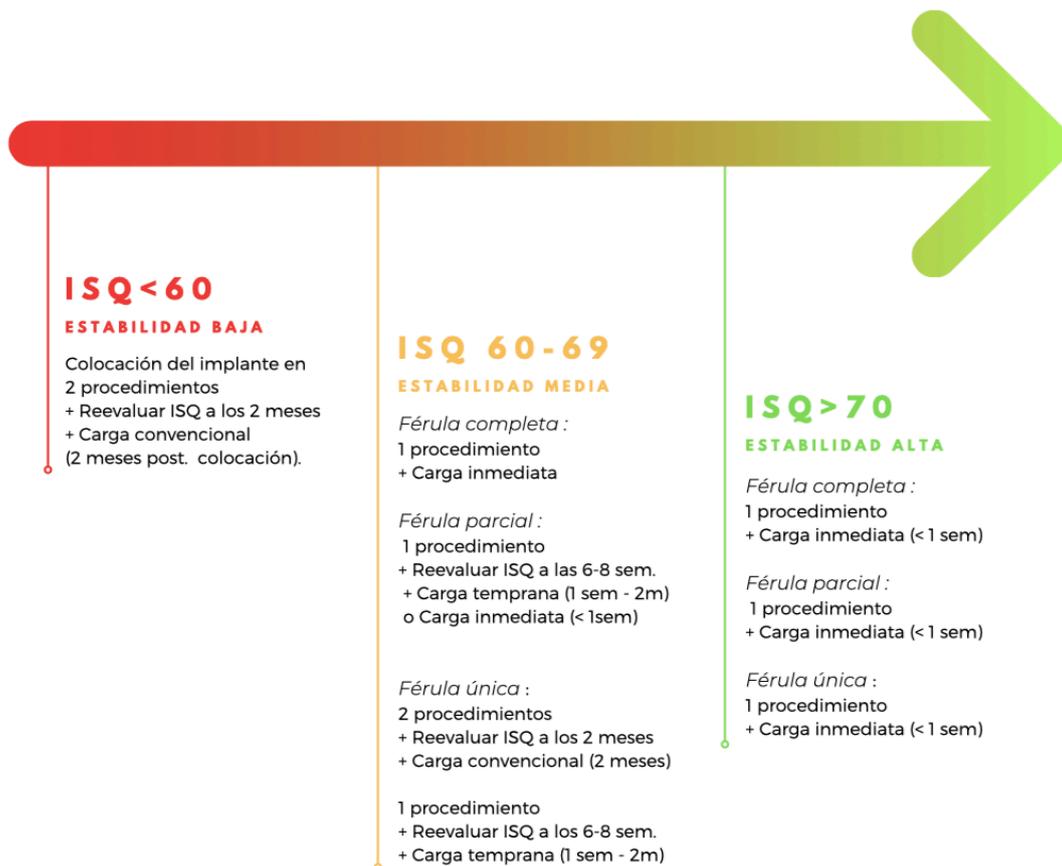
El ISQ es un valor obtenido por cálculo de un cociente de frecuencias de resonancia de acuerdo con la fórmula siguiente (Fig.5).

$$ISQ = \frac{(frecuencia\ medida - frecuencia\ min.)}{(frecuencia\ max. - frecuencia\ min)} \times 100$$

**Figura 5** Fórmula del ISQ (22)

El valor del ISQ se encuentra dentro de un rango de 0 a 100 (11) (14). Cuanto más alto sea su valor, más estable es el implante. Los valores del ISQ se representan sobre una escala (Fig.6):

- ISQ < 60: Estabilidad baja
- ISQ entre 60 – 69: Estabilidad media
- ISQ > 70: Estabilidad alta



**Figura 6** Escala de los valores de ISQ (23). Elaboración propia.

El método del RFA es un método ampliamente utilizado hoy en día para valorar la estabilidad implantaria (12). Los instrumentos de medición del ISQ son calibrados: cuando se mide la estabilidad de un implante mediante dos dispositivos diferentes, obtendremos valores similares (17).

#### 1.4.4 Dispositivos

- **Osstell**

Los dispositivos Osstell (*Integration Diagnostics AB, Göteborg, Sweden*) se diseñaron en 1999, siguiendo la técnica de la RFA, es decir detectan la onda electromagnética que incide sobre un transductor fijado al implante o aditamento protésico (24).

El Osstell ha sido ampliamente documentado en la literatura y tiene una buena aceptación gracias a su casi perfecta reproducibilidad al ser un método no invasivo para valorar el contacto implante-hueso (11) (14).

A diferencia de los primeros dispositivos de medición de la RFA descritos por Meredith y cols., el Osstell no necesita ser conectado a un ordenador

mediante un cable y no utiliza los kHz sino el ISQ como unidad de medición de la estabilidad (2).

El transductor que se fija al implante o al pilar se llama SmartPeg, tiene una cabeza magnética de zinc y está fabricado en aluminio (17) (Fig.7). Es un aditamento desechable que según la casa comercial Osstell, no puede esterilizarse puesto que el SmartPeg podría oxidarse y dañar la conexión íntima con el implante. Tiene que ser manipulado cuidadosamente, se atornilla al implante con un torque de 4 a 6 N/cm. Un torque superior produce daños al SmartPeg y afecta la medición del ISQ (1) (24).



**Figura 7** El SmartPeg, transductor del sistema Osstell (23)

Existen 70 tipos de transductores, que permiten adaptarse a cada sistema o tipo de implante. La casa comercial recomienda utilizar el SmartPeg indicado para cada implante para no afectar la medición del ISQ.

En la actualidad, la casa Osstell ha comercializado el Osstell Beacon®, el Osstell IDx® y el Osstell IDx Pro®. Se utilizan junto a un software que permite guardar la información del paciente y medidas previas.

El Osstell Beacon® es un dispositivo intuitivo, inalámbrico, fácil de manejo por su forma y diseño (1) (Fig.8).



**Figura 8** Medición de la frecuencia de resonancia con el Osstell Beacon® (23)

La medida de la estabilidad con el Osstell Beacon® empieza por colocar el SmartPeg en el SmartPeg Mount, que es el aditamento que permite transferirlo y conectarlo al implante (Fig.9). Luego se atornilla manualmente el SmartPeg al implante o pilar con un torque de 4 a 6 N/cm. Se protege el dispositivo poniéndolo dentro de una funda de plástico desechable.



**Figura 9** El SmartPeg Mount (23)

Se realiza la medida por mesial/distal (MD) y por bucco/lingual (B/L), tanto el día de la colocación del implante como el día de la rehabilitación protésica. Se aproxima el Osstell Beacon® a 2-4 mm del SmartPeg sin tocarlo con una angulación de 45° respecto al eje del implante, y se espera la medida: se muestra en la pantalla un valor ISQ y un color verde, amarillo o rojo correspondiente a la estabilidad medida.

El Osstell IDx® es constituido por una sonda conectada a una pantalla. El principio de funcionamiento es el mismo que el Osstell Beacon® salvo que no es estrictamente necesario el uso de la aplicación ya que la información puede ser guardada en el dispositivo. Para realizar una medición, se selecciona un diente en la pantalla y se realiza la medida (Fig.10).



**Figura 10** El Osstell IDx® (23)

El Osstell IDx Pro® es una combinación del Osstell Beacon® y del Osstell IDx®: el dispositivo es inalámbrico y permite guardar los datos en un programa el Osstell Connect. Además, permite optimizar los tiempos de cicatrización, realizar un seguimiento del ISQ a lo largo del tiempo y planificar de una mejor manera los tratamientos con implantes.

- Penguin<sup>RFA</sup>

El Penguin<sup>RFA</sup> (*Integration Diagnostics, Sweden*) se comercializo en 2015, y fue diseñado por los mismos investigadores. Funciona bajo el mismo principio de la RFA y es por lo tanto un método no invasivo.

El Penguin<sup>RFA</sup> tiene forma de bolígrafo y es acompañado por su transductor de titanio biocompatible llamado el MultiPeg (Fig.11). El MultiPeg es esterilizable (hasta un máximo de 20 ciclos en el autoclave) y por lo tanto reutilizable (21) (25) (26).



**Figura 11** El sistema Penguin<sup>RFA</sup> y el MultiPeg (21)

Para realizar una medición de la frecuencia de resonancia, se debe colocar el MultiPeg en el implante o pilar mediante la ayuda del destornillador, el MultiPeg Driver. A continuación, se realiza la medida de la frecuencia de resonancia, en dos direcciones perpendiculares entre ellas según la casa comercial. La valoración del ISQ se realiza tanto el día de la colocación del implante como el día de la rehabilitación protésica.

El valor obtenido mediante la medición por el Penguin<sup>RFA</sup> se expresa en una escala ISQ de 1 a 99 (Fig.12):

- ISQ > 70: Estabilidad alta con poca micromobilidad, ideal para la carga inmediata. Un ISQ alto puede decrecer a lo largo del tiempo, por consiguiente, tiene que ser reevaluado antes de colocar la restauración final.
  - ISQ < 60: Estabilidad baja. No significa el fracaso del implante: tras un periodo de tiempo si se consigue una buena osteointegración, aumentará el contacto hueso-implante y por lo tanto la estabilidad.
- (27) (28)



**Figura 12** La escala ISQ del sistema Penguin<sup>RFA</sup> (21).

Elaboración propia.

No se deben intercambiar los transductores entre los sistemas Osstell y Penguin porque los dispositivos son calibrados con respecto a una referencia y los valores de medición del ISQ se verían afectados. En el caso de intercambio, existen dos tablas de referencias cruzadas que detallan como ajustar los valores obtenidos (Anexos 3 y 4).

El Penguin<sup>RFA</sup> y el Osstell tienen sus propios aditamentos, realizados con materiales diferentes, por lo tanto, podrían influenciar la medida del ISQ (17) (29).

## 2 Justificación, hipótesis y objetivos

### 2.1 Justificación

La implantología representa hoy en día una parte esencial de la odontología. El aumento de la población y su envejecimiento están relacionados con un aumento de la pérdida dentaria y por lo tanto de la demanda de tratamientos rehabilitadores (30). Dentro de los últimos 50 años, la implantología ha evolucionado mediante el uso de nuevos materiales, diseños y técnicas quirúrgicas (1) (30), alcanzando altas tasas de éxito y contribuyendo así a la amplia aceptación de los implantes como opción rehabilitadora (3).

La estabilidad primaria es un factor esencial en la supervivencia del implante (1) (3) (31). Un buen contacto entre el implante y el hueso circundante es un requisito fundamental para la carga inmediata, opción terapéutica que permite obtener resultados estéticos y funcionales en tiempos de tratamiento reducidos (2).

La estabilidad primaria es la clave de una correcta osteointegración siendo su correcta medición esencial a la hora de establecer un protocolo terapéutico (19). Existe una gran variabilidad de métodos para la medición de la estabilidad implantaria (31). Nos centraremos en los dispositivos más utilizados en la actualidad: Osstell y Penguin. Ambos siguen el principio de la RFA, son métodos no invasivos, comparables en sus diseños, métodos y unidades de medición (3).

La bibliografía existente sobre el tema de la evaluación de la estabilidad mediante técnicas de análisis de la frecuencia de resonancia es escasa, aún más sobre dispositivos recientes como el Penguin. Pocos estudios realizan una comparación estricta entre los dispositivos de Osstell, que tienen una eficacia demostrada desde hace muchos años, y el Penguin, mucho más reciente. El presente trabajo se realizó para revisar de forma sistemática la bibliografía publicada acerca de la medición de la estabilidad primaria mediante los dispositivos Osstell y Penguin.

## 2.2 Objetivos

- Objetivo principal:
  - Evaluar y comparar la medición de la estabilidad primaria en implantes mediante el uso de los dispositivos Osstell y Penguin.
- Objetivo secundario:
  - Evaluar los factores que afectan a la estabilidad primaria.

## 2.3 Hipótesis

La hipótesis de trabajo de nuestro estudio considera que en los implantes colocados in vitro o in vivo, la valoración de la estabilidad primaria con el análisis de frecuencia de resonancia mediante el uso del dispositivo Penguin comparada con el dispositivo Osstell nos da valores similares.

# 3 Material y métodos

La revisión sistemática se realizó siguiendo la guía PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (32) (Anexo 1).

## 3.1 Identificación de la pregunta PICO

El presente trabajo responde a la pregunta PICO siguiente: ¿En los implantes colocados in vitro o in vivo, la valoración de la estabilidad primaria con el análisis de la frecuencia de resonancia mediante el uso de Osstell y Penguin<sup>RFA</sup> nos da valores similares?

- Población: Implantes colocados in vitro o in vivo
- Intervención: Dispositivos Penguin<sup>RFA</sup>
- Comparación: Dispositivos Osstell
- Outcome: Valoración de la estabilidad primaria mediante el método de análisis de la frecuencia de resonancia.

### 3.2 Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión y exclusión se establecieron antes de realizar la búsqueda bibliográfica.

- Criterios de inclusión:
  - Publicaciones en inglés
  - Estudios *in vivo* o *in vitro*, series de casos, ensayos clínicos aleatorizados, estudios de cohortes prospectivos y retrospectivos.
  - Medición de la estabilidad primaria.
  - Análisis de la frecuencia de resonancia con Penguin<sup>RFA</sup> y Osstell.
  
- Criterios de exclusión:
  - Revisiones sistemáticas
  - Más de 10 años de publicación
  - Cartas al editor.

### 3.3 Fuentes de información y estrategias de la búsqueda

Se llevó a cabo una búsqueda automatizada en las bases de datos PubMed, Medline Complete y Scopus hasta Febrero 2022, utilizando las palabras clave siguientes: “*resonance frequency analysis*”, “*RFA*”, “*primary stability*”, “*Osstell*”, “*Penguin*”.

La búsqueda en las tres bases de datos fue: (((resonance frequency analysis) OR (RFA)) AND (primary stability)) AND (Osstell) AND (Penguin).

No se incluyeron referencias cruzadas o búsqueda manual. La estrategia de la búsqueda se presenta a continuación (Tabla 1).

Base de datos	Búsqueda	Filtros	Fecha límite
PubMed	(((((resonance frequency analysis) OR (RFA)) AND (primary stability)) AND (Osstell)) AND (Penguin))	- Inglés - Desde 2012	18/02/2022
MedLine Complete	(((((resonance frequency analysis) OR (RFA)) AND (primary stability)) AND (Osstell)) AND (Penguin))	- Inglés - Desde 2012	18/02/2022
Scopus	(((((resonance frequency analysis) OR (RFA)) AND (primary stability)) AND (Osstell)) AND (Penguin))	- Inglés - Desde 2012	18/02/2022

**Tabla 1** Estrategia de la búsqueda

### 3.4 Proceso de selección de los estudios

La selección de los estudios fue llevada a cabo por un revisor (M.R). Se eliminaron los estudios duplicados en las diferentes bases de datos.

Se llevó un proceso de selección en tres etapas.

En la primera etapa se revisaron los títulos para eliminar las publicaciones irrelevantes.

En la segunda etapa se filtraron los resúmenes. Los estudios sin suficiente información o con resúmenes no estructurados para determinar su exclusión se consideraron para la evaluación del texto completo.

En la tercera etapa se realizó una lectura completa de cada texto para confirmar la elegibilidad de los estudios.

### 3.5 Proceso de extracción de los datos

La siguiente información fue extraída de los estudios: autor, año, tipo de estudio, número, edad y sexo (M/H) de los pacientes, número de implantes, tipo de muestra ósea (in vivo / in vitro), marca comercial y modelo, seguimiento del estudio (días o meses), dispositivo utilizado (Osstell/ Penguin), transductor (SmartPeg / MultiPeg), momento medición (días o meses), número y dirección de las mediciones de estabilidad (VB / LG / D / M).

Las variables de resultados de los estudios fueron las siguientes: estabilidad primaria (valor ISQ); factores relacionados con la estabilidad: calidad ósea, tipo de implante, longitud (mm), diámetro del implante (mm), tipo de conexión (interna/externa), transductor utilizado (SmartPeg/MultiPeg), torque de inserción del transductor (N/cm).

### 3.6 Lista de los datos

- Variables de resultados

- *Estabilidad primaria*: se reportó como un valor ISQ entre 0 a 99, sin unidad, siguiendo la escala ISQ de Osstell o de Penguin (23)(33).
- *Calidad ósea*: se reportó como hueso de tipo denso o blando expresado según su densidad ósea ( $\text{g/cm}^3$ ) o tipo I, II, III, IV según la clasificación de Lekholm y Zarb (7).
- *Tipo de implante*: se reportó como implantes roscados *Essential Cone* o *Vega Implant*, con o sin cuello, colocados al nivel de tejido (*tissue level*) o al nivel óseo (*bone level*).
- *Longitud*: se reportó como el tamaño del implante (mm).
- *Diámetro*: se reportó como la anchura del implante (mm).
- *Conexión*: se reportó como conexión interna hexagonal o externa cónica (EXT/INT).
- *Transductor*: se reportó como el tipo de transductor utilizado sobre la cabeza del implante antes de realizar la medida del ISQ (SmartPeg/ MultiPeg).
- *Torque de inserción*: se reportó como la fuerza utilizada para colocar el adiamiento sobre la cabeza del implante (N/cm).

- Variables generales

- *N° de implantes*: se reportó el número de implantes utilizado en cada estudio, detallando el número de implantes por tipo de implante cuando fue especificado.
- *Edad*: se reportó la edad de los pacientes (años).
- *Sexo*: se reportó el sexo de los pacientes (M/H).
- *Tipo de muestra ósea*: se reportó el tipo de hueso utilizado para la colocación del implante: hueso humano, bovino o bloques de poliuretano (in vivo / in vitro).
- *Dispositivo*: se reportó el dispositivo utilizado para la medición del ISQ (Osstell/ Penguin).
- *Transductor*: se reportó como el tipo de transductor utilizado sobre la cabeza del implante antes de realizar la medida del ISQ (SmartPeg/ MultiPeg).
- *Momento de medición*: se reportó cuando se realizaron las mediciones de la estabilidad primaria (años/meses).
- *N° y dirección de las medidas*: se reportó cuantas mediciones de ISQ fueron realizadas en total y la dirección de la medición según la cresta alveolar (MD/BL/D/M).

### 3.7 Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales

La calidad de los estudios seleccionados fue evaluada mediante el uso de la guía CASPe (*Critical Appraisal Skills Programme Español*), un organismo creado en 1998 con el fin hacer una lectura crítica de la evidencia científica (34).

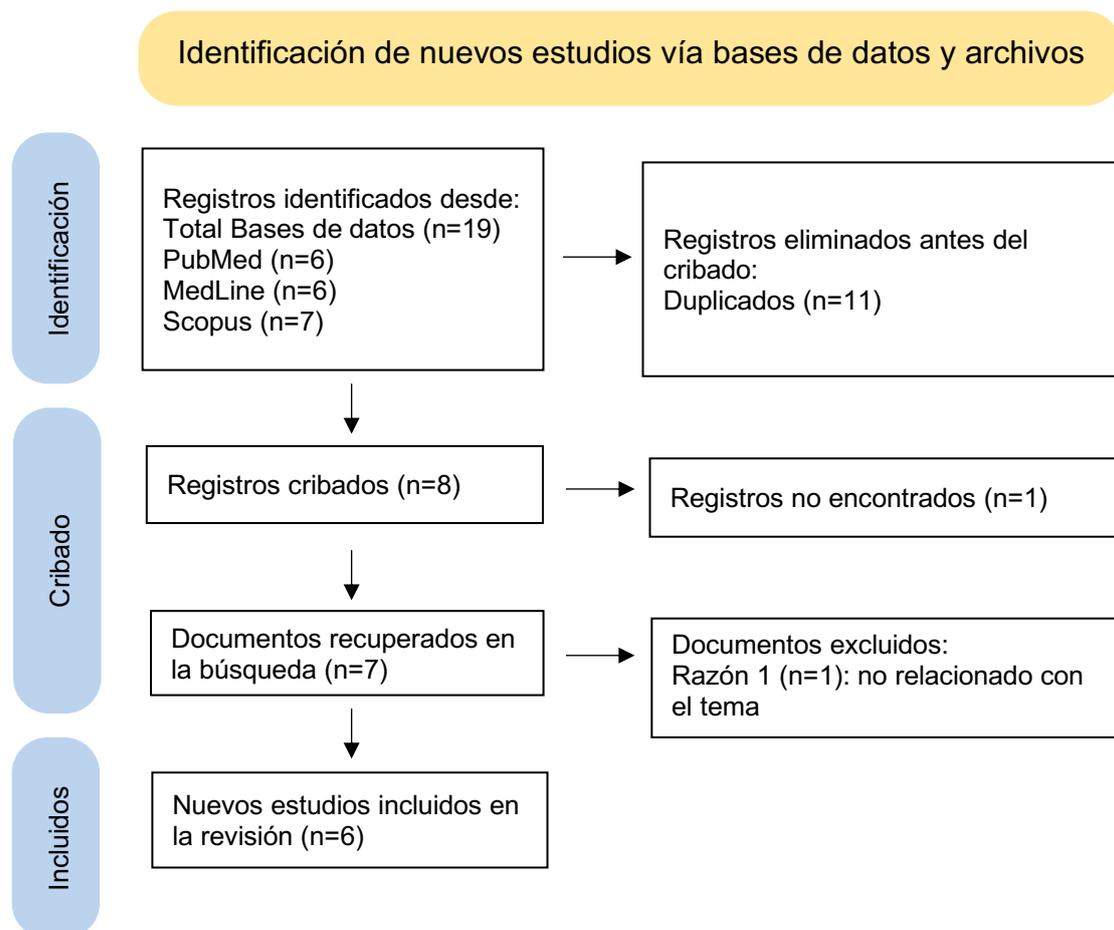
Responde a las tres preguntas siguientes:

- ¿Son válidos esos resultados?
- ¿Cuáles son los resultados?
- ¿Son aplicables en tu medio?

## 4 Resultados

### 4.1 Selección de los estudios. Flow chart.

El diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda aplicada se detalla en la Figura 13. Se obtuvo un total de 19 artículos del proceso de búsqueda inicial en las diferentes bases de datos: 6 en PubMed, 6 en Medline y 7 en Scopus. Después de eliminar los duplicados, quedaron 8 artículos identificados como artículos potencialmente elegibles mediante el cribado por título y resúmenes. Un artículo no fue encontrado y otro artículo fue eliminado por no estar relacionado con el tema. Los artículos de texto completo fueron posteriormente obtenidos y evaluados dando como resultado 6 artículos que finalmente cumplieron los requisitos de inclusión y se incluyeron en esa revisión sistemática.



**Figura 13** Diagrama de flujo. Proceso de selección para la revisión sistemática, según las directrices PRISMA (32) (Anexo 2).

Se detallan los artículos excluidos con su motivo de exclusión en la tabla siguiente (Tabla 2).

Artículo	Motivo de exclusión
<p><i>Diker y cols. (2022) (35)</i>            Diker B, Diker N, Tak Ö. Comparison of Reliability of 3 Resonance Frequency Analysis Devices: An In Vitro Study. <i>J Oral Implantol</i>. 2022;48(1):9-14.</p>	<p>Artículo de texto completo no encontrado</p>
<p><i>Sartoretto y cols. (2020) (36)</i>            Sartoretto SC, Calasans-Maia J, Resende R, Câmara E, Ghiraldini B, Barbosa Bezerra FJ, et al. The Influence of Nanostructured Hydroxyapatite Surface in the Early Stages of Osseointegration: A Multiparameter Animal Study in Low-Density Bone. <i>Int J Nanomedicine</i>. 2020; 15:8803-17.</p>	<p>Tema del artículo no relacionado con el tema: se estudió la influencia de la nanoestructura de la superficie del implante. No se realizó una comparación de Osstell y Penguin.</p>

**Tabla 2** Artículos excluidos de la revisión sistemática y motivo de exclusión

## 4.2 Análisis de las características de los estudios revisados

Las características de los estudios revisados se presentan en la Tabla 3.

Los estudios revisados para la realización de esa revisión sistemática fueron todos estudios de cohortes realizados entre 2018 y 2020. En cada uno de ellos, se analizó del ISQ mediante una comparativa entre los dos dispositivos Osstell y Penguin<sup>RFA</sup>.

Se estudió la estabilidad primaria de un total de 634 implantes con los dispositivos Osstell y Penguin<sup>RFA</sup>. Se colocaron 238 implantes en humanos, 396 fueron colocados in vitro en bloques de poliuretano o hueso bovino.

Los transductores utilizados no fueron siempre los recomendados por cada casa comercial: tres estudios utilizaron el SmartPeg con el Osstell y el MultiPeg

con el Penguin<sup>RFA</sup>. Un estudio utilizó el mismo tipo de aditamento SmartPeg en combinación con Osstell y Penguin<sup>RFA</sup>. Otro estudio habló de la variación de medición de la estabilidad cuando se utilizó el SmartPeg y MultiPeg en cada uno de los dos dispositivos.

La medición del ISQ fue realizada en distintos momentos, pero siempre el día de la colocación del implante. Sólo dos estudios mencionaban la dirección de las medidas de la estabilidad primaria.

Autor	Año	Tipo de estudio	N° Edad (años)	Sexo (M/H)	N° implantes	Tipo de muestra ósea	Marca comercial Modelo	Seguimiento del estudio (meses)	Dispositivo utilizado (Osstell/Penguin)	Transductor (SmartPeg/ MultiPeg)	Momento de medición (días/meses)	N° Dirección de las medidas (MD/BL)
<i>Norton y cols.(17)</i>	2018	EC	-	-	210	IN VIVO Humanos	Astra Tech Dentsply Sirona Implants TX y EV	3	- Osstell <sup>Mentor</sup> - Osstell <sup>IDX</sup> - Penguin <sup>RFA</sup>	- O <sub>M</sub> + SmartPeg - O <sub>IDX</sub> + SmartPeg - PG+ MultiPeg	- Día de la colocación - 3 meses	1260 MD y BL
<i>Chávarri-Prado y cols.(31)</i>	2020	EC	-	-	80	IN VITRO Bloques de poliuretano	Klockner Essential Cone (40) VEGA (40)	-	- Osstell <sup>IDX</sup> - Penguin <sup>RFA</sup>	- O <sub>IDX</sub> + SmartPeg - O <sub>IDX</sub> + MultiPeg - PG+ MultiPeg - PG+ SmartPeg	- Día de la colocación	320 -
<i>Brouwers y cols. (37)</i>	2021	EC	28 60.6	9 M 19 H	28	IN VIVO Humanos	<i>BEGO Implant Systems</i> Grade 4-titanium	4	- Osstell <sup>RFA</sup> - Penguin <sup>RFA</sup>	- O+ SmartPeg - PG+ MultiPeg	- Día de la colocación - Día 10 - Semana 7 - Semana 17	- M/D y B/L
<i>Raz y cols.(24)</i>	2021	EC	-	-	96	IN VITRO Bloques de poliuretano	MIS, implant technologies IH Seven® CC C1®	-	- Osstell <sup>RFA</sup> - Penguin <sup>RFA</sup>	- O+ SmartPeg - PG+ SmartPeg	- Día de la colocación	288 -
<i>Pelegrine y cols.(38)</i>	2020	EC	100 21-65	-	100	IN VITRO Bloques de hueso sintético	IntraOss	12	- Osstell <sup>RFA</sup> - Penguin <sup>RFA</sup>	- O+ SmartPeg - PG+ MultiPeg	- Día de la colocación	-
<i>Díaz-Castro y cols.(39)</i>	2019	EC	-	-	120	IN VITRO Hueso bovino (II y III)	Klockner Essential Cone (30) KL standard (30) KL prototype (30) VEGA (30)	-	- Osstell <sup>RFA</sup> - Penguin <sup>RFA</sup>	- O+ SmartPeg - PG+ MultiPeg	- Día de la colocación	1440 Perpendicular al transductor

M: mujeres, H: hombres, S: semana, EC: estudio de cohortes, CC: conexión cónica, IH: hexágono interno, O<sub>M</sub>: Osstell Mentor, O<sub>IDX</sub>: Osstell IDX, PG: Penguin

**Tabla 3** Características generales de los estudios revisados

### 4.3 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

Los resultados de la evaluación de calidad metodológica mediante la guía CASPe se pueden encontrar a continuación, en la Tabla 4.

<b>PREGUNTAS DE ELIMINACION</b>	<b>Norton y cols. (2018)(17)</b>	<b>Chávarri-Prado y cols. (2020)(31)</b>	<b>Brouwers y cols. (2021)(37)</b>	<b>Raz y cols. (2021)(24)</b>	<b>Pelegrine y cols. (2020)(38)</b>	<b>Díaz-Castro y cols. (2019)(39)</b>
1. ¿El estudio se centra en un tema claramente definido?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
2. ¿La cohorte se reclutó de la manera más adecuada?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
3. ¿El resultado se midió de forma precisa con el fin de minimizar posibles sesgos?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
4. ¿Han tenido en cuenta los autores el potencial efecto de los factores de confusión en el diseño y/o análisis del estudio?	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
5. ¿El seguimiento de los sujetos fue lo suficientemente largo y completo?	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
6. ¿Cuál es la precisión de los resultados?	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
7. ¿Te parecen creíbles los resultados?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
8. ¿Los resultados de este estudio coinciden con otra evidencia disponible?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
9. ¿Se pueden aplicar los resultados en tu medio?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

**Tabla 4** Evaluación del riesgo de sesgo de los artículos seleccionados mediante la guía CASPe para estudios de cohortes (34)

#### 4.4 Síntesis de resultados. Resultados de los estudios individuales.

##### 4.4.1 Medición de la estabilidad primaria en implantes mediante el uso de los dispositivos Osstell vs. Penguin

Autor	N° de implantes	Momento de la medición	Dirección	Estabilidad primaria (ISQ)	
				Osstell	Penguin
<i>Norton y cols. (2018)(17)</i>	75	Día de la colocación	MD	72.35	71.91
			BL	69.19	69.27
	135	Inserción de la prótesis	MD	78.98	80.04
			BL	77.48	78.21
<i>Chávarri-Prado y cols. (2020) (31)</i>	80	Día de la colocación		65.66	64.91
		Día de la colocación	MD	78.2	77.5
<i>Brouwers y cols. (2021)(37)</i>	28		Día 10	BL	76.8
		MD		79.7	79.2
		Semana 7	BL	78.3	77.4
			MD	80.3	78.9
		Semana 17	BL	79.6	77.8
			MD	82.9	83.0
<i>Raz y cols. (2021)(24)</i>	96	Día de la colocación		65.08	63.95
<i>Díaz-Castro y cols. (2019)(39)</i>	120	Día de la colocación		68.55	67.70

N°: número, MD: mesio-distal, BL: bucco-lingual

**Tabla 5** Medición del ISQ mediante los dispositivos Osstell y Penguin.

La medición de la estabilidad primaria fue evaluada en un total de 534 implantes, todos en el momento de la colocación del mismo y en dos estudios con periodos de seguimiento de 3 meses (17) y 17 semanas (37) (Tabla 5).

El día de la colocación, el valor ISQ obtenido con el dispositivo Osstell fue mayor que la medida realizada por Penguin en cuatro estudios (24)(31)(17)(39). Las mediciones de la estabilidad en la semana 17 daban valores de ISQ mayores con el dispositivo Penguin (37).

El día de la colocación del implante, la estabilidad primaria media medida por Osstell fue 70.83, oscilando entre 65.08 y 78.20. Por otro lado, utilizando el dispositivo Penguin se obtuvo una estabilidad media de 70.15, con valores de ISQ oscilando entre 63.95 y 77.50 (24)(37).

Dos estudios mencionan la dirección de las medidas en un sentido MD y BL. Se observó que las mediciones que se realizaron por MD fueron siempre mayores que las medidas realizadas en un sentido BL (17)(37).

#### 4.4.2 Factores que afectan a la estabilidad primaria

- **Influencia de la calidad ósea sobre el valor ISQ**

La relación del ISQ con la calidad ósea fue evaluada por 3 estudios, Chávarri-Prado y cols. (2020) (31), Raz y cols. (2021) (24) y Díaz-Castro y cols. (2019) (39).

Autor	Tipo de Hueso	Densidad del hueso (g/cm <sup>3</sup> )	CORTICAL (g/cm <sup>3</sup> )	Estabilidad primaria (ISQ)	
				Osstell	Penguin
<i>Chávarri-Prado y cols. (2020)(31)</i>	Bloque de poliuretano CORTICAL	0.32	1.64	71.38	71.84
	Bloque de poliuretano SIN CORTICAL	0.32	-	59.96	57.98
<i>Raz y cols. (2021)(24)</i>	BLANDO	0.16	0.8	60.29	58.77
	DENSO	0.64	0.8	69.84	69.10
<i>Díaz-Castro y cols. (2019)(39)</i>	Hueso bovino TIPO II *	-	-	-	68.6
	Hueso bovino TIPO III *	-	-	-	67.97

\* Según Lekholm & Zarb (ver Figura 1.)

**Tabla 6** Comparación del ISQ de acuerdo con la calidad ósea

Según la calidad ósea, la estabilidad primaria fue mayor cuando los implantes fueron colocados en bloques de poliuretano que simulaban una capa de cortical que los que no tenían esa capa (31).

Se observó también que los valores de ISQ medidos con los dos dispositivos fueron mayores en el hueso denso en comparación con el hueso blando de densidad menor (24), y los implantes colocados en el hueso bovino tipo II tenían mayor estabilidad primaria que los colocados en hueso tipo III (39) (Tabla 6).

- **Influencia del tipo de implante sobre el valor ISQ**

La relación del ISQ con el tipo de implante utilizado fue evaluada por 2 estudios, Chávarri-Prado y cols. (2020) (31) y Díaz-Castro y cols. (2019) (39).

Autor	N°	Tipo de implante	Diseño	Estabilidad primaria (ISQ)	
				Osstell	Penguin
Chávarri-Prado y cols. (2020)(31)	40	ESSENTIAL CONE	Cónico roscado Con cuello progresivo Nivel óseo	66.15	66.06
	40	VEGA IMPLANT	Cónico roscado SIN cuello progresivo Nivel tejido	65.20	63.74
Díaz-Castro y cols. (2019) (39)	30	ESSENTIAL CONE	Cónico roscado Con cuello progresivo Nivel óseo	-	68.50
	30	VEGA IMPLANT	Cónico roscado SIN cuello progresivo Nivel tejido	-	68.19

**Tabla 7** Comparación del ISQ de acuerdo con el tipo de implante

Según el tipo de implante utilizado, el implante *Essential Cone* que llevaba un cuello progresivo y plataforma al nivel de tejido (*tissue level*) presentó una mayor estabilidad primaria que el *Vega Implant* (implante *bone level*), independientemente del dispositivo Osstell o Penguin utilizado para realizar las mediciones del ISQ (31) Los valores ISQ en el implante *Essential Cone* variaron entre 66.06 y 66.15 y en el implante *Vega Implant* entre 63.74 y 65.20. (Tabla 7).

- **Influencia de la longitud y conexión del implante sobre el valor ISQ**

La relación del ISQ con la longitud y tipo de conexión del implante fue evaluada por 1 estudio, Raz y cols. (2021) (24).

Autor	N°	Tipo de implante	Tipo de conexión (INT/EXT)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Estabilidad primaria (ISQ)	
						Osstell	Penguin
<i>Raz y cols. (2021)(24)</i>	24	Cónico roscado	INT hexagonal	3.75	13	63.25	61.73
	24		INT hexagonal		8	59.25	56.65
	24		EXT cónica		13	70.36	70.46
	24		EXT cónica		8	67.40	66.89

INT: conexión interna, EXT: conexión externa

**Tabla 8** Comparación del ISQ de acuerdo la longitud y conexión del implante

Según la longitud y conexión del implante, se observó que la mayor estabilidad primaria fue medida por Penguin en implantes cónicos roscados de 13mm con conexión externa cónica, con un valor de 70.46.

La estabilidad primaria mínima se midió con el dispositivo Osstell en implantes cónicos roscados de 8mm con conexión interna hexagonal, con un valor de 59.25.

Además, se vio que, sin tener en cuenta el dispositivo utilizado, los implantes de 13mm de longitud tenían mayor estabilidad que los de 8mm de longitud.

Los implantes de conexión externa cónica presentaban mayor estabilidad primaria que los de conexión interna hexagonal (24) (Tabla 8).

- **Influencia del transductor utilizado sobre el valor ISQ**

La relación del ISQ con el transductor utilizado fue evaluada por 1 estudio, Chávarri-Prado y cols. (2020) (31).

Autor	Estabilidad primaria (ISQ)			
	Osstell + SmartPeg	Osstell + MultiPeg	Penguin+ SmartPeg	Penguin + MultiPeg
<i>Chávarri-Prado y cols. (2020)(31)</i>	66.01	65.34	65.35	64.46

**Tabla 9** Comparación del ISQ de acuerdo con el transductor utilizado

Los valores de ISQ para la medición de la estabilidad primaria se vieron afectados según el transductor utilizado.

Con la utilización combinada del Osstell y del SmartPeg, que es el aditamento recomendado por la casa comercial, se observó una mayor estabilidad primaria.

Las otras combinaciones de dispositivos Osstell o Penguin con el SmartPeg o MultiPeg siempre presentaban medidas de ISQ inferiores, siendo la medida con el Osstell y el MultiPeg, la que menor estabilidad primaria presentó.

El ISQ medido en implantes con Penguin utilizando el MultiPeg obtuvo valores de menor estabilidad primaria, aunque se estaba utilizando el aditamento recomendado por la casa comercial. (31) (Tabla 9).

- **Influencia del torque de inserción del transductor sobre el valor ISQ**

La relación del ISQ con el torque de inserción del transductor fue evaluada por 1 estudio, Pelegrine y cols. (2020) (38).

Autor	N° implantes	Torque de inserción del transductor (N/cm)	Estabilidad primaria (ISQ)	
			Osstell	Penguin
<i>Pelegrine y cols. (2020) (38)</i>	10	4	26.55	65.50
	10	5	40.90	74.75
	10	6	69.60	72.65
	10	10	71.30	73.0

**Tabla 10** Comparación del ISQ de acuerdo con torque de inserción del transductor

El torque de inserción del transductor tenía una influencia en la estabilidad primaria.

Al subir el torque de inserción, se vio un aumento en los valores de ISQ.

Cuando el torque era menor, menor estabilidad primaria se midió con los dos dispositivos.

Los valores de ISQ mostraron que se necesitó un torque de inserción de al mínimo 5 N/cm para tener una buena medición de la estabilidad primaria con el Penguin y 10 N/cm con el Osstell (Tabla 10).

## 5 Discusión

La medición de la estabilidad primaria es una herramienta importante para conseguir el éxito de los tratamientos implantológicos y es fundamental para la correcta osteointegración del implante. La valoración de la estabilidad primaria con dispositivos de análisis de la frecuencia de resonancia ha sido ampliamente documentada y su eficacia ha sido demostrada en varios estudios (2) (3) (6).

Los dispositivos basados en el método del análisis de la frecuencia de resonancia que hemos revisado en esta revisión sistemática son recientes: el Osstell fue desarrollado en 1999 y el Penguin en 2015. La realización de una comparación de dos métodos modernos nos permite valorar si con el diseño del dispositivo más reciente se han aportado mejoras en la medición y si se ha perfeccionado el dispositivo que ya existía.

La presente revisión sistemática fue realizada con el fin de hacer una comparativa de las mediciones de estabilidad primaria, es decir la estabilidad que tenía el implante el día de su colocación, mediante la utilización de los dispositivos Osstell y Penguin.

Se ha observado que las medidas de estabilidad, es decir los valores de ISQ, que fueron realizadas en los mismos implantes con los dos dispositivos fueron siempre diferentes.

El día de la colocación, las medidas de la estabilidad primaria realizadas en cuatro estudios con el dispositivo Osstell fueron 0.68% mayores que la estabilidad medida con Penguin. (24) (31) (37) (39).

Según Díaz y cols., aunque los valores de ISQ obtenidos con los dos dispositivos presentaban diferencias significativas, la diferencia era tan pequeña que no parecía ser clínicamente relevante (39).

Norton y cols. fueron más prudentes y aunque han encontrado diferencias significativas no se pronuncian sobre el impacto clínico que podría tener esa escasa diferencia (17).

Raz y cols. han encontrado una correlación positiva entre Penguin y Osstell (24) lo que es coherente con la conclusión de Chárrivari y cols. que demuestran que no hay diferencias significativas entre el uso de Penguin o de Osstell (31).

Brouwers y cols. encontraron que la medición realizada con los dos dispositivos da resultados comparables (37).

En resumen, los valores de medición de la estabilidad primaria no presentan diferencias significativas o bien si existe una diferencia significativa entre las mediciones realizadas por Osstell y Penguin, no tiene interés clínico.

Además, en vista de los resultados obtenidos, la dirección de la medición con el dispositivo tenía una influencia sobre el valor medido de ISQ. Al comparar mediciones de la estabilidad en varias direcciones, se observó que los valores de ISQ obtenidos tanto por Osstell que por Penguin en un sentido MD fueron mayores que las mediciones realizadas por BL (17) (37).

La influencia de la dirección de la medida sobre el valor ISQ medida por Osstell ha sido previamente estudiada por Veltri y cols. (40) y Capek y cols. (41), donde se sacaron conclusiones iguales: la orientación de la medida suele tener una influencia sobre la medición y además, el ISQ es mayor cuando se mide en un sentido paralelo, es decir mesio-distal, a la cresta alveolar.

En los estudios revisados, no existe ninguna información sobre la influencia de la dirección de medida realizada con el dispositivo Penguin lo cual podría constituir una nueva línea de investigación.

Norton y cols. (17) y Becker y cols. (6) destacaron que el sistema Penguin medió generalmente valores de ISQ más altos que el sistema Osstell, sin atribuir una explicación relevante. Por su lado, Buyukguclu y cols. atribuyeron más precisión al Osstell, mencionando que podría ser debido a un diseño diferente de los dispositivos (25).

Tras el estudio minucioso de los diferentes artículos se ha visto que existen factores que afectan a la estabilidad primaria del implante.

La calidad ósea, el tipo, el diseño del implante y la técnica quirúrgica son factores que tendrían una influencia sobre la estabilidad primaria (4)(10)(13)(42).

- **Calidad ósea**

Los dispositivos Osstell y Penguin presentan una cierta sensibilidad acerca de la detección de la densidad ósea en las mediciones de la estabilidad primaria de un implante. Son fiables para evaluar la estabilidad de los implantes en hueso artificial denso (25) (29). En esta revisión sistemática se recogen los resultados de estudios realizados tanto in vivo como in vitro.

Para algunos autores, la utilización de bloques de poliuretano sintéticos presenta la ventaja de simular las propiedades de un hueso maxilar o mandibular con una estricta homogeneidad en la densidad de las muestras de tal modo que todos los implantes se encuentran en las mismas condiciones (31). Para otros, estas muestras estandarizadas no permiten tomar en cuenta las variables reales de calidad, densidad y elasticidad que presenta un lecho óseo implantológico (24).

Se obtuvo mayor estabilidad primaria en implantes colocados en huesos de altas densidades. Según Raz y cols., los implantes de misma longitud y diseño colocados en un hueso de tipo denso de  $0.64\text{g/cm}^3$  presentaban mayor estabilidad primaria que los que fueron colocados en un hueso blando de  $0.16\text{g/cm}^3$  (24). Asimismo, en el estudio de Buyukguclu y cols. se demostró que los valores de ISQ obtenidos tanto por Osstell y por Penguin suelen ser mayores cuando los implantes están colocados en lechos rígidos (25).

Se observó una mayor estabilidad primaria en implantes colocados en bloques de hueso sintético que llevaban una capa de hueso cortical añadida de  $0.8\text{g/cm}^3$  según el estudio realizado en 2020 por Chárrivari-Prado y cols. (31). La presencia de una cortical ósea fue estudiada previamente por Díaz-Castro y cols. que encontraron una mayor estabilidad de implantes colocados en hueso de tipo II en comparación con hueso de tipo III (39). Igualmente, Becker y cols. evidenciaron que un hueso de tipo I presenta un ISQ significativamente más alto en comparación con otros tipos de hueso menos densos (6).

En definitiva, la calidad ósea aparece como un factor influyente a la hora de determinar la estabilidad primaria, teniendo un impacto en los valores ISQ y por lo tanto es fundamental que el implantólogo evalúe la densidad ósea de forma individual en la planificación rehabilitadora (43).

- **Tipo de implante**

Se utilizaron dos tipos de implantes. Los implantes estudiados presentaban el mismo diámetro y longitud con el fin de evaluar solo el impacto del diseño del cuello del implante.

Los implantes *Essential Cone* demostraron valores de ISQ mayores que los *Vega Implant* en dos estudios. (31) (39). Chárrivari-Prado y cols. atribuyeron esos resultados al diseño de una zona cervical más ancha en los implantes *Essential Cone*.

Cuando el implante es colocado en un hueso con cortical, su cuello pulido al nivel de tejido favorece la osteointegración y por lo tanto presenta una menor micromovilidad. Sin embargo, en un hueso sin cortical, la presencia de este cuello no aumenta la estabilidad significativamente, siendo el implante tipo *Vega Implant* (sin cuello pulido y colocado al nivel óseo) el que presenta mayor estabilidad.

En un estudio previo de Eshkol y cols. se evidenció que el diseño del cuello del implante tenía un influencia sobre la estabilidad primaria: el día de la colocación, los implantes de cuello redondo presentaban valores de ISQ más altos que los de cuello triangular, pero esa diferencia se estabilizaba a las 6 semanas (44). Aunque el estudio de Chárrivari-Prado y cols. utilizó implantes que no difieren en el diseño del cuerpo del implante, otros autores mencionan que los implantes cónicos presentan mayor estabilidad primaria que los paralelos (11) (43). Esto demuestra que el macro diseño del implante es un factor que influye en la estabilidad primaria.

- **Longitud y conexión del implante**

Los implantes de mayor longitud presentan mayor estabilidad primaria, comparando implantes de 13mm y de 8mm (24) lo que concuerda con los resultados de Bataineh et al. (1) que encontraron que los implantes de mayor longitud tenían mayor estabilidad primaria al comparar implantes de 10 y 13mm.

Barikani y cols. encontraron también una influencia significativa del aumento de la longitud sobre el valor ISQ (14). Además, al realizar un estudio con la colocación de implantes de varias longitudes en un hueso de tipo I o tipo III, afirman que aumentar la longitud del implante sería una opción que permitirá conseguir mayor estabilidad primaria en hueso de baja calidad, como es el tipo III.

Sin embargo, el aumento de longitud del implante en hueso denso tipo I, no será efectivo, ya que la alta densidad ósea permitirá una alta estabilidad primaria (14). Por otro lado, es importante mencionar que el aumento de la longitud no es siempre la solución efectiva para conseguir un aumento de la estabilidad. Ostman y cols. estudiaban la colocación de implantes de varias longitudes en un hueso de tipo blando. Los implantes de longitudes entre 8.5mm hasta 10mm permitieron aumentar la estabilidad, entre 10mm hasta 13mm no tenían efecto sobre la estabilidad y los implantes de 15mm hasta 18mm resultaron en una disminución de la estabilidad, debido al calentamiento producido por el fresado (45). En otras palabras, el aumento de la longitud de los implantes dentales representa un papel fundamental en el aumento de la estabilidad primaria incluso en hueso de baja calidad, siempre y cuando se controle el fresado del lecho implantario.

En cuanto a la conexión, Raz y cols. presentan que los implantes de conexión cónica externa presentaban siempre valores de estabilidad más altos, pero no significativamente en comparación con implantes de conexión hexagonal interna independientemente del tipo de hueso y longitud del implante. Los autores admiten que se necesitarían realizar otros estudios para ver la influencia de la conexión sobre la estabilidad del implante (24).

- **Transductor SmartPeg - MultiPeg**

Cada casa comercial recomienda el uso de su propio transductor, es decir el SmartPeg tiene que ser utilizado con el dispositivo Osstell y el MultiPeg con el Penguin. Sin embargo, algunos autores no utilizan la correcta combinación y eso podría suponer variaciones del ISQ.

En el estudio de Chávarri-Prado y cols., los valores ISQ obtenidos con varias combinaciones dispositivo-aditamento fueron diferentes, pero los autores afirman que esas diferencias no son significativas. Los valores de ISQ fueron más altos cuando la correcta combinación (Osstell + SmartPeg o Penguin + MultiPeg) fue utilizada. Sin embargo, los autores concluyeron que el SmartPeg y el MultiPeg podrían ser intercambiados sin afectación significativa del ISQ (31).

Según Herrero y cols. el uso de cada aditamento con su dispositivo es recomendable (3). La casa Penguin<sup>RFA</sup> apoya esos resultados y afirma que, aunque el uso de su dispositivo Penguin con el MultiPeg proporciona esencialmente las mismas medidas que el Osstell con SmartPeg, los sistemas están calibrados para funcionar de manera correcta siguiendo las recomendaciones del fabricante. Existen unas tablas de ajuste de los valores ISQ en el caso de experimentos realizados con combinaciones Penguin + SmartPeg o Osstell + MultiPeg (Anexos 3 y 4) (26).

Además, el fabricante Osstell subraya la importancia de utilizar el aditamento correcto o bien advierte que se pueden obtener mediciones de ISQ erróneas (23).

A parte del estudio de Chávarri-Prado y cols. que tenía como propósito estudiar el impacto del intercambio de los aditamentos, en la literatura utilizada para la realización de nuestra revisión sistemática, los autores respetaban las correctas combinaciones dispositivo-aditamento salvo el artículo de Raz y cols. (24). Este último no mencionó las razones del uso del SmartPeg tanto con el Osstell como en el Penguin, y no evidencia que podría tener un impacto en los valores del ISQ.

Sabemos que los aditamentos propuestos por las dos casas comerciales difieren en sus diseños. Por un lado, el SmartPeg, diseñado por la casa comercial Osstell es de aluminio y de uso único. El MultiPeg de la casa Penguin es de titanio y es esterilizable hasta 20 ciclos en el autoclave. El fabricante Penguin advierte que los diferentes materiales que componen el SmartPeg y el MultiPeg son responsables de variaciones de los valores de ISQ (26). Además, el sistema Penguin parece presentar varias ventajas en comparación con el Osstell: al ser posible la reutilización del aditamento es un sistema más económico y ecológico, al no tener cable el dispositivo es más cómodo en su manejo y su pantalla

permite una lectura más fácil (6) (25). Son características subjetivas pero que tendrían importancia en la elección de un dispositivo u otro para su uso en clínica.

Otro punto a tener en cuenta es el *driver* que ayuda a la colocación del MultiPeg sobre la cabeza del implante. En el caso de Penguin es de tipo magnético, facilitando la colocación, lo que no sucede con el *driver* SmartPeg Mount de Osstell.

- **Torque de inserción del transductor**

Pelegrine y cols. estudiaron la influencia del torque de inserción del transductor sobre el valor ISQ y además demostraron que sube el ISQ cuando mayor es el torque de inserción. Presentaron además, unos valores de torque mínimos necesarios para alcanzar una estabilidad correcta (38).

El torque de inserción es un parámetro de alta importancia en el uso clínico. En la mayoría de los casos, los profesionales atornillan el aditamento de forma manual, cada uno con su fuerza individual subjetiva, lo que conlleva con la aparición de discrepancias en las medidas de la estabilidad primaria.

Pelegrine y cols. tenían como objeto determinar si una persona es capaz de atornillar el aditamento con la fuerza adecuada para permitir medidas de ISQ relevantes. El valor de torque necesario para el MultiPeg (Penguin) es de 5 N/cm y para el SmartPeg (Osstell) es de 10 N/cm lo que es mucho menos probable de alcanzar correctamente colocando el aditamento manualmente. Entonces, la colocación del MultiPeg puede realizarse manualmente, pero para el SmartPeg se recomienda la utilización de una llave inglesa digital permitiendo una colocación del aditamento de forma objetiva y precisa, controlando la fuerza aplicada. Este estudio de Pelegrine y cols. realizado en 2020 es de momento el único acerca del valor de torque adecuado necesario para realizar una medición del ISQ con dispositivos de RFA.

Sin embargo, estos resultados no están de acuerdo con los resultados del estudio de Kästel y cols. (2019) donde se evidenció que el apriete manual de los transductores SmartPeg permite unas medidas de ISQ relevantes. Solo se utilizó el dispositivo Osstell por lo que no debemos transferir esos resultados al Penguin y su aditamento respectivo, el MultiPeg (46).

Existen algunas limitaciones en esta revisión sistemática.

Los dispositivos Osstell y el Penguin son muy recientes y, por lo tanto, existe poca evidencia científica sobre todo acerca del dispositivo Penguin<sup>RFA</sup>.

Para realizar una comparación efectiva, se eligieron artículos que comparaban los dos dispositivos dentro del mismo estudio lo que limitó la base científica utilizable.

Además, los estudios son muy heterogéneos en su diseño y comparan variables muy diferentes al mismo tiempo.

A la hora de plantear otras investigaciones, se debería tener en cuenta que cualquier variable del estudio es susceptible de influenciar la estabilidad primaria. En otras palabras, para destacar si una variable, como puede ser la longitud o el tipo de implante, es responsable de un cambio del ISQ, será necesario aplicar un estricto método de estudio y utilizar una sola variable a la vez. La base bibliográfica acerca de la comparación de la medición de la estabilidad primaria por Osstell y Penguin es escasa. Recomendaríamos para investigaciones futuras, centrarnos en una variable específica, con el fin de determinar de forma precisa e individual cuales son las que tienen un impacto sobre el ISQ.

Estas limitaciones se convierten en un reto para los investigadores y anima a realizar más estudios en este campo.

## 6 Conclusión

Teniendo en cuenta las limitaciones de esta revisión sistemática, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Los dispositivos Osstell y Penguin son relevantes para realizar la medición de la estabilidad primaria. Los valores de medición del ISQ obtenidos con los dos dispositivos no son significativamente diferentes o bien si existe una diferencia significativa no tiene interés clínico.
2. Los factores que afectan a la estabilidad primaria son los siguientes: la calidad ósea, el tipo de implante, la longitud y conexión del implante, el transductor utilizado y el torque de inserción del transductor.

## 7 Bibliografía

1. Bataineh AB, Al-Dakes AM. The influence of length of implant on primary stability: An in vitro study using resonance frequency analysis. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(1):e1-6.
2. Cervantes Haro N, Encabo Durán MJ, Calderín Pérez S, Aragonese Lamas JM. Factors influencing stability. Diameter and length. *Avances en Periodoncia*. 2014;26(1).
3. Herrero-Climent M, Falcão A, López-Jarana P, Díaz-Castro CM, Ríos-Carrasco B, Ríos-Santos JV. In vitro comparative analysis of two resonance frequency measurement devices: Osstell implant stability coefficient and Penguin resonance frequency analysis. *Clin Implant Dent Relat*. 2019; 21(6):1124-31.
4. Eskandarloo A, Arabi R, Bidgoli M, Yousefi F, Poorolajal J. Association between marginal bone loss and bone quality at dental implant sites based on evidence from cone beam computed tomography and periapical radiographs. *Contemp Clin Dent*. 2019;10(1):36.
5. Falisi G, Severino M, Rastelli C, Bernardi S, Caruso S, Galli M, et al. The effects of surgical preparation techniques and implant macro-geometry on primary stability: An in vitro study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2017;22(2):e201-6.
6. Becker W, Hujoel P, Becker BE. Resonance frequency analysis: Comparing two clinical instruments. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2018;20(3):308-12.
7. Cadavid D, Duque L, Correa S, Buschang P, Roldán S. Miniimplant stability in Orthodontics. *Bone Biology and Biomechanics*. 2014;27(2).
8. Wang Y, Zhang Y, Miron RJ. Health, Maintenance, and Recovery of Soft Tissues around Implants: Soft Tissues around Implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2016;18(3):618-34
9. Alghamdi H. Methods to Improve Osseointegration of Dental Implants in Low Quality (Type-IV) Bone: An Overview. *J Funct Biomater*. 2018;9(1):7.
10. Palaskar J, Joshi N, Shah P, Gullapalli P, Vinay V. Influence of different implant placement techniques to improve primary implant stability in low-density bone: A systematic review. *J Indian Prosthodont Soc*. 2020;20(1):11.
11. Barikani H, Rashtak S, Akbari S, Fard MK, Rokn A. The effect of shape, length and diameter of implants on primary stability based on resonance frequency analysis. *Dent Res J*. 2014;11(1):87-91.
12. Huang H, Wu G, Hunziker E. The clinical significance of implant stability quotient (ISQ) measurements: A literature review. *J Oral Biol Craniofacial Res*. 2020;10(4):629-38
13. Ivanova V, Chenchov I, Zlatev S, Mijiritsky E. Correlation between Primary, Secondary Stability, Bone Density, Percentage of Vital Bone Formation and Implant Size. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(13):6994.
14. Barikani H, Rashtak S, Akbari S, Badri S, Daneshparvar N, Rokn A. The Effect of Implant Length and Diameter on the Primary Stability in Different Bone Types. *J Dent Tehran Iran*. 2013;10(5):449-55.
15. Guerra CO, Hernández PL, Morán LE. Evaluation of stability in dentals implants by means of resonance frequency analysis. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 2015;14(4):460-9.

16. Penarrocha-Oltra D, Covani U, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Diago M. Immediate loading with fixed full-arch prostheses in the maxilla: Review of the literature. *Med Oral Patol Oral Cirugia Bucal*. 2014;e512-7.
17. Norton M. Resonance Frequency Analysis: Agreement and Correlation of Implant Stability Quotients Between Three Commercially Available Instruments. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019;34(1):215-22.
18. Gupta R, Padmanabhan T. Resonance frequency analysis. *Indian J Dent Res*. 2011;22(4):567.
19. Swami V, Vijayaraghavan V, Swami V. Current trends to measure implant stability. *J Indian Prosthodont Soc*. 2016;16(2):124.
20. Buser D, Nydegger T, Hirt HP, Cochran D, Nolte L. Removal torque values of titanium implants in the maxilla of miniature pigs. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 13(5):611-9.
21. Lars Sennerby. Resonance frequency analysis for implant stability measurements. A review. 2015;1:1-11.
22. Anders Petersson, Mech Eng, Lars Sennerby. On Standard Calibration Of ISQ Transducer Pegs. Prerequisites for accurate and comparable RFA measurements. 2016. 1:1-3.
23. Clinical guidelines by Osstell [Internet]. Osstell®. [citado el 22 de marzo 2022]. Disponible en: <https://www.osstell.com/clinical-guidelines/>
24. Raz P, Meir H, Levartovsky S, Peleg M, Sebaoun A, Beitlitum I. Reliability and Correlation of Different Devices for the Evaluation of Primary Implant Stability: An In Vitro Study. *Mater Basel Switz*. 2021;14(19).
25. Buyukguclu G, Ozkurt-Kayahan Z, Kazazoglu E. Reliability of the Osstell Implant Stability Quotient and Penguin Resonance Frequency Analysis to Evaluate Implant Stability. *Implant Dent*. 2018;27(4):429-33.
26. Frequently Asked Questions [Internet]. Penguin RFA. [citado el 22 de marzo 2022]. Disponible en: <http://www.penguinrfa.com/support/faq/>
27. Satwalekar P, Nalla S, Reddy R, Chowdary S. Clinical evaluation of osseointegration using resonance frequency analysis. *J Indian Prosthodont Soc*. 2015;15(3):192.
28. Osseointegration and the ISQ-scale [Internet]. Penguin RFA. [citado el 22 de marzo 2022]. Disponible en: <http://www.penguinrfa.com/support/osseointegration/>
29. Romanos GE, Bastardi DJ, Kakar A, Moore R, Delgado-Ruiz RA, Javed F. In vitro comparison of resonance frequency analysis devices to evaluate implant stability of narrow diameter implants at varying drilling speeds in dense artificial bone blocks. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019;21(5):1023-7.
30. Alghamdi HS, Jansen JA. The development and future of dental implants. *Dent Mater J*. 2020;39(2):167-72.
31. Chávarri-Prado D, Brizuela-Velasco A, Diéguez-Pereira M, Pérez-Pevida E, Jiménez-Garrudo A, Viteri-Agustín I, et al. Influence of cortical bone and implant design in the primary stability of dental implants measured by two different devices of resonance frequency analysis: An in vitro study. *J Clin Exp Dent*. 2020;e242-8.
32. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000097.
33. How it works [Internet]. Penguin RFA. [citado el 22 de marzo 2022]. Disponible en: <https://www.penguinrfa.com/support/how-it-works/>

34. Rafael Santamaría Olmo. Programa de Habilidades en Lectura Crítica Español (CASPe). 2017;9(1):100-1.
35. Diker B, Diker N, Tak Ö. Comparison of Reliability of 3 Resonance Frequency Analysis Devices: An In Vitro Study. *J Oral Implantol*. 2022;48(1):9-14.
36. Sartoretto SC, Calasans-Maia J, Resende R, Câmara E, Ghiraldini B, Barbosa Bezerra FJ, et al. The Influence of Nanostructured Hydroxyapatite Surface in the Early Stages of Osseointegration: A Multiparameter Animal Study in Low-Density Bone. *Int J Nanomedicine*. 2020;15:8803-17.
37. Brouwers JEIG, Buis S, Groot PG, Laat B, Remijn JA. Resonance frequency analysis with two different devices after conventional implant placement with ridge preservation: A prospective pilot cohort study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2021;23(5):789-99.
38. Pelegrine A, Kubo F, Salatti D, Teixeira M, Moshaverinia A, Moy P. Can Finger-Generated Force Be Used Reliably to Connect the Transducer for Resonance Frequency Analysis in Determining Implant Stability? *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2020;35(6):1141-8.
39. Diaz-Castro M, Falcao A, Lopez-Jarana P, Falcao C, Rios-Santos J, Fernandez-Palacin A, et al. Repeatability of the resonance frequency analysis values in implants with a new technology. *Med Oral Patol Oral Cirurgia Bucal*. 2019;0-0.
40. Veltri M, Balleri P, Ferrari M. Influence of Transducer Orientation on Osstell TM Stability Measurements of Osseointegrated Implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2007;9(1):60-4.
41. Capek L, Simunek A, Slezak R, Dzan L. Influence of the orientation of the Osstell® transducer during measurement of dental implant stability using resonance frequency analysis: A numerical approach. *Med Eng Phys*;31(7):764-9.
42. Baftijari D, Benedetti A, Stamatovski A, Baftijari F, Susak Z, Veljanovski D. Influence of Resonance Frequency Analysis (RFA) Measurements for Successful Osseointegration of Dental Implants During the Healing Period and Its Impact on Implant Assessed by Osstell Mentor Device. *Open Access Maced J Med Sci*. 2019;7(23):4110-5.
43. Herrero-Climent M, Lemos BF, Herrero-Climent F, Falcao C, Oliveira H, Herrera M, et al. Influence of Implant Design and Under-Preparation of the Implant Site on Implant Primary Stability. An In Vitro Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(12):4436.
44. Eshkol-Yogev I, Tandlich M, Shapira L. Effect of implant neck design on primary and secondary implant stability in the posterior maxilla: A prospective randomized controlled study. *Clin Oral Implants Res*. 2019;30(12):1220-8.
45. Ostman PO, Hellman M, Wendelhag I, Sennerby L. Resonance frequency analysis measurements of implants at placement surgery. *Int J Prosthodont*. 2006;19(1):77-83.
46. Kästel I, de Quincey G, Neugebauer J, Sader R, Gehrke P. Does the manual insertion torque of smartpegs affect the outcome of implant stability quotients (ISQ) during resonance frequency analysis (RFA)? *Int J Implant Dent*. 2019;5(1):42.

## 8 Anexos

### Anexo 1 Lista de comprobación de los elementos que deben incluirse al informar sobre una revisión sistemática o un metaanálisis (32)

G Model  
RECESP-101666; No. of Pages 10

ARTICLE IN PRESS

4

J.J. Yepes-Nun'ez et al. / Rev Esp Cardiol. 2021;xx(x):xxx-xxx

Tabla 1

Lista de verificaci3n PRISMA 2020

Secci3n/tema	Ítem n.º	Ítem de la lista de verificaci3n	Localizaci3n del ítem en la publicaci3n
<b>TÍTULO</b>			
Título	1	Identifique la publicaci3n como una revisi3n sistemática.	PORTADA
<b>RESUMEN</b>			
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificaci3n para resúmenes estructurados de la declaraci3n PRISMA 2020 (tabla 2).	ESP - p. 5 ING - p. 6 (antes del Índice)
<b>INTRODUCCI3N</b>			
Justificaci3n	3	Describa la justificaci3n de la revisi3n en el contexto del conocimiento existente.	p.1
Objetivos	4	Proporcione una declaraci3n explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisi3n.	p.16
<b>MÉTODOS</b>			
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusi3n y exclusi3n de la revisi3n y cómo se agruparon los estudios para la síntesis.	p.17
Fuentes de informaci3n	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.	p.18
Estrategia de búsqueda	7	Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	p.18
Proceso de selecci3n de los estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusi3n de la revisi3n, incluyendo cuántos autores de la revisi3n cribaron cada registro y cada publicaci3n recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatizaci3n utilizadas en el proceso.	p.19
Proceso de extracci3n de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada publicaci3n, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatizaci3n utilizadas en el proceso.	p.20
Lista de los datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger.	p.20
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervenci3n, fuentes de financiaci3n). Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier informaci3n ausente ( <i>missing</i> ) o incierta.	p.21
Evaluaci3n del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisi3n evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatizaci3n utilizadas en el proceso.	p.21
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentaci3n de los resultados.	*
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir qué estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervenci3n y comparándolas con los grupos previstos para cada síntesis (ítem n.º 5)).	*
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentaci3n o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.	*
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis.	*
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metaanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.	*
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión).	*
	13f	Describa los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis.	*

\* Son para meta análisis los puntos 12-15; 20-22; 24-27

Tabla 1 (Continuación)  
Lista de verificación PRISMA 2020

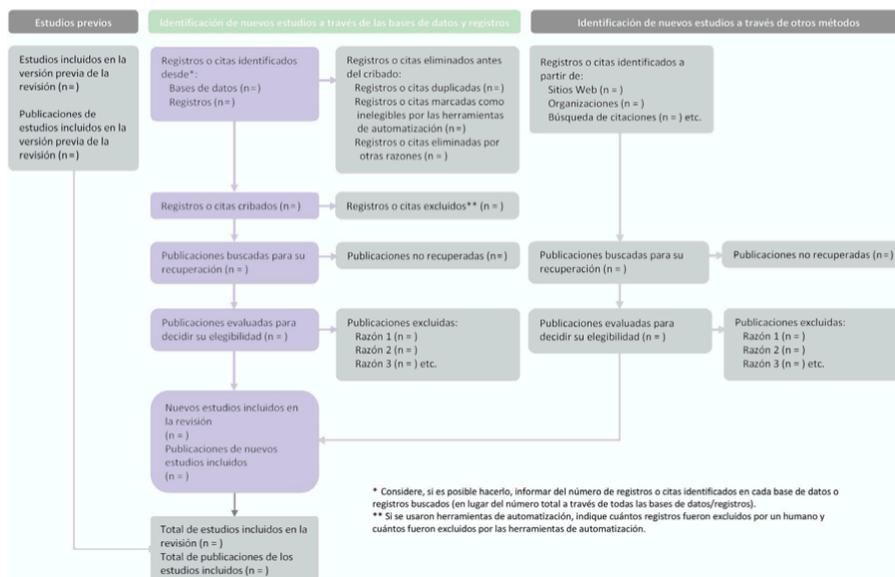
Sección/tema	Ítem n.º	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).	
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	
<b>RESULTADOS</b>			p.22
Selección de los estudios	16a	Describa los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo (ver figura 1).	p.22
	16b	Cite los estudios que aparentemente cumplían con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos.	p.23
Características de los estudios	17	Cite cada estudio incluido y presente sus características.	p.23
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos.	p.26
Resultados de los estudios individuales	19	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.	p.27
Resultados de la síntesis	20a	Para cada síntesis, resuma brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	*
	20b	Presente los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto.	*
	20c	Presente los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	*
	20d	Presente los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	*
Sesgos en la publicación	21	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones) para cada síntesis evaluada.	*
Certeza de la evidencia	22	Presente las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.	*
<b>DISCUSIÓN</b>			p.34
Discusión	23a	Proporcione una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias.	p.34
	23b	Argumente las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión.	p.41
	23c	Argumente las limitaciones de los procesos de revisión utilizados.	p.41
	23d	Argumente las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y las futuras investigaciones.	p.41
<b>OTRA INFORMACIÓN</b>			
Registro y protocolo	24a	Proporcione la información del registro de la revisión, incluyendo el nombre y el número de registro, o declare que la revisión no ha sido registrada.	*
	24b	Indique dónde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningún protocolo.	*
	24c	Describa y explique cualquier enmienda a la información proporcionada en el registro o en el protocolo.	*
Financiación	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	*
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revisión.	*
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Especifique qué elementos de los que se indican a continuación están disponibles al público y dónde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracción de datos, datos extraídos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los análisis, código de análisis, cualquier otro material utilizado en la revisión.	*

**Tabla 2**  
Lista de verificaci3n PRISMA 2020 para resu'menes estructurados\*

Secci3n/tema	Ítem n.º	Ítem de la lista de verificaci3n
<b>TÍTULO</b>		
Título	1	Identifique el informe o publicaci3n como una revisi3n sistemática.
<b>ANTECEDENTES</b>		
Objetivos	2	Proporcione una declaraci3n explícita de los principales objetivos o preguntas que aborda la revisi3n.
<b>MÉTODOS</b>		
Criterios de elegibilidad	3	Especifique los criterios de inclusi3n y exclusi3n de la revisi3n.
Fuentes de informaci3n	4	Especifique las fuentes de informaci3n (por ejemplo, bases de datos, registros) utilizadas para identificar los estudios y la fecha de la última búsqueda en cada una de estas fuentes.
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	5	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios individuales incluidos.
Síntesis de los resultados	6	Especifique los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados.
<b>RESULTADOS</b>		
Estudios incluidos	7	Proporcione el número total de estudios incluidos y de participantes y resuma las características relevantes de los estudios.
Síntesis de los resultados	8	Presente los resultados de los desenlaces principales e indique, preferiblemente, el número de estudios incluidos y los participantes en cada uno de ellos. Si se ha realizado un metanálisis, indique el estimador de resumen y el intervalo de confianza o de credibilidad. Si se comparan grupos, describa la direcci3n del efecto (por ejemplo, qué grupo se ha visto favorecido).
<b>DISCUSIÓN</b>		
Limitaciones de la evidencia	9	Proporcione un breve resumen de las limitaciones de la evidencia incluida en la revisi3n (por ejemplo, riesgo de sesgo, inconsistencia –heterogeneidad– e imprecisi3n).
Interpretaci3n	10	Proporcione una interpretaci3n general de los resultados y sus implicaciones importantes.
<b>OTROS</b>		
Financi3n	11	Especifique la fuente principal de financi3n de la revisi3n.
Registro	12	Proporcione el nombre y el número de registro.

\* Esta lista de verificaci3n conserva los mismos ítems que se incluyeron en la declaraci3n PRISMA para resu'menes publicada en 2013<sup>46</sup>, pero ha sido revisada para que la redacci3n sea coherente con la declaraci3n PRISMA 2020. Además, incluye un nuevo ítem que recomienda a los autores que especifiquen los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados (ítem n.º 6).

## Anexo 2 Diagrama de flujo. Proceso de selecci3n para la revisi3n sistemática, según las directrices PRISMA (32)



**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA 2020. El nuevo diseño se ha adaptado a partir de los diagramas de flujo propuestos por Boers<sup>70</sup>, Mayo-Wilson et al.<sup>71</sup> y Stovold et al.<sup>72</sup>. Los recuadros en gris solo se deben completar si son aplicables; de lo contrario, deben eliminarse del diagrama de flujo. Obsérvese que un «informe» puede ser un artículo de revista, una preimpresión, un resumen de conferencia, un registro de estudio, un informe de estudio clínico, una tesis/disertaci3n, un manuscrito inédito, un informe gubernamental o cualquier otro documento que proporcione informaci3n pertinente.

Cómo citar este artículo: Yepes-Nun'ez JJ, et al. Declaraci3n PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicaci3n de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>

**Anexo 3** Tabla de corrección del ISQ, Penguin + SmartPeg (26)

Using Penguin <sup>RFA</sup> together with an Osstell <sup>®</sup> Smartpeg <sup>®</sup>					
Measured ISQ	Add	Measured ISQ	Add	Measured ISQ	Add
30	2	54	2	77	-1
31	2	55	2	78	-2
32	2	56	2	79	-2
33	2	57	2	80	-2
34	2	58	2	81	-3
35	2	59	2	82	-3
36	1	60	2	83	-3
37	1	61	2	84	-3
38	1	62	2	85	-4
39	1	63	2	86	-4
40	1	64	2	87	-4
41	1	65	2	88	-5
42	1	66	1	89	-5
43	1	67	1	90	-5
44	1	68	1	91	-6
45	1	69	0	92	-5
46	2	70	0	93	-5
47	2	71	0	94	-6
48	2	72	0	95	-6
49	2	73	-1	96	-6
50	2	74	-1	97	-7
51	2	75	-1	98	-7
52	2	76	-1	99	-7
53	3				

Take the value in the "Add" column and add to the measured ISQ.



**Anexo 4** Tabla de corrección del ISQ, Osstell + MultiPeg (26)

Using an Osstell® ISQ together with a MultiPeg®

Measured ISQ	Add	Measured ISQ	Add	Measured ISQ	Add
32	-2	56	-2	76	1
33	-2	57	-2	76	2
34	-2	58	-2	77	2
35	-2	59	-2	78	2
36	-2	60	-2	78	3
37	-2	61	-2	79	3
37	-1	62	-2	80	3
38	-1	63	-2	81	3
39	-1	64	-2	81	4
40	-1	65	-2	82	4
41	-1	66	-2	83	4
42	-1	67	-2	83	5
43	-1	67	-1	84	5
44	-1	68	-1	85	5
45	-1	69	-1	85	6
46	-1	69	0	87	5
48	-2	70	0	88	5
49	-2	71	0	88	6
50	-2	72	0	89	6
51	-2	72	1	90	6
52	-2	73	1	90	7
53	-2	74	1	91	7
54	-2	75	1	92	7
56	-3				

Take the value in the "Add" column and add to the measured ISQ



1 **TITULO: “Comparación de los valores de medición de estabilidad primaria en**  
2 **implantes con Osstell y Penguin: revisión sistemática”**

3 **TITULO DE CABECERA:** Análisis de la frecuencia de resonancia. Osstell vs Penguin.

4 **AUTORES:** Marie Rampignon <sup>1</sup>, Zaraida Catalá <sup>1</sup>, Santiago Arias-Herrera<sup>1</sup>

5 **AFILIACIONES:**

6 <sup>1</sup> Universidad Europea de Valencia. Facultad de Ciencias de la Salud. Departamento de  
7 Odontología.

8 **CORRESPONDANCIA CON AUTORES Y REIMPRESIONES:**

9 Santiago Arias Herrera

10 Paseo Alameda, 7

11 46010 – Valencia (España)

12 email: [santiagoemilio.arias@universidadeuropea.es](mailto:santiagoemilio.arias@universidadeuropea.es)

## 1 RESUMEN

2 **Contexto:** La rehabilitación protésica con implantes representa un tratamiento de elección para la  
3 reposición de piezas dentarias ausentes. Uno de los requisitos fundamentales para el éxito  
4 implantológico es la medida de la estabilidad primaria y para su evaluación, se desarrollaron varios  
5 métodos, como son los recientes dispositivos Osstell y Penguin<sup>RFA</sup>, basados en el método del análisis  
6 de la frecuencia de resonancia. En la presente revisión sistemática se pretende evaluar y comparar  
7 la medición de la estabilidad primaria en implantes mediante el uso de los dispositivos Osstell y  
8 PenguinRFA, así como determinar los factores que afectan a la estabilidad primaria.

9 **Material y métodos:** Se siguieron los métodos recomendados para las revisiones sistemáticas y  
10 meta-análisis (PRISMA). Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Medline  
11 y Scopus para identificar todos los artículos relevantes publicados hasta Febrero 2022 sobre la  
12 medición de la estabilidad primaria con los dispositivos Osstell y Penguin.

13 **Resultados:** 6 artículos cumplieron los criterios de inclusión. El día de la colocación, el valor medio  
14 de estabilidad medido por Osstell fue 70.83, oscilando entre 65.08 y 78.20; y por PenguinRFA fue  
15 70.15, con valores oscilando entre 63.95 y 77.50. Osstell daba valores de ISQ mayores que Penguin  
16 en cuatro estudios. Las mediciones MD fueron siempre mayores que las medidas realizadas en un  
17 sentido BL.

18 **Conclusiones:** Teniendo en cuenta las limitaciones del presente trabajo, Los dispositivos Osstell y  
19 Penguin son relevantes para realizar la medición de la estabilidad primaria. Los valores de medición  
20 del ISQ obtenidos con los dos dispositivos no son significativamente diferentes o bien si existe una  
21 diferencia significativa, no tiene interés clínico.

22 Los factores que afectan a la estabilidad primaria son los siguientes: la calidad ósea, el tipo de  
23 implante, la longitud y conexión del implante, el transductor utilizado y el torque de inserción del  
24 transductor.

25 **Palabras clave:** " Resonance Frequency Analysis, RFA, Primary Stability, Osstell, Penguin"

## 1. INTRODUCCIÓN

La implantología ha representado una revolución en las últimas décadas en el campo de rehabilitaciones orales, proponiéndose como el tratamiento de elección en la reposición de dientes en pacientes parcial o totalmente desdentados, permitiendo la recuperación de la estética y de la capacidad funcional con altas tasas de éxito (1)(2)(3). Los principales fracasos que surgieron durante los principios de la colocación de implantes se explicaban por un desconocimiento biológico del hueso, una falta de biocompatibilidad de los materiales y una incorrecta osteointegración (factor el más importante para el éxito del implante) (4)(5). La estabilidad implantaria se define como una ausencia de movilidad del implante, implicando un estrecho contacto entre el hueso y el diente. Su medición es fundamental para la elección del momento idóneo para la aplicación de una carga y realizar la rehabilitación protésica (2). La estabilidad primaria es una estabilidad mecánica, es decir una ausencia de movilidad en las etapas tempranas de osteointegración y es la responsable de la remodelación ósea y de la osteointegración alrededor del implante (1)(6). Tiene un papel fundamental en la estabilidad implantaria durante la primera semana tras la inserción del implante y disminuye a partir de la segunda semana tras la inserción (6) (Fig.1). Según la literatura, el umbral de micro movimiento tolerado oscila entre 50 y 150 micras (7)(8) o entre 50 y 100 micras (9)(10). Una baja estabilidad primaria del implante es responsable de un alto riesgo de fracaso temprano en la osteointegración, mientras que un implante con una alta estabilidad inicial, es decir, libre de micro movimientos después de su colocación, suele presentar mejor tasa de éxito terapéutico a largo plazo y una menor pérdida ósea (9)(11). La estabilidad primaria depende de la calidad y cantidad ósea, técnica quirúrgica, diseño y tipo de implante (1)(8)(11). Cualquier parámetro susceptible de aumentar el contacto implante-hueso como longitud, diámetro y forma del implante suele influir positivamente sobre la estabilidad (9).

El análisis de la frecuencia de resonancia (RFA) fue descrito por primera vez en 1996 por Meredith y cols. que propusieron un método para valorar la estabilidad implantaria durante las distintas etapas de la cicatrización (2)(12). Es un método no invasivo, inocuo, rápido y fácil de utilización que surgió para monitorizar la estabilidad primaria (13). La unidad de medición de la RFA es el cociente de estabilidad implantaría (ISQ), un indicador pronóstico que permite valorar la estabilidad mecánica del implante y su posible fracaso (6). El ISQ es el resultado de un cociente de frecuencias de resonancia ( $F_c$ ) y se calcula haciendo el cociente entre la  $F_{c_{medida}}$  menos la  $F_{c_{mín}}$  sobre la  $F_{q_{máx}}$  menos la  $F_{q_{mín}}$ , multiplicado por 100. Su valor se encuentra dentro de un rango de 0 a 100 (14)(9).

1 Cuanto más alto sea su valor, más estable es el implante: ISQ < 60: estabilidad baja, entre 60 – 69:  
2 estabilidad media, ISQ > 70: estabilidad alta (15) (Fig.2). Los dispositivos Osstell (Integration  
3 Diagnostics AB, Göteborg, Sweden, 1999) y el Penguin<sup>RFA</sup> (Integration Diagnostics, Sweden, 2015)  
4 son dos dispositivos no invasivos que funcionan bajo el principio de la RFA y que tienen forma de  
5 bolígrafo. El Osstell ha sido ampliamente documentado en la literatura y tiene una buena aceptación  
6 para valorar el contacto implante-hueso gracias a su casi perfecta reproducibilidad (14)(9). Debe ser  
7 utilizado con su transductor, el SmartPeg, fabricado en aluminio y que se fija al implante o al pilar (16).  
8 Es un aditamento desechable que no puede esterilizarse puesto que podría oxidarse y dañar la  
9 conexión íntima con el implante (15). Por otro lado, el Penguin<sup>RFA</sup> se acompaña de su transductor de  
10 titanio biocompatible llamado MultiPeg. Es esterilizable y por lo tanto es reutilizable (12)(17)(18). Su  
11 valor ISQ se expresa en una escala ISQ de 1 a 99: ISQ > 70: estabilidad alta con poca micromobilidad,  
12 ISQ < 60: estabilidad baja. (19) (20). No se deben intercambiar los transductores entre los sistemas  
13 Osstell y Penguin<sup>RFA</sup> porque son específicos a cada dispositivo, calibrados con respecto a una  
14 referencia y fabricados con materiales diferentes. Cualquier intercambio podría afectar los valores de  
15 medida del ISQ (16)(21). La presente revisión sistemática se basó en la hipótesis de que la valoración  
16 de la estabilidad primaria con el RFA mediante el uso del dispositivo Penguin<sup>RFA</sup> comparada con el  
17 dispositivo Osstell nos da valores similares.

18 Justificación: La bibliografía existente sobre la evaluación de la estabilidad mediante técnicas de RFA  
19 es escasa, aún más sobre una comparación entre los dos dispositivos Osstell y el Penguin<sup>RFA</sup>. El  
20 presente trabajo se realizó con el fin de revisar de forma sistemática la bibliografía publicada acerca  
21 de la medición de la estabilidad primaria comparando los dispositivos Osstell y Penguin<sup>RFA</sup>.

22 Objetivos: El objetivo de este estudio fue revisar sistemáticamente la siguiente cuestión: ¿En los  
23 implantes colocados in vitro o in vivo, la valoración de la estabilidad primaria con el análisis de  
24 frecuencia de resonancia mediante el uso de Osstell y Penguin<sup>RFA</sup> nos da valores similares? Para ello,  
25 se evaluó y comparó en primer lugar la medición de la estabilidad primaria en implantes  
26 mediante el uso de los dispositivos Osstell y Penguin y, en segundo lugar, se determinaron los factores  
27 que afectan a la estabilidad primaria.

## 28 **2. MATERIAL Y METODOS**

29 La revisión sistemática se realizó siguiendo la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic  
30 Reviews and Meta-Analyses) (22).

## **2.1 - Identificación de la pregunta PICO**

La pregunta de enfoque se estableció según una adaptación de la pregunta estructurada PICO. Este enfoque es el adecuado para realizar revisiones sistemáticas cualitativas en intervenciones sanitarias.

P (población): Implantes colocados in vitro o in vivo, I (intervención): Dispositivo Penguin<sup>RFA</sup>, C (comparación): Dispositivo Osstell, O (outcome): Valoración de la estabilidad primaria mediante el método de análisis de la frecuencia de resonancia.

## **2.2. - Fuentes de información y búsqueda de datos**

Se llevó a cabo una búsqueda automatizada en las bases de datos PubMed, Medline Complete y Scopus hasta Febrero 2022, utilizando las palabras clave siguientes: "resonance frequency analysis", "RFA", "primary stability", "Osstell", "Penguin". Se realizó la siguiente estrategia de búsqueda en las tres bases de datos: (((resonance frequency analysis) OR (RFA)) AND (primary stability)) AND (Osstell)) AND (Penguin). No se incluyeron referencias cruzadas o búsqueda manual.

## **2.3 - Criterios de elegibilidad**

Los artículos que se incluyeron en esta revisión sistemática si cumplían los siguientes criterios de inclusión: publicaciones en inglés, estudios in vivo o in vitro, series de casos, ensayos clínicos aleatorizados, estudios de cohortes prospectivos y retrospectivos, medición de la estabilidad primaria, análisis de la frecuencia de resonancia con Penguin<sup>RFA</sup> y Osstell. Se excluyeron las publicaciones que no cumplían los criterios de inclusión, así como las revisiones sistemáticas, de más de 10 años de publicación y las cartas al editor.

## **2.4. - Estrategia de búsqueda**

La estrategia de búsqueda fue realizada por un revisor (MR). Se eliminaron los estudios duplicados de las diferentes bases de datos. Se llevó un proceso de selección en tres etapas. En la primera etapa se revisaron los títulos para eliminar las publicaciones irrelevantes. En la segunda etapa se filtraron los resúmenes, los estudios sin suficiente información o con resúmenes no estructurados para determinar su exclusión se consideraron para la evaluación del texto completo. En la tercera etapa se realizó una lectura completa de cada texto para confirmar la elegibilidad de los estudios (Fig.3).

## **2.5. - Extracción de datos**

Se crearon tablas de evidencia con los datos del estudio. La siguiente información fue extraída de los estudios: autor, año, tipo de estudio, número, edad y sexo (M/H) de los pacientes, número de implantes, tipo de muestra ósea (in vivo/ in vitro), marca comercial y modelo, seguimiento del estudio

1 (días o meses), dispositivo utilizado (Osstell/ Penguin), transductor (SmartPeg / MultiPeg), momento  
2 de medición (días o meses), número y dirección de las mediciones de estabilidad (VB/LG/D /M).  
3 Las variables de resultados de los estudios fueron las siguientes: estabilidad primaria (valor ISQ);  
4 factores relacionados con la estabilidad: calidad ósea, tipo de implante, longitud (mm), diámetro del  
5 implante (mm), tipo de conexión (interna/externa), transductor utilizado (SmartPeg/MultiPeg), torque  
6 de inserción de transductor (N/cm).

## 7 **2.6. - Evaluación de la calidad metodológica y del riesgo de sesgo**

8 La calidad de los estudios seleccionados fue evaluada mediante el uso de la guía CASPe (Critical  
9 Appraisal Skills Programme Español), un organismo creado en 1998 con el fin hacer una lectura crítica  
10 de la evidencia científica (23) (Tabla 1). Responde a las tres preguntas siguientes: ¿Son válidos esos  
11 resultados? ¿Cuáles son los resultados? ¿Son aplicables en tu medio?

## 12 **3. RESULTADOS**

### 13 **3.1 - Selección de los estudios**

14 Se obtuvo un total de 19 artículos del proceso de búsqueda inicial en las diferentes bases de datos: 6  
15 en PubMed, 6 en Medline y 7 en Scopus. Después de eliminar los duplicados, quedaron 8 artículos  
16 potencialmente elegibles mediante el cribado por título y resúmenes. Un artículo no fue encontrado y  
17 otro artículo fue eliminado por no estar relacionado con el tema. Los artículos de texto completo fueron  
18 posteriormente obtenidos y evaluados. Finalmente 6 artículos cumplieron los requisitos de inclusión y  
19 se incluyeron en esa revisión sistemática (Fig. 3).

### 20 **3.2 - Características de los estudios**

21 Los estudios revisados fueron todos estudios de cohortes realizados entre 2018 y 2020. Se analizó  
22 en cada uno la medición del ISQ comparando los dos dispositivos Osstell y Penguin<sup>RFA</sup>. Se estudió la  
23 estabilidad primaria de un total de 634 implantes con los dispositivos Osstell y Penguin<sup>RFA</sup> de los cuales  
24 238 fueron colocados en humanos (in vivo), 396 fueron colocados in vitro en bloques de poliuretano  
25 o hueso bovino. Solo tres estudios utilizaron el SmartPeg con el Osstell y el MultiPeg con el  
26 Penguin<sup>RFA</sup>. La medición del ISQ fue realizada en distintos momentos, pero siempre por lo menos al  
27 día de la colocación del implante. Solo dos estudios mencionaban la influencia en la dirección de las  
28 medidas de la estabilidad primaria (Tabla 2).

### 29 **3.3 - Síntesis de resultados**

30 *Medición de la estabilidad primaria mediante dispositivos Osstell vs. Penguin.*

1 La medición de la estabilidad primaria fue evaluada en un total de 434 implantes, todos en el momento  
2 de la colocación del implante. El valor ISQ obtenido con el dispositivo Osstell fue mayor que la medida  
3 realizada por Penguin en cuatro estudios (26)(27)(17)(28). El día de la colocación, la estabilidad  
4 primaria media medida por Osstell fue 70.83, oscilando entre 65.08 y 78.20. Por otro lado, utilizando  
5 el dispositivo Penguin se obtuvo una estabilidad media de 70.15, con valores de ISQ oscilando entre  
6 63.95 y 77.50 (26)(25). Las mediciones que se realizaron por MD fueron siempre mayores que las  
7 medidas realizadas en un sentido BL (17)(25) (Tabla 3).

8 *Influencia de la calidad ósea sobre el valor ISQ:* La estabilidad primaria fue mayor cuando los  
9 implantes fueron colocados en bloques de poliuretano que simulaban una capa de cortical (27). Los  
10 valores de ISQ medidos con los dos dispositivos fueron mayores en el hueso denso en comparación  
11 con el hueso blando de densidad menor (26), y los implantes colocados en el hueso bovino tipo II  
12 tenían mayor ISQ que los colocados en hueso tipo III (28) (Tabla 4).

13 *Influencia del tipo de implante sobre el valor ISQ:* el implante *Essential Cone* que tiene un cuello pulido  
14 y plataforma al nivel de tejido (*tissue level*) presentó una mayor estabilidad primaria que el *Vega*  
15 *Implant* que no tenía el cuello pulido (implante *bone level*), independientemente del dispositivo Osstell  
16 o Penguin utilizado para realizar las mediciones del ISQ (27)(28). Los valores ISQ en el implante  
17 *Essential Cone* variaron entre 66.06 y 66.15 y en el implante *Vega Implant* entre 63.74 y 65.20.

18 *Influencia de la longitud y conexión de implante sobre el valor ISQ:* La mayor estabilidad primaria fue  
19 medida por Penguin en implantes cónicos roscados de 13mm con conexión externa cónica, con un  
20 valor de 70.46. La estabilidad primaria mínima fue 59.25, medida con el dispositivo Osstell en  
21 implantes cónicos roscados de 8mm con conexión interna hexagonal. Además, sin tener en cuenta el  
22 dispositivo utilizado, los implantes de 13mm de longitud tenían mayor estabilidad que los de 8mm de  
23 longitud. Los implantes de conexión externa cónica presentaban mayor estabilidad primaria que los  
24 de conexión interna hexagonal con valores entre 70.36 y 66.89, y 63.25 y 59.25 respectivamente (26).

25 *Influencia del transductor utilizado sobre el valor ISQ:* La mayor estabilidad primaria se presentó con  
26 la utilización combinada del Osstell y del SmartPeg con un ISQ de 66.01. Las otras combinaciones de  
27 dispositivos Osstell o Penguin con el SmartPeg o MultiPeg siempre presentaban medidas de ISQ  
28 inferiores, siendo la menor medida 64.46 realizada con el Osstell y el MultiPeg. Los implantes que  
29 tenían el ISQ medido por Penguin con el MultiPeg presentaron el menor ISQ con un valor de 64.46,  
30 aunque utilizaban el aditamento recomendado por la casa comercial (27).

1 *Influencia del torque de inserción sobre el valor ISQ:* Cuando el torque era mayor, mayor estabilidad  
2 primaria fue medida con los dos dispositivos. Con el Osstell, a 6 N/cm el ISQ fue de 69.60 y a 10N/cm  
3 fue de 71.30. Con el Penguin, a 4 N/cm fue de 65.50 y a 5 N/cm fue de 74.75.

#### 4 **4. DISCUSIÓN**

5 Los dos dispositivos basados en el método RFA estudiados en esa revisión sistemática son recientes:  
6 el Osstell fue desarrollado en 1999 y el Penguin en 2015. La realización de una comparación de dos  
7 métodos modernos nos permite valorar si con el diseño más reciente se ha perfeccionado el  
8 dispositivo que ya existía. Se ha observado que, el día de la colocación, las medidas de la estabilidad  
9 primaria realizadas en cuatro estudios con el dispositivo Osstell fueron un 0.68% mayores que la  
10 estabilidad medida con Penguin (25)(26)(27)(28). Según Díaz y cols., aunque los valores de ISQ  
11 obtenidos con los dos dispositivos presentaban diferencias significativas, la diferencia era tan pequeña  
12 que no parecía ser clínicamente relevante (28). Norton y cols. fueron más prudentes y aunque han  
13 encontrado diferencias significativas no se pronunciaron sobre el impacto clínico que podría tener esa  
14 escasa diferencia (17). Raz y cols. han encontrado una correlación positiva entre Penguin y Osstell lo  
15 que es coherente con la conclusión de Chárrivari y cols.: no hay diferencias significativas entre el uso  
16 de Penguin o de Osstell (26)(27). Brouwers encontró que la medición realizada con los dos dispositivos  
17 da resultados comparables (24). Por lo tanto, los valores de medición de la estabilidad primaria no  
18 presentan diferencias significativas o bien si existe una diferencia significativa entre las mediciones  
19 realizadas por Osstell y Penguin, no tiene interés clínico. Además, la dirección de la medición con el  
20 dispositivo tiene una influencia sobre el valor medido de ISQ. Los valores de ISQ obtenidos tanto por  
21 Osstell que por Penguin en un sentido MD fueron mayores que las realizadas por BL (17) (25). Eso  
22 fue igualmente estudiado por Veltri y cols. (30) y Capek y cols. (31): la orientación de la medida suele  
23 tener una influencia y además, el ISQ es mayor cuando se mide en un sentido paralelo, es decir mesio-  
24 distal, a la cresta alveolar. Hasta ahora, no existe ningún estudio específico sobre la influencia de la  
25 dirección de medida realizada con el dispositivo Penguin lo que podría constituir una nueva línea de  
26 investigación. Norton y cols. (17) y Becker y cols. (14) destacaron que el sistema Penguin midió  
27 generalmente valores de ISQ más altos que el sistema Osstell, sin atribuir una explicación relevante.  
28 Por su lado, Buyukguclu y cols. atribuyeron más precisión al Osstell, mencionando que podría ser  
29 debido a un diseño diferente de los dispositivos (18).

30 La calidad ósea, el tipo, el diseño del implante y la técnica quirúrgica son factores que tienen una

1 influencia sobre la estabilidad primaria y esto fue ampliamente demostrado en la literatura  
2 (8)(11)(32)(33).

3 *CALIDAD ÓSEA:* Raz y cols. demostraron un mayor ISQ en implantes colocados en hueso denso  
4 (26). En otro estudio de Buyukguclu y cols. se demostró que los valores de ISQ obtenidos tanto por  
5 Osstell como por Penguin, suelen ser mayores cuando los implantes están colocados en lechos rígidos  
6 (18). Además, la presencia de una cortical aumenta el ISQ (27) como demostraron Díaz-Castro y cols.  
7 en hueso de tipo II en comparación con hueso de tipo III (28). Becker y cols. evidenciaron que un  
8 hueso de tipo I presenta un ISQ significativamente más alto en comparación con otros tipos de hueso  
9 menos densos (14). La calidad ósea tiene un impacto en los valores ISQ y por lo tanto es fundamental  
10 que el implantólogo evalúe la densidad ósea de forma individual en la planificación rehabilitadora (34).

11 *TIPO DE IMPLANTE:* Chárrivari-Prado y cols. atribuyeron los altos ISQ medidos sobre implantes  
12 *Essential Cone* a la zona cervical más ancha (25) (26). Cuando el implante se coloca en un hueso con  
13 cortical, su cuello progresivo al nivel de tejido favorece la osteointegración y por lo tanto presenta una  
14 menor micromovilidad. Sin embargo, en un hueso sin cortical, la presencia de este cuello progresivo  
15 no aumenta la estabilidad significativamente, siendo el implante tipo *Vega Implant* (sin cuello y al nivel  
16 óseo) el que presenta mayor estabilidad. Eshkol y cols. evidenciaron que el diseño del cuello del  
17 implante tenía una influencia sobre la estabilidad primaria. El día de la colocación, los implantes de  
18 cuello redondo presentaban valores de ISQ más altos que los de cuello triangular, pero esa diferencia  
19 se estabilizaba a las 6 semanas (27). Aunque el estudio de Chárrivari-Prado y cols. utilizó implantes  
20 que no difieren en el diseño del cuerpo del implante, otros autores mencionan que los implantes  
21 cónicos presentan mayor estabilidad primaria que los paralelos (14) (28). Esto demuestra que el macro  
22 diseño del implante es un factor que influye en la estabilidad primaria.

23 *LONGITUD Y CONEXIÓN DEL IMPLANTE:* Los implantes de mayor longitud tienen mayor  
24 estabilidad primaria (26). Esto concuerda con el estudio de Barikani y cols. que colocaron implantes  
25 de varias longitudes en un hueso de tipo I o tipo III y afirmaron que aumentar la longitud del implante  
26 sería una opción que permitirá conseguir mayor estabilidad primaria en hueso de baja calidad. Por el  
27 contrario, no será significativamente efectivo el aumento de longitud en hueso denso tipo I suponiendo  
28 que la alta densidad ósea permite alcanzar una alta estabilidad primaria, independientemente de la  
29 longitud del implante (9). Por otro lado, el aumento de la longitud no es siempre la solución efectiva  
30 para conseguir un aumento de la estabilidad. Ostman y cols. colocaron implantes de varias longitudes

1 en hueso blando. Los implantes de longitudes entre 8.5mm hasta 10mm permitieron aumentar la  
2 estabilidad, entre 10mm hasta 13mm no tenían efecto sobre la estabilidad y los implantes de 15mm  
3 hasta 18mm resultaron en una disminución de la estabilidad, debido al calentamiento producido por  
4 el fresado que se tenía que realizar para colocar los implantes largos (35). En otras palabras, el  
5 aumento de la longitud de los implantes dentales representa un papel fundamental en el aumento de  
6 la estabilidad primaria incluso en hueso de baja calidad, siempre y cuando se controle el fresado del  
7 lecho implantario. Acerca de la conexión, los implantes de conexión cónica externa presentaban  
8 siempre valores de estabilidad más altos, pero no significativamente en comparación con implantes  
9 de conexión hexagonal interna independientemente del tipo de hueso y longitud del implante (26). Raz  
10 y cols. admiten que se tendrían que realizar otros estudios para estudiar la influencia de la conexión  
11 sobre la estabilidad del implante.

12 *TRANSDUCTOR SmartPeg – MultiPeg:* Cada casa comercial recomienda el uso de su propio  
13 transductor, pero según Chávarri-Prado y cols., al realizar varias combinaciones, los valores ISQ  
14 presentan diferencias no significativas y el SmartPeg y el MultiPeg podrían ser intercambiados sin  
15 afectación significativa del ISQ (27). Según Herrero y cols., el uso de cada aditamento con su  
16 dispositivo es recomendable (3). La casa Penguin<sup>RFA</sup> afirma además que, aunque el uso de su  
17 dispositivo Penguin con el MultiPeg proporciona las mismas medidas que el Osstell con SmartPeg,  
18 los sistemas están calibrados para funcionar de manera correcta siguiendo las recomendaciones del  
19 fabricante (19). El fabricante Osstell subraya la importancia de utilizar el aditamento correcto o bien  
20 se corre el riesgo de obtener mediciones de ISQ erróneas (16). El SmartPeg, diseñado por la casa  
21 comercial Osstell está fabricado en aluminio y es de uso único. El MultiPeg de la casa Penguin está  
22 fabricado en titanio y es esterilizable. El fabricante Penguin<sup>RFA</sup> pone en relevancia que los materiales  
23 diferentes del SmartPeg y el MultiPeg son los responsables de las variaciones de los valores de ISQ  
24 (19). Además, el sistema Penguin parece presentar varias ventajas en comparación con el Osstell: al  
25 ser posible la reutilización del aditamento es un sistema más económico y ecológico, al no tener cable  
26 el dispositivo es más cómodo en su manejo y su pantalla permite una lectura más fácil (14)(18).

27 *TORQUE DE INSERCIÓN DEL TRANSDUCTOR:* Pelegrine y cols. (29) demostraron que el torque  
28 de inserción sube el ISQ. Cuando mayor es el torque de inserción, mayor es el ISQ. Se  
29 propusieron unos valores de torque mínimos necesarios para alcanzar una estabilidad correcta  
30 (ISQ>70), siendo 5 N/cm para el MultiPeg (Penguin) y 10N/cm para el SmartPeg (Osstell) lo que es

1 mucho menos probable de alcanzar correctamente colocando el aditamento manualmente. La  
2 colocación del MultiPeg puede realizarse manualmente, pero para el SmartPeg se recomienda la  
3 utilización de una llave inglesa digital permitiendo una colocación del aditamento de forma objetiva y  
4 precisa, controlando la fuerza aplicada. Este estudio realizado en 2020 es de momento el único acerca  
5 del valor de torque adecuado necesario para realizar una medición de ISQ con dispositivos de RFA.  
6 Sin embargo, Kästel y cols. (2019) evidenciaron que colocar manualmente los transductores  
7 SmartPeg permite unas medidas de ISQ relevantes. Solo se utilizó el dispositivo Osstell por lo que no  
8 debemos transferir esos resultados al Penguin y su aditamento respectivo, el MultiPeg (36).

9 Existe poca evidencia científica acerca del Penguin<sup>RFA</sup> comercializado en 2015. Para realizar una  
10 comparativa efectiva, se eligieron artículos que comparaban los dos dispositivos dentro del mismo  
11 estudio lo que limitó la base científica utilizable. Además, los estudios son muy heterogéneos en su  
12 diseño y comparan variables muy diferentes al mismo tiempo. En investigaciones futuras sería  
13 recomendable estudiar una variable específica con el fin de determinar precisamente cuales son las  
14 que tienen un impacto sobre el ISQ. Estas limitaciones se convierten en un reto para los investigadores  
15 y anima a realizar más estudios en este campo.

## 16 **5. CONCLUSIONES**

17 Los dispositivos Osstell y Penguin son relevantes para realizar la medición de la estabilidad primaria.  
18 Los valores de medición del ISQ obtenidos con los dos dispositivos no son significativamente  
19 diferentes o bien si existe una diferencia significativa, no tiene interés clínico.

20 Los factores que afectan a la estabilidad primaria son los siguientes: la calidad ósea, el tipo de  
21 implante, la longitud y conexión del implante, el transductor utilizado y el torque de inserción del  
22 transductor.

## REFERENCIAS

1. Bataineh AB, Al-Dakes AM. The influence of length of implant on primary stability: An in vitro study using resonance frequency analysis. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(1):e1-6.
2. Cervantes Haro N, Encabo Durán MJ, Calderín Pérez S, Aragonese Lamas JM. Factors influencing stability. Diameter and length. *Avances en Periodoncia*. 2014;26(1).
3. Herrero-Climent M, Falcão A, López-Jarana P, Díaz-Castro CM, Ríos-Carrasco B, Ríos-Santos JV. In vitro comparative analysis of two resonance frequency measurement devices: Osstell implant stability coefficient and Penguin resonance frequency analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019;21(6):1124-31.
4. Cadavid D, Duque L, Correa S, Buschang P, Roldán S. Miniimplant stability in Orthodontics. "Bone Biology and Biomechanics". 2014;27(2).
5. Wang Y, Zhang Y, Miron RJ. Health, Maintenance, and Recovery of Soft Tissues around Implants: Soft Tissues around Implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2016;18(3):618-34.
6. Huang H, Wu G, Hunziker E. The clinical significance of implant stability quotient (ISQ) measurements: A literature review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. 2020;10(4):629-38.
7. Falisi G, Severino M, Rastelli C, Bernardi S, Caruso S, Galli M, et al. The effects of surgical preparation techniques and implant macro-geometry on primary stability: An in vitro study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2017;22(2):e201-6.
8. Ivanova V, Chenchev I, Zlatev S, Mijiritsky E. Correlation between Primary, Secondary Stability, Bone Density, Percentage of Vital Bone Formation and Implant Size. *IJERPH*. 2021;18(13):6994.
9. Barikani H, Rashtak S, Akbari S, Badri S, Daneshparvar N, Rokn A. The Effect of Implant Length and Diameter on the Primary Stability in Different Bone Types. *J Dent*. 2013;10(5):449-55.
10. Guerra CO, Hernández PL, Morán LE. Evaluation of stability in dentals implants by means of resonance frequency analysis. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 2015;14(4):460-9.
11. Palaskar J, Joshi N, Shah P, Gullapalli P, Vinay V. Influence of different implant placement techniques to improve primary implant stability in low-density bone: A systematic review. *J Indian Prosthodont Soc*. 2020;20(1):11.
12. Lars Sennerby. Resonance frequency analysis for implant stability measurements. A review. 2015;1:1-11.
13. Gupta R, Padmanabhan T. Resonance frequency analysis. *Indian J Dent Res*. 2011;22(4):567.
14. Barikani H, Rashtak S, Akbari S, Fard MK, Rokn A. The effect of shape, length and diameter of implants on primary stability based on resonance frequency analysis. *Dent Res J*. 2014;11(1):87-91.
15. Clinical guidelines by Osstell [Internet]. Osstell®. [citado el 22 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.osstell.com/clinical-guidelines/>
16. Norton M. Resonance Frequency Analysis: Agreement and Correlation of Implant Stability Quotients Between Three Commercially Available Instruments. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019;34(1):215-22.
17. Buyukguclu G, Ozkurt-Kayahan Z, Kazazoglu E. Reliability of the Osstell Implant Stability Quotient and Penguin Resonance Frequency Analysis to Evaluate Implant Stability. *Implant Dent*. 2018;27(4):429-33.
18. Frequently Asked Questions [Internet]. Penguin RFA. [citado el 22 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://www.penguinrfa.com/support/faq/>
19. Satwalekar P, Nalla S, Reddy R, Chowdary S. Clinical evaluation of osseointegration using resonance frequency analysis. *J Indian Prosthodont Soc*. 2015;15(3):192.
20. Osseointegration and the ISQ-scale [Internet]. Penguin RFA. [citado el 22 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://www.penguinrfa.com/support/osseointegration/>
21. Romanos GE, Bastardi DJ, Kakar A, Moore R, Delgado-Ruiz RA, Javed F. In vitro comparison of resonance frequency analysis devices to evaluate implant stability of narrow diameter implants at varying drilling speeds in dense artificial bone blocks. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019;21(5):1023-7.
22. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000097.
23. Rafael Santamaría Olmo. Programa de Habilidades en Lectura Crítica Español (CASPe). *NefroPlus*. 2017;9(1):100-1.
24. Brouwers JEIG, Buis S, Groot PG, Laat B, Remijn JA. Resonance frequency analysis with two different devices after conventional implant placement with ridge preservation: A prospective pilot cohort study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2021;23(5):789-99.
25. Chávarri-Prado D, Brizuela-Velasco A, Diéguez-Pereira M, Pérez-Pevida E, Jiménez-Garrudo A, Viteri-Agustín I, et al. Influence of cortical bone and implant design in the primary stability of dental implants measured by two different devices of resonance frequency analysis: An in vitro study. *J Clin Exp Dent*. 2020:e242-8.
26. Díaz-Castro M, Falcao A, Lopez-Jarana P, Falcao C, Rios-Santos J, Fernandez-Palacin A, et al. Repeatability of the resonance frequency analysis values in implants with a new technology. *Med Oral*. 2019;0-0.
27. Eshkol-Yogev I, Tandlich M, Shapira L. Effect of implant neck design on primary and secondary implant stability in the posterior maxilla: A prospective randomized controlled study. *Clin Oral Impl Res*. 2019;30(12):1220-8.
28. Herrero-Climent M, Lemos BF, Herrero-Climent F, Falcao C, Oliveira H, Herrera M, et al. Influence of Implant Design and Under-Preparation of the Implant Site on Implant Primary Stability. An In Vitro Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(12):4436.
29. Pelegrine A, Kubo F, Salatti D, Teixeira M, Moshaverinia A, Moy P. Can Finger-Generated Force Be Used Reliably to Connect the Transducer for Resonance Frequency Analysis in Determining Implant Stability? *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2020;35(6):1141-8.
30. Raz P, Meir H, Levartovsky S, Peleg M, Sebaoun A, Beitlitum I. Reliability and Correlation of Different Devices for the Evaluation of Primary Implant Stability: An In Vitro Study. *Materials (Basel)*. 2021;14(19).

## TABLAS Y FIGURAS

**Tabla 1.** Evaluación del riesgo de sesgo de los artículos seleccionados mediante la guía CASPe para estudios de cohortes (23)

<b>PREGUNTAS DE ELIMINACION</b>	<b>Norton y cols. (2018)(16)</b>	<b>Chávarri-Prado y cols. (2020)(25)</b>	<b>Brouwers y cols. (2021)(24)</b>	<b>Raz y cols. (2021)(30)</b>	<b>Pelegrine y cols. (2020)(29)</b>	<b>Díaz-Castro y cols. (2019)(26)</b>
1. <i>¿El estudio se centra en un tema claramente definido?</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
2. <i>¿La cohorte se reclutó de la manera más adecuada?</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
3. <i>¿El resultado se midió de forma precisa con el fin de minimizar posibles sesgos?</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
4. <i>¿Han tenido en cuenta los autores el potencial efecto de los factores de confusión en el diseño y/o análisis del estudio?</i>	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
5. <i>¿El seguimiento de los sujetos fue lo suficientemente largo y completo?</i>	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
6. <i>¿Cuál es la precisión de los resultados?</i>	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
7. <i>¿Te parecen creíbles los resultados?</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
8. <i>¿Los resultados de este estudio coinciden con otra evidencia disponible?</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
9. <i>¿Se pueden aplicar los resultados en tu medio?</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

**Tabla 2. Características generales de los estudios revisados**

M: mujeres, H: hombres, S: semana, EC: estudio de cohortes, CC: conexión cónica, IH: hexágono interno, OM: Osstell Mentor, OIDX: Osstell IDX, PG: Penguin

Autor	Año	Tipo estudio	N° Edad (años)	Sexo (M/H)	N° implantes	Tipo de muestra ósea	Marca comercial Modelo	Seguimiento (meses)	Dispositivo utilizado (Osstell/Penguin)	Transductor (SmartPeg/MultiPeg)	Momento de medición (días/meses)	N° Dirección de las medidas (MD/BL)
<i>Norton y cols. (16)</i>	2018	EC	-	-	210	IN VIVO Humanos	Astra Tech Dentsply Sirona Implants TX y EV	3	- Osstell <sup>Mentor</sup> - Osstell <sup>IDX</sup> - Penguin <sup>RFA</sup>	- O <sub>M</sub> + SmartPeg - O <sub>IDX</sub> + SmartPeg - PG+ MultiPeg	- Día de la colocación - 3 meses	1260 MD y BL
<i>Chávarri-Prado y cols. (25)</i>	2020	EC	-	-	80	IN VITRO Bloques de poliuretano	Klockner Essential Cone (40) VEGA (40)	-	- Osstell <sup>IDX</sup> - Penguin <sup>RFA</sup>	- O <sub>IDX</sub> + SmartPeg - O <sub>IDX</sub> + MultiPeg - PG+ MultiPeg - PG+ SmartPeg	- Día de la colocación	320 -
<i>Brouwers y cols. (24)</i>	2021	EC	28 60.6	9 M 19 H	28	IN VIVO Humanos	BEGO Implant Systems Grade 4-titanium	4	- Osstell - Penguin <sup>RFA</sup>	- O+ SmartPeg - PG+ MultiPeg	- Día de la colocación - Día 10 - Semana 7 - Semana 17	- M/D y B/L
<i>Raz y cols. (30)</i>	2021	EC	-	-	96	IN VITRO Bloques de poliuretano	MIS, implant technologies IH Seven® CC C1®	-	- Osstell - Penguin <sup>RFA</sup>	- O+ SmartPeg - PG+ SmartPeg	- Día de la colocación	288 -
<i>Pelegriñe y cols. (29)</i>	2020	EC	100 21-65	-	100	IN VITRO Bloques de hueso sintético	IntraOss	12	- Osstell - Penguin <sup>RFA</sup>	- O+ SmartPeg - PG+ MultiPeg	- Día de la colocación	-
<i>Díaz-Castro y cols. (26)</i>	2019	EC	-	-	120	IN VITRO Hueso bovino (II y III)	Klockner Esencial Cone (30) KL standard (30) KL prototype (30) VEGA (30)	-	- Osstell - Penguin <sup>RFA</sup>	- O+ SmartPeg - PG+ MultiPeg	- Día de la colocación	1440 Perpendicular al transductor

**Tabla 3. Medición del ISQ mediante los dispositivos Osstell y Penguin.**

Nº: número, MD: mesio-distal, BL: bucco-lingual

Autor	Nº de implantes	Momento de medición	Dirección	Estabilidad primaria (ISQ)	
				Osstell	Penguin
<i>Norton y cols. (2018)(16)</i>	75	Día de la colocación	MD	72.35	71.91
			BL	69.19	69.27
	135	Inserción de la prótesis	MD	78.98	80.04
			BL	77.48	78.21
<i>Chávarri-Prado y cols. (2020) (25)</i>	80	Día de la colocación		65.66	64.91
<i>Brouwers y cols. (2021)(24)</i>	28	Día de la colocación	MD	78.2	77.5
			BL	76.8	75.8
		Día 10	MD	79.7	79.2
			BL	78.3	77.4
		Semana 7	MD	80.3	78.9
			BL	79.6	77.8
		Semana 17	MD	82.9	83.0
			BL	81.6	82.2
<i>Raz y cols. (2021)(30)</i>	96	Día de la colocación		65.08	63.95
<i>Díaz-Castro y cols. (2019)(26)</i>	120	Día de la colocación		68.55	67.70

**Tabla 4. Comparación del ISQ de acuerdo con la calidad ósea**

\* Según Lekholm & Zarb (4)

<i>Autor</i>	Tipo de Hueso	Densidad del hueso (g/cm <sup>3</sup> )	CORTICAL (g/cm <sup>3</sup> )	Estabilidad primaria (ISQ)	
				Osstell	Penguin
<i>Chávarri-Prado y cols. (2020)(25)</i>	Bloque de poliuretano CORTICAL	0.32	1.64	71.38	71.84
	Bloque de poliuretano SIN CORTICAL	0.32	-	59.96	57.98
<i>Raz y cols. (2021)(30)</i>	BLANDO	0.16	0.8	60.29	58.77
	DENSO	0.64	0.8	69.84	69.10
<i>Díaz-Castro y cols. (2019)(26)</i>	Hueso bovino TIPO II *	-	-	-	68.6
	Hueso bovino TIPO III *	-	-	-	67.97

**Figura 1.** Estabilidad del implante a lo largo del tiempo (4). Elaboración propia.

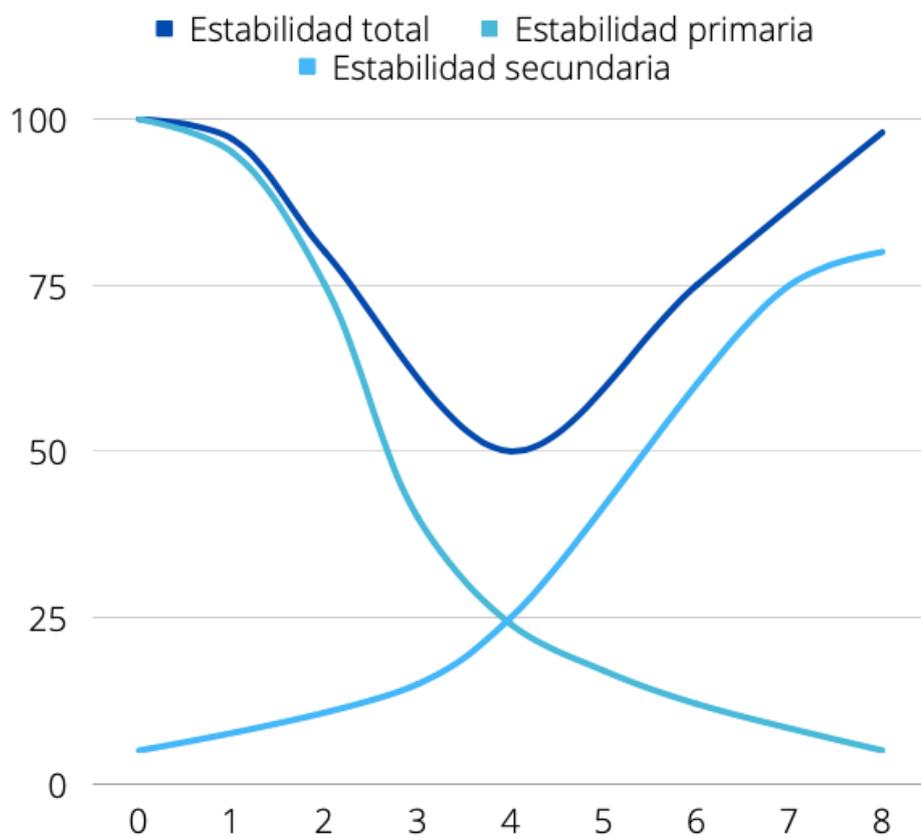
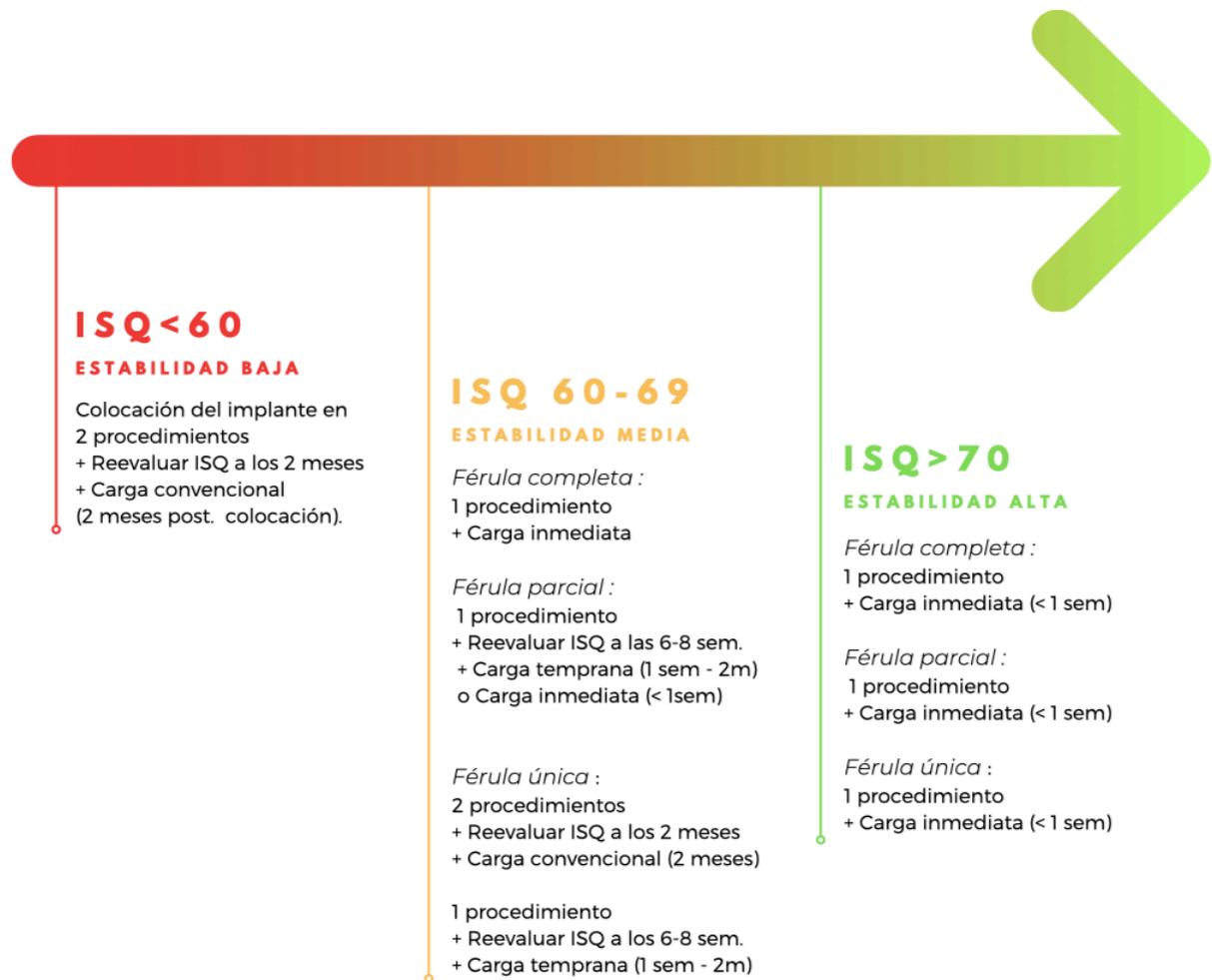


Figura 2. Escala de los valores ISQ (15). Elaboración propia.



**Figura 3.** Diagrama de flujo. Proceso de selección para la revisión sistemática, según las directrices PRISMA (22)

