

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**



**TESIS DOCTORAL**

**Fiabilidad de los registros oclusales intermaxilares obtenidos  
mediante sistemas digitales: estudio clínico transversal**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**Cristina Fraile Benítez**

Directores

**Guillermo Pradíes Ramiro  
Alberto Ferreiroa navarro  
Eneko Solaberrieta Méndez**

Madrid

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**



**FIABILIDAD DE LOS REGISTROS OCLUSALES  
INTERMAXILARES OBTENIDOS MEDIANTE SISTEMAS  
DIGITALES: ESTUDIO CLÍNICO TRANSVERSAL.**

---

**TESIS DOCTORAL**

Cristina Fraile Benítez

Directores:

**Prof. Dr. Guillermo Pradíes Ramiro  
Dr. Alberto Ferreiroa Navarro  
Dr. Eneko Solaberrieta Mendez**

**Madrid, 2019**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

Departamento de Odontología Conservadora y Prótesis  
Bucofacial



TESIS DOCTORAL

**FIABILIDAD DE LOS REGISTROS OCLUSALES  
INTERMAXILARES OBTENIDOS MEDIANTE SISTEMAS  
DIGITALES: ESTUDIO CLÍNICO TRANSVERSAL.**

---

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR PRESENTADA  
POR

Cristina Fraile Benítez

Directores

**Prof. Dr. Guillermo Pradíes Ramiro**

**Dr. Alberto Ferreira Navarro**

**Dr. Eneko Solaberrieta Mendez**

**Madrid, 2019**

D. Guillermo Jesús Pradíes Ramiro, Profesor Titular del Departamento de Odontología Conservadora y Prótesis Bucofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid,

CERTIFICA:

Que el trabajo de investigación "*Fiabilidad de los registros intermaxilares oclusales obtenidos mediante sistemas digitales: Estudio clínico transversal*", del que es autora Dña. Cristina Fraile Benítez, ha sido realizado bajo su dirección y supervisión, considerando que reúne las características para ser defendido ante un Tribunal para la obtención al Grado de Doctor.

*Y para que conste donde proceda, firmo el presente certificado.*

Madrid, a 3 de Junio de 2019.

Fdo. Guillermo Pradíes Ramiro

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría comenzar dando las gracias a los directores de esta investigación. Al Prof. Dr. Guillermo Pradiés, por su dedicación, enseñanzas y tiempo dedicado a este trabajo. Profesor de todo lo que he aprendido a lo largo de mi vida académica y profesional. Sin él este trabajo no hubiera visto la luz. Agradecerle el haberme dejado formar parte del equipo de investigación que lidera y todos los medios prestados para realizar este proyecto. Al Dr. Alberto Ferreira, por su constante apoyo y confianza, así como, por haber encontrado en él no sólo un ejemplo profesional a seguir sino también a un gran amigo. Al Prof. Eneko Solaberrieta, por los conocimientos prestados a este trabajo, tiempo dedicado al proyecto y su entera disponibilidad.

Me gustaría reconocer también a todos los miembros del equipo de investigación, que de diferentes formas han colaborado para realizar este proyecto. Gracias por haberme incluido en esta pequeña gran familia, en especial a la Dra. Raquel Alonso, gracias por haber compartido conmigo este camino que iniciamos desde hace más de 15 años.

A todos los compañeros con los que comparto mi labor profesional, a los compañeros de la UCM, UAX, a los compañeros de las distintas clínicas donde ejerzo mi profesión, a Alfonso, Liz, Cris y Delia, gracias a todos por enseñarme día a día.

A todas las personas que me apoyan y no dejan de creer en mí, a las niñas, los de siempre, los de Terreros. Gracias por hacerme la vida más fácil.

Y por último quiero dar las gracias a mi familia, a mis padres, por su incondicional apoyo, sacrificio y amor infinito, a mi Tío por no dejar nunca de cuidarme y a mis hermanas por ser ejemplos de superación profesional y personal. A mi madrina, porque le hubiese encantado.

## **A SUSANA Y ALMUDENA**

*Encaríñate con tu oficio, por pequeño que sea, y  
descansa en él. (Marco Aurelio)*



UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE  
MADRID

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS  
PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

D./Dña. CRISTINA FRAILE REVÍTEZ,  
estudiante en el Programa de Doctorado CIENCIAS ODONTOLÓGICAS,  
de la Facultad de ODONTOLÓGIA de la Universidad Complutense de  
Madrid, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y  
titulada:

FIABILIDAD DE LOS REGISTROS OCLUSALES INTERMAXILARES  
OBTENIDOS MEDIANTE SISTEMAS DIGITALES. ESTUDIO CLÍNICO  
TRANSVERSAL  
y dirigida por: GUILLERMO PRADIES, ALBERTO  
PERREIRO A. ENEKO OLABERRIETA

**DECLARO QUE:**

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Madrid, a 10 de Junio de 2019

Fdo.:

Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN – ABSTRACT.....</b>	<b>8</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>19</b>
I.I Antecedentes. Consideraciones previas.....	20
I.II Terminología y conceptos.....	21
I.III Impresiones y modelos convencionales.....	22
I.IV Oclusión y registros intermaxilares convencionales.....	25
I.V Digitalización de la oclusión. T-Scan. Escáneres extraorales e intraorales.....	38
I.VI Conceptos de exactitud y precisión.....	67
<b>II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>70</b>
II.I Justificación.....	71
II.II. Objetivos.....	75
<b>III. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>78</b>
III.I Diseño del estudio y selección de pacientes.....	79
III.II Procedimiento.....	81
III.III Recogida y almacenamiento de los datos.....	92
III.IV Análisis estadístico.....	99
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>102</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>116</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>134</b>

**VII. BIBLIOGRAFÍA.....137**  
**VIII. ANEXOS.....145**

# ***RESUMEN-ABSTRACT***

## **ABSTRACT**

### **KEYWORDS**

Occlusal contacts, articulating paper, intraoral scanner, extraoral scanner, T-Scan III.

### **INTRODUCTION**

During the last 10 years, digital impressions obtained using chairside intraoral scanners have been increasingly implemented.

This information is based on the use of maxillary and mandibular digital models in STL format (Standard Triangle Language). In order to obtain a correct interocclusal spatial position of these files, reference points processed with a mathematical algorithm is required.

Occlusal contacts and stability are known to be one of the most important factors influencing the restoration of the dentition. The development of digital methods of recording occlusal contacts, like the T-Scan III, has shown a promise as a means by which dentistry can be made more comfortable, faster and possibility of higher quality (5)

Traditionally, articulating paper with different thicknesses and shim stock (8-micron aluminium foil) are usually adopted as a standard, to analyse the occlusal contacts in plaster models or directly in patients. According to the reviewed literature, the occlusal tactile sensibility for natural teeth can be as low as 8-10  $\mu\text{m}$ , thus the 8  $\mu\text{m}$  articulating paper, better than

other thicknesses as 40 or 200  $\mu\text{m}$ , is frequently considered as the gold standard to detect interocclusal contacts.

The aim of the present cross-sectional study was to compare the interocclusal contact records by intra- and extraoral digital scanners, T-scan III system and by conventional method directly in patients (articulating paper 8, 40, 200  $\mu$  and shim stock) and in plaster models.

## **MATERIAL AND METHODS**

### **Subjects**

Twenty five healthy volunteers [5 men and 20 women]. The inclusion criteria of this cross-sectional study were: not missing teeth not need for dental treatments, not dental restorations, occlusal stability, not bruxism patients and minimal or not occlusal wear. The presence of temporomandibular joint disorders, anterior or posterior open bite and not to sign the informed consent were considered as exclusion criteria. Ethical approval was granted by the Ethics Committee (16/273-E. Hospital Clínico San Carlos) from the Faculty of Dentistry, Complutense University of Madrid. All volunteers provided an informed consent.

- Control group.

To determine the physical occlusal contact location, patients were asked to occlude in maximum intercuspation on an 8-micron articulating paper (8 $\mu$  Arti-Fol, Dr.Jean Bausch GmbH & Co.). A variety of intraoral

photographs were taken to analyse the data. The contacts marks on the photograph were the standard for this study.

As well, from every patient, contacts were located with a 40, 200  $\mu$  articulating paper and with the shim stock.

- Plaster models

Later on, for every patient, a single step double mix silicone consistency (Virtual, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) impression were taken and were poured in type IV plaster (Fujirock, GC Europe, Leuven, Belgium). Then, after using the facebow, upper and lower models were mounted in a semi-adjustable articulator in maximal intercuspal position (Stratos 300, Ivoclar Vivadent). Contacts were located with an 8 micron articulating paper and a variety of pictures were made to analyse the data. Also contacts were determined with the shim stock.

- Digital group.

Digital impressions of the upper and lower complete arches, as well as two interocclusal vestibular record from every patient, were made with the intraoral scanner TRIOS (Trios Standard, Phibo, 3 Shape), according to the manufacturer instructions and recommendations. This information was stored for further analysis.

Afterwards, plaster models were scanned with an extraoral scanner (Zfx Evolution, Zimmer Biomet Dental, Inc. Ca, USA), and the upper and lower models, were aligned with the lower intercuspatation position in order to

analyse and compare the occlusal contacts. (Zfx Manager, Design Cad 6.0)

Finally all T-Scan III records were made in a maximum intercuspitation position and stored for further analysis.

### **Statistical Analysis**

Two previously trained and calibrated examiners independently recorded the interocclusal contacts of all the different groups, classifying them in a dichotomy variable (yes/no) contact or not per tooth, regardless of the amount of surface or intensity of contact. To quantify or classify a contact as an occlusal contact, two examiners registered the contacts at the first moment that an occlusal colour mark can be optically visualized. All data were stored and analysed using SPSS 19.00 software for Mac (IBM).

Descriptive results expressed for each type of interocclusal records were analysed using a Pearson's chi-squared test and Cohen's kappa coefficient. Subsequently, the diagnostic tests (sensitivity, specificity, predictive values for positives and negatives) as well as COR curve were performed.

### **RESULTS**

When gold standard contacts (articulating paper contacts group) registered by two examiners were compared, Kappa interrater index, was 70,6%. This agreement was considered as '*better*'.

When the interoperator Kappa index was performed (8 micron articulating paper contacts group was the gold standard), greatest agreement, within conventional group, was obtained in intraoral contacts group with 40 micron articulating paper (73.5%, *Better* agreement) and the worst value, in plaster models contacts group with the shim stock (52.3%, *Moderate* agreement). Within the digital group the greatest agreement was obtained by comparing it with intraoral scanner group (56.1%, *Moderate* agreement) and the worst with T-Scan III group (29.9%, *Low* agreement).

Regarding diagnostic tests results, sensitivity results were between 70.7% and 98.5%, obtaining the lowest sensitivity values in extraoral shim stock group and highest values in the intraoral contacts group with 40 microns articulating paper (98.5%), intraoral contacts group with 200 microns articulating paper intraoral (98.16%) and T-Scan III (98.16%). Specificity results range from 24.45% to 85.89%. Highest specificity values were obtained by intraoral shim stock (85.89%) and extraoral shim stock (84.61%) groups and lowest values were obtained in T-Scan III digital group (24.35%). Positive predictive results range from 81.90 to 95.75%; being highest value for the intraoral shims tock. Finally, highest negative predictive value results were obtained in the 40-micron intraoral paper group (92.98%).

COR curve results shown highest values in the intraoral shim stock group (0.885) and lowest values were presented by the T-Scan III group (0.613).

## **CONCLUSIONS**

Within the limitations of the present study, results suggest greater reliability to record occlusal contacts with the conventional methods using the intraoral shim stock and with digital methods using the intraoral scanner.

## **RESUMEN**

### **PALABRAS CLAVE**

Contactos oclusales, papel articular, escáner intraoral, escáner extraoral, T-Scan III.

### **INTRODUCCIÓN**

En odontología restauradora, la estabilidad oclusal es uno de los factores más influyentes para lograr el éxito. El desarrollo de los nuevos sistemas digitales, como el uso de los escáneres intraorales, escáneres extraorales y sistemas capaces de registrar los contactos oclusales, como el sistema electrónico de análisis oclusal "T-Scan III", se muestran prometedores en acortar los tiempos de trabajo, ofrecer procedimientos más confortables y mejorar la calidad de éstos.

Tradicionalmente, el estándar para analizar los contactos oclusales es el papel articular de diferentes grosores, y el shim stock (papel de aluminio de 8 micras). Según la literatura científica revisada, consideramos el

papel articular de 8 micras (mejor que el de 40 o 200 micras) el gold estándar para detectar los contactos oclusales.

El objetivo principal de este estudio transversal es comparar los contactos oclusales registrados intraoralmente, con metodología analógica, (papel articular de 8, 40, 200 micras y shim stock) y extraoralmente, en los modelos de yesos dentales, con los contactos oclusales obtenidos por los sistemas digitales (escáner intraoral, escáner extraoral y sistema de análisis oclusal T-Scan III).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### Sujetos

Se seleccionaron 25 pacientes. Los criterios de inclusión fueron: no ausencias dentarias, estabilidad oclusal, no necesidad de tratamientos dentales y ausencia o mínima presencia de desgastes dentarios. La presencia de patología temporomandibular, mordidas abiertas anteriores o posteriores, o no firmar el consentimiento informado fueron los criterios de exclusión. Se aceptó por parte del comité ético (16/273-E. Hospital Clínico San Carlos) la ejecución de este estudio.

- Grupo Control.

Se identificaron los contactos oclusales intraorales con el papel articular de 8 micras (8 $\mu$  Arti-Fol, Dr.Jean Bausch GmbH & Co.), en una posición de máxima intercuspidadación. Se realizaron fotografías para almacenar la información. Este grupo fue el estándar en este estudio.

Además, los contactos oclusales se localizaron con el papel articular de 40 y 200 micras y con el shim stock.

- Modelos de escayola

Se obtuvieron unos modelos a partir de unas impresiones convencionales. Se montaron los modelos (en una posición de máxima intercuspidad) en un articulador semiajustable (Stratos 300, Ivoclar Vivadent). Los contactos oclusales se localizaron con el papel articular de 8 micras y con el shim stock.

- Grupo Digital.

Se realizaron unas impresiones intraorales digitales, con el escáner intraoral Trios (Trios 2 Color, Phibo, 3 Shape), siguiendo las recomendaciones del fabricante. Posteriormente, los modelos de escayola se escanearon con el escáner extraoral (Zfx Evolution, Zimmer Biomet Dental, Inc. Ca, USA). Por último, se realizaron todos los registros con el sistema de análisis oclusal T-Scan III. Se almacenaron todos los archivos para su posterior análisis.

### **Análisis Estadístico**

Dos examinadores, previamente calibrados, anotaron los contactos oclusales de todos los grupos, clasificándolos en una variable dicotómica (contacto o no por diente). Toda la información se analizó, con el programa informático SPSS 19.00 para Mac (IBM).

Los resultados se analizaron mediante test de Chi cuadrado de Pearson. A continuación se efectuó el índice de concordancia Kappa de Cohen con los datos obtenidos del operador 1 versus operador 2, analizándose el acuerdo Intraoperador. Posteriormente, se efectuó el índice de concordancia Kappa de Cohen utilizando el grupo de los contactos oclusales intraorales (papel articular de 8 micras), como gold estándar, y el resto de los grupos de contactos como test. Se analizó el acuerdo interoperador. Por último, se realizaron las pruebas diagnósticas y la curva COR.

## **RESULTADOS**

El índice de Kappa intraoperador fue de 70,6% (acuerdo "Bueno"). Cuando se realizó el índice de Kappa interoperador (siendo el gold estándar los contactos intraorales con el papel articular de 8 micras) el mayor acuerdo, se obtuvo en el grupo de contactos intraorales con papel de 40 micras (73,5%, acuerdo *Bueno*). Dentro del grupo digital se obtuvo el mayor acuerdo comparándolo con el grupo de contactos con escáner intraoral (56,1%, acuerdo *Moderado*) y el peor con el grupo del T-Scan III (29,9%, acuerdo *Bajo*)

En cuanto a los resultados de las pruebas diagnósticas, se obtuvieron unos resultados de sensibilidad entre 70,7% y 98,5%, obteniendo el mejor resultado en el grupo de papel articular de 40 micras intraoral (98,5%). Los resultados de especificidad oscilan entre el 24,35% y el 85,89%. El valor más alto, lo obtuvo el grupo de shimstock intraoral (85,89%). Se

obtuvieron unos resultados de valor predictivo positivo entre el 81,90% y el 95,75%; siendo el valor más alto para el grupo de shimstock intraoral. Por último, se obtuvieron los resultados de valor predictivo negativo más altos en el grupo de papel 40 micras intraoral (92,98%). Los resultados de la curva COR, muestran los mejores valores en el grupo de shim stock intraoral (0,885) y el peor el grupo de T-Scan III (0,613).

## **CONCLUSIONES**

Con las limitaciones que presenta este estudio, dentro de los métodos convencionales, el grupo que registra los contactos oclusales con mayor fiabilidad es el grupo del shim stock intraoral y dentro de los sistemas digitales es el uso del escáner intraoral.

# ***I. INTRODUCCIÓN***

## **I. ANTECEDENTES. CONSIDERACIONES PREVIAS.**

Obtener una estabilidad oclusal o unos contactos oclusales funcionales, es uno de los principales factores de éxito a la hora de realizar tratamientos odontológicos, en las distintas áreas de especialización, como en implantología, prostodoncia u ortodoncia.

Tradicionalmente, los contactos oclusales se analizaban y definían en los modelos de yeso, superiores e inferiores, montados en articulador mediante distintos registros intermaxilares. Este método se considera como gold estándar en la práctica diaria, a pesar de presentar distintas limitaciones como, ser una técnica sensible a los distintos materiales utilizados en el proceso, limitación de almacenamiento de los casos y limitación de los movimientos mandibulares de los modelos articulados.

(1)

Con la incorporación de las nuevas tecnologías en la clínica odontológica, como el uso de escáneres intraorales, escáneres extraorales o sistemas digitales de análisis oclusal (T-Scan III) muchas de las limitaciones presentadas con los métodos analógicos pueden ser solventadas. Diversos estudios, presentan resultados muy similares de precisión cuando comparan las impresiones intraorales digitales con las impresiones de materiales elastómeros convencionales (2,3). La integración de estos sistemas digitales en la práctica clínica diaria parece ser prometedora, a pesar de presentar distintas limitaciones y ser necesario evaluar y validar con estudios clínicos, la fiabilidad del

proceso de captación de los contactos oclusales generados por los sistemas digitales.

## **I.II OCLUSIÓN. CONCEPTOS. TERMINOLOGÍA BÁSICA.**

De acuerdo con la 8ª edición del Glosario de Términos de Prostodoncia, Oclusión se define como la relación estática entre las superficies oclusales e incisales de los dientes maxilares o mandibulares con sus dientes antagonistas (4).

La posición de máxima intercuspidad se define como aquella posición independiente de la posición condilar en la que existen un mayor número de contactos entre los dientes maxilares y mandibulares (5). En Odontología, se entiende por oclusión la relación de los dientes maxilares y mandibulares cuando se encuentran en contacto funcional durante la actividad de la mandíbula (6).

Los contactos oclusales son producidos cuando los dientes mandibulares entran en contacto con los dientes maxilares (7). Cuando se generan las fuerzas de la masticación en la posición de máxima intercuspidad, se pueden producir dos tipos de contactos interocclusales, los producidos por las cúspides palatinas superiores y las cúspides vestibulares inferiores; llamadas cúspides activas y los producidos por las cúspides vestibulares superiores y las cúspides linguales inferiores; llamadas cúspides no activas (8).

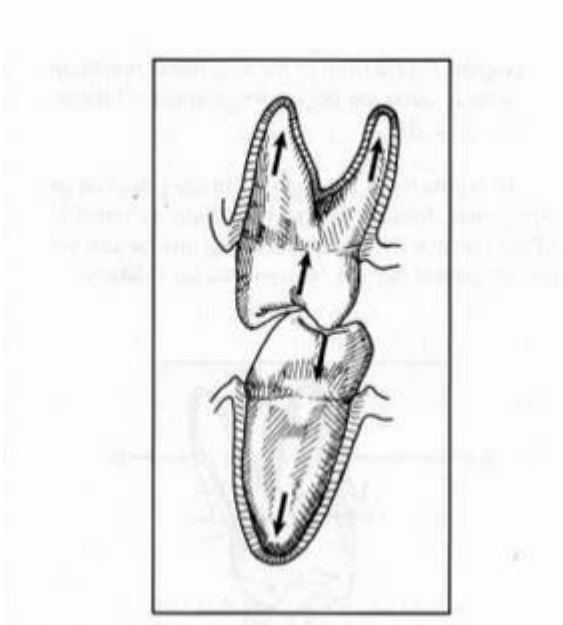


Fig. 1 Esquema de los diferentes tipos de contactos oclusales (6).

Los contactos oclusales estables producidos en máxima intercuspidadación se generan basándose en un tripoidismo cúspide-fosa o cúspide-cresta marginal a lo largo del eje axial de los dientes (9).

Entender la oclusión es importante para el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de las patologías dentarias y para realizar cualquier tipo de tratamiento restaurador (10,11).

### **I.III IMPRESIONES Y MODELOS CONVENCIONALES.**

Tradicionalmente, el flujo de trabajo protésico, comienza con la realización de unos modelos de escayola que se obtienen a partir de unas impresiones intraorales convencionales. Los modelos dentales se pueden utilizar para confeccionar distintos tipos de restauraciones

(prótesis removibles, prótesis fijas o prótesis sobre implantes) o como modelos diagnósticos o de estudios en ortodoncia, cirugía y prótesis (12-15).

Como se ha comentado anteriormente, lo primero es realizar unas impresiones intraorales para poder positivarlas y conseguir los modelos dentales de escayola. Las impresiones se pueden realizar utilizando distintos tipos de materiales. Se pueden clasificar en función de su comportamiento mecánico, en:

-Materiales rígidos, como la escayola, actualmente en desuso para realizar impresiones intraorales en el campo de la prostodoncia.

-Materiales elásticos: a su vez se pueden dividir en:

- Materiales acuosos: hidrocoloides reversibles (agar, actualmente en desuso), e hidrocoloides irreversibles (alginato).
- Materiales no acuosos: poliéteres, polisulfuros, siliconas de condensación y materiales de polivinilsiloxanos (siliconas de adición). (16)

Para poder realizar las impresiones intraorales es necesario el uso de unas cubetas. Se pueden clasificar, en función del material de confección, en metálicas o plásticas, y en función de su forma, en estandarizadas o cubetas rígidas individualizadas. Para poder decidir qué tipo de material, cubeta o procedimiento se va a utilizar es

necesario conocer la precisión que necesite el resultado final. La Asociación Dental Americana (especificación 19) declaró que los materiales elastómeros utilizados en las impresiones para la fabricación de modelos dentales precisos, deben de reproducir detalles de al menos 25 micras o menos. Si el objetivo de la impresión es diferente, como por ejemplo un modelo antagonista, el nivel de precisión puede ser menor, pero este dato es una cifra correcta para poder compararlo con los sistemas emergentes (17).

Otro factor que puede influir en la fabricación de unos modelos dentales precisos, son los materiales compuestos de escayola usados para positivar las impresiones intraorales. Estos materiales poseen menor capacidad de reproducción de detalles que los materiales utilizados en la toma de impresiones. La ADA declaró que los materiales de escayola utilizados para la fabricación de modelos precisos deben de registrar detalles de al menos 50 micras (18). A parte de estos valores de precisión cuantificables innatos de los materiales, la técnica de impresión y del vaciado va a influir en la precisión final, así como el tipo de cubeta utilizada (17).

En función del tipo de procedimiento odontológico que se va a realizar se necesita un nivel de precisión mayor o menor. Este flujo de trabajo tradicional se ha validado a lo largo de los años, a pesar que se conocen que los materiales de impresión pueden sufrir cambios dimensionales y los materiales compuestos de escayola debido a

reacciones químicas secundarias sufren procesos de expansión (19). Estos cambios dimensionales, van a influir en la obtención de unos modelos dentales fiables, debido a ello, pueden existir desajustes de las restauraciones realizadas o fallos en la consecución de unos registros intermaxilares precisos. Actualmente, el uso de las nuevas tecnologías está empezando a ganar popularidad en el ámbito diario. Los escáneres intraorales o escáneres extraorales, van a permitir obtener unos modelos virtuales fiables y a partir de ellos confeccionar restauraciones y/o modelos físicos (tanto mecanizados como producidos por impresión 3D). La información que se recoge durante la toma de impresiones va a repercutir en el resto del proceso, es decir, la impresión intraoral es el primer paso del flujo de trabajo y cualquier error registrado en esta fase va a influir en el resto de los pasos (17).

#### **I.IV OCLUSIÓN Y REGISTROS INTERMAXILARES CONVENCIONALES NO DIGITALES.**

La posición más comúnmente utilizada en la práctica clínica diaria es la posición de máxima intercuspidad. Es la posición más fácil de registrar e identificar, cuando el paciente tiene estabilidad oclusal y el número de piezas dentales son suficientes. Es la posición de máxima estabilidad de la mandíbula (20).

Para tener una información lo más realista de la situación maxilomandibular del paciente, es necesario que los modelos de yeso se monten en un articulador semiajustable (21,22). Este proceso de montaje puede introducir errores adicionales al resultado final. La literatura científica muestra, que si los modelos superiores y los modelos inferiores presentan un buen "engranaje", es decir, una buena intercuspidación entre ellos y existen unos contactos oclusales tripódicos y estables, lo más fiable es montar los modelos inferiores en el articulador con la mano, sin la utilización de ningún registro interoclusal, ya que éste puede introducir un error adicional al proceso (17,23). Para ello es necesario que los modelos inferiores se encuentren en una posición reproducible y estable con los modelos superiores, existiendo una estabilidad horizontal y un tripoidismo vertical que proporcione un adecuado soporte, para el correcto montaje. Durante el montaje de los modelos es necesario que exista un tripoidismo vertical para evitar el balanceo de los modelos y una estabilidad horizontal para evitar una translación de ellos. Estas dos condiciones se presentan cuando existe una correcta intercuspidación entre las arcadas superiores e inferiores. Si existen estas dos condiciones, diferentes autores recomiendan montar los modelos de yeso sin el uso de registros interocclusales, es decir, directamente con la mano.

Los registros interocclusales son utilizados principalmente cuando no existe una adecuada estabilidad horizontal. Normalmente, el paciente que

acude a la consulta demandando un tratamiento rehabilitador, no presenta una adecuada intercuspidad de sus piezas remanentes, por lo que el uso de este tipo de registros interoclusales va a ser necesario (24).

Para poder realizar un correcto registro intermaxilar, el material debe presentar las siguientes características:

- Estabilidad dimensional. Al posicionar el material entre las arcadas debe ofrecer poca resistencia para evitar el desplazamiento de los dientes remanentes o desviaciones de la mandíbula. Cuando se retire el material de la cavidad oral debe ser rígido para evitar cambios dimensionales.
- Biocompatible.
- Debe de ser verificable.
- Preciso. Es necesario que registre correctamente las superficies oclusales e incisales.
- Facilidad de manejo (9,24,25).

A lo largo de los años, se han utilizado diversos materiales para realizar los registros intermaxilares, como, diferentes tipos de ceras dentales (ceras para el registro oclusal), resinas acrílicas, materiales elastómeros (siliconas y poliéteres), pastas zinquenólicas y escayolas (24,26). A la

hora de realizar un registro interoclusal, no sólo influye el material que se va a utilizar sino la técnica empleada por el operador (24).

La sensibilidad y la especificidad de las técnicas empleadas para el análisis oclusal dependen del grosor, elasticidad y resistencia de los materiales utilizados para el registro oclusal, así como del medio oral donde se emplean y la interpretación del clínico operador.

Se han descrito, en la literatura científica, dos metodologías diferentes para el análisis de las relaciones oclusales, son:

- Métodos cualitativos, donde sólo se puede determinar la localización del punto del contacto oclusal. La intensidad de los contactos oclusales no se puede evaluar a pesar de que se puede realizar una estimación, poco precisa, observando la oscuridad de las marcas oclusales. Tampoco se puede analizar la secuencia temporal de los contactos oclusales. Dentro de este grupo se encuentran, el papel articular, papel de aluminio (shim stock), materiales elastómeros y ceras para el registro oclusal.

- Métodos cuantitativos, con los que se pueden analizar, además de la localización y número de los contactos oclusales, la secuencia temporal y la densidad o intensidad de éstos. Los ejemplos más representativos de este grupo son, la foto-oclusión y el T-Scan (Tekscan Inc., Boston, Mass.) (27,28).

## **MATERIALES Y TÉCNICAS EMPLEADAS EN PASADO Y PRESENTE PARA DETERMINAR LOS CONTACTOS OCLUSALES:**

A continuación, se describe un listado de diversos materiales y técnicas que se han utilizado y se utilizan para analizar los contactos oclusales:

1. Alginato de impresión.
2. Láminas de papel de aluminio o metálico (Shim stock).
3. Silicona de impresión, silicona pesada y silicona negra.
4. Cintas de máquina de escribir (como papel articular).
5. Tiras de acetato transparente.
6. Ceras dentales.
7. Papel de cera de articular.
8. Tiras de seda.
9. Pasta indicadora de puntos de presión
10. Sprays de oclusión
11. Foto-oclusión
12. Sonografía oclusal

### **1. Material de impresión de alginato:**

En 1972, Ingervall, describió una técnica en la que se aplicaba el alginato (material de impresión) sobre las superficies oclusales de los dientes posteriores (incluyendo al canino), para registrar el número y la localización de los contactos dentarios (24,27). Además, en 1990, Koriath, evaluaba los contactos oclusales en máxima intercuspidadación (número y localización) utilizando un hidrocoloide irreversible como el alginato. (29)

## **2. Láminas de papel de aluminio o metálico (Shim stock).**

El shim stock es un papel de aluminio, de 8 milímetros de ancho por 5 mm de alto y 8 micras de grosor. Este método es uno de los indicadores de contactos oclusales más finos que se describen en la literatura científica. Para poder determinar si existe un contacto oclusal con este método, es necesario posicionar la tira de aluminio sobre el diente a evaluar. El paciente al ocluir en una posición de máxima intercuspidadación, si el diente evaluado sostiene la tira metálica se considera que existe un contacto oclusal. El examinador, analizando diente a diente puede identificar los contactos oclusales de toda la arcada (27,28).

Una variante del shim stock, es otro tipo de tiras metálicas, a las que se le combinan las propiedades colorantes del papel articular (Bausch Artifoil, Bausch articulating paper Inc, Nashua, NH, USA). Poseen 12 micras

de grosor y permiten al examinador visualizar la marca dejada por el contacto oclusal (27). Las limitaciones que presenta este método es que es un indicador oclusal no cuantitativo, es decir, no se puede cuantificar la fuerza de los contactos oclusales ni la secuencia temporal de éstos. Si se quiere localizar un contacto prematuro no se puede identificar con suficiente precisión y el clínico debe de realizar una interpretación subjetiva de los contactos oclusales (25).

### **3. Silicona de impresión, silicona pesada y silicona negra:**

Durante muchos años el poliéter y las siliconas de adición, se han utilizado como materiales de registro oclusal intraoral. Estos materiales presentan muy buenas propiedades, como: alta estabilidad dimensional, excelente capacidad de cobertura intraoral y alta reproducción de detalles (25).

En 1986, Durbin y Sadowsky, describieron un tipo de poliéter de impresión, con el que evaluaban los contactos intermaxilares antes y después de un tratamiento de ortodoncia. Se pueden analizar los contactos cuando se ha transferido este registro a los modelos montados en el articulador (24).

Además, en la literatura científica, se puede encontrar el uso de silicona pesada para registrar los contactos oclusales. Los contactos se identifican como perforaciones en la propia silicona (30,31).

En 1993, Takai y colaboradores, utilizan una "silicona negra" (G.C. Dental Industrial Corp.) para el análisis de los contactos oclusales. Al igual que en la silicona pesada, los contactos se identifican como perforaciones o zonas translúcidas (32).

Las limitaciones que presenta este material están relacionadas con distintas propiedades como: fluidez, estabilidad dimensional, hidrofobicidad (repelen la saliva), expansión térmica, y son materiales sensibles a las capacidades del clínico, en su manejo y mezcla de componentes (25).

#### **4. Cintas de máquina de escribir:**

En 1979, Ziebert y Donegan, en su estudio utilizan unas cintas de máquina de escribir (similares al papel articular) para identificar los contactos oclusales. Además identifican las interferencias en los ajustes oclusales que realizan a los pacientes (30).

#### **5. Tiras de acetato transparente:**

En 2002, Davies y colaboradores, introducen una nueva metodología para identificar los contactos oclusales. La denominan "técnica del esquema oclusal" (*occlusal sketch technique*). Esta técnica consiste en

dibujo de acetato que representa un esquema de las superficies oclusales de los dientes posteriores, de las caras palatinas de los dientes anterosuperiores y las caras vestibulares de los dientes anteroinferiores. El objetivo de esta técnica es obtener de forma precisa y simple unos registros para transferir y registrar la información de la localización de los contactos oclusales. Además también se puede utilizar por los técnicos de laboratorio a la hora de realizar los montajes de los modelos y para realizar restauraciones indirectas (27).

## **6. Ceras:**

Philip Ptaff, en 1756, realizó el primer registro interoclusal fabricado con ceras naturales (25).

Las ceras termoplásticas son uno de los métodos más utilizados para registrar los contactos oclusales o transferir la posición maxilomandibular. A lo largo de los años ha existido mucha controversia a la hora de utilizar las ceras dentales como método para el registro interoclusal. A pesar de ello, actualmente sigue siendo uno de los materiales más usados, esto es debido a su bajo coste y fácil manipulación (24).

Se pueden encontrar distintos tipos de ceras dentales indicadas para el registro oclusal. Es necesario conocerlas para realizar un correcto uso, ya que cada una presenta propiedades muy diferentes, por ejemplo en la rigidez.

Es importante que las ceras que se utilizan para la toma de registros intermaxilares, tengan una rigidez adecuada para no presentar deformaciones, pero a la hora de colocarse sobre las superficies oclusales no ofrezcan mucha resistencia, ya que la oclusión puede distorsionarse (26).

Las tiras de ceras, se han utilizado para: registrar la relación estática interoclusal, identificar los contactos oclusales en máxima intercuspidad, verificar las guías en los movimientos excursivos, identificar el primer contacto (prematuroidades) durante el cierre en una posición de relación céntrica, evaluar la calidad de los movimientos mandibulares y demostrar el desgaste dentario (25).

Como desventajas del uso de las ceras para registros oclusales, distintos autores relatan la inexactitud y los problemas de manipulación del material (24,27). Diversos estudios han demostrado que las ceras dentales, como material de registro interoclusal, cuando se compara con otros materiales, es definitivamente inferior, inexacta e inestable y se pueden producir con más frecuencia distorsiones en dirección vertical (24).

## **7. Papel articular:**

El papel articular es uno de los métodos más frecuentemente usados para localizar los contactos oclusales. Estos papeles dejan una marca o mancha de tinta sobre las superficies oclusales en las que se les

posiciona. El punto de color que dejan está relacionado con la anchura, grosor y tinte del papel articular. El examinador o profesional interpreta estas marcas para realizar los ajustes oclusales. Para evaluar la intensidad de los contactos el clínico analiza el área o saturación del color dejado por el papel articular (25).

Los papeles articulares están recubiertos por una serie de pigmentos, ceras o aceites. La mayoría de estos compuestos son hidrofóbicos, por lo que es necesario eliminar la saliva (compuesta en su mayoría por agua) de las superficies oclusales para realizar un correcto análisis.

Se realizan interpretaciones sobre la intensidad de los contactos, es decir, si se observa una marca más oscura se interpreta como contacto intenso.

Este método de análisis oclusal presenta una serie de ventajas, como: bajo coste, fácil manipulación, observación en el momento de los contactos oclusales y ofrecen poca resistencia al cierre mandibular (33).

Las desventajas que se pueden enumerar son, que, al contacto con la saliva el papel se deshace, en varios actos de oclusión pueden aparecer perforaciones y si se utilizan papeles articulares más gruesos éstos pueden generar fácilmente falsos positivos (27,28). Se realiza una interpretación subjetiva de las marcas o áreas de tinta que dejan estos papeles, la cual se relaciona con la cantidad de fuerza oclusal, a pesar de que existe literatura científica que concluye que no existe una

relación lineal entre la marca dejada por el papel articular y la cantidad de fuerza aplicada sobre él (25)

## **8. Tiras de seda:**

Diversos autores, han descrito el uso de tiras de seda (Bausch articulating silk, 80 microns, Bausch articulating paper Inc, Nashua, NH, USA.) para localizar los contactos oclusales, concluyendo que es uno de los mejores métodos para realizar el análisis oclusal. Las tiras están compuestas por una seda natural, que presentan unas fibrillas con una matriz proteica en forma de tubo, las cuales pueden almacenar una gran cantidad de color. Presentan como ventajas que es un material muy flexible, por lo que se adaptan correctamente sobre las superficies oclusales, poseen una gran resistencia al desgarramiento y un bajo espesor, por lo que generan manchas de tinta muy precisas. Los inconvenientes que presenta este material es que al igual que el papel articular se ve afectado por la saliva de la cavidad oral y que superficies con presencia de saliva pierden su capacidad para marcar los contactos oclusales (27,28).

## **9. Pasta indicadora de puntos de presión:**

Es un material de consistencia líquida con colorantes utilizado para el estudio de los contactos oclusales (Arti-spot, Bausch articulating paper

Inc, Nashua, NH, USA). Este método consiste en aplicar el líquido sobre las superficies oclusales a estudiar con la ayuda de un cepillo. Posteriormente se genera una fina capa (3 micras) de color sobre la que el paciente ocluye. Para analizar los contactos hay que observar las áreas de no color, es decir, el contacto existente va a destruir la capa de color permitiendo observar la localización del contacto oclusal. Este material es biocompatible y puede utilizarse sobre superficies de distinta naturaleza, como resinas, porcelanas o metales (27).

### **10. Sprays oclusales:**

A lo largo de los años, se han descrito el uso de sprays de color para la identificación de los contactos oclusales (Arti-Spray, Bausch articulating paper Inc, Nashua, NH, USA). Se aplican sobre la superficie oclusal a evaluar a una distancia de 3 a 5 centímetros. Se comercializan en varios colores. Como ventajas se describen su facilidad de uso y fácil remoción una vez estudiado los contactos oclusales (28).

### **11. Foto-oclusión:**

Este sistema se compone de una fina película que se sitúa sobre la arcada a analizar. Para poder utilizarlo es necesario que el paciente ocluya sobre la lámina durante 10-20 segundos. A continuación se retira de la cavidad oral y se analizan los contactos oclusales mediante el uso

de luz polarizada. Presenta como ventaja que es un método muy fiable. El inconveniente es la dificultad de manejo (27,34).

## **12. Sonografía oclusal:**

En la década de los 60, se publica el primer estudio que evalúa los contactos oclusales como sonidos producidos en el cierre mandibular. Posteriormente en los años 80, se comercializa un dispositivo llamado “*Dental Sound Checker*” (Yoshida Dental Trade Distributing Co Ltd, Tokyo, Japan). Este instrumento analiza distintos sonidos producidos por los contactos oclusales durante el movimiento de cierre mandibular, con el fin de detectar posibles patologías. En 1985, Kifune y colaboradores, estudian la duración del sonido de los contactos oclusales antes y después de realizar ajustes oclusales y concluyen que tras realizar el ajuste necesario el tiempo del sonido disminuye (27).

## **I.V. DIGITALIZACIÓN DE LA OCLUSIÓN.**

### **I.V.I SISTEMA DE ANÁLISIS OCLUSAL DIGITAL T-SCAN.**

El Dr. William Maness, en 1987, crea en la Universidad de Tufts, (Medford/Somerville, Boston, Massachusetts, EE.UU.) el primer sistema digital que permite analizar la intensidad y secuencia temporal de los contactos oclusales. Lo denomina T Scan, desarrollando la primera

versión de este sistema "T-Scan I", (T-Scan; Tekscan Inc, South Boston, Mass) para medir fuerzas relativas de mordida. Esta herramienta se puede clasificar, dentro de los métodos cualitativos, para evaluar los contactos oclusales, tanto en relaciones estáticas como dinámicas. El sistema de análisis digital oclusal T-Scan permite analizar los contactos oclusales, además de evaluar el número y su localización, se analiza la secuencia temporal (contactos oclusales durante el proceso de oclusión) y la intensidad o fuerzas relativas de estos contactos (35–38).

Este instrumento, está compuesto por un sensor electrónico o película electrónica sensible a la presión, que registra y graba los contactos oclusales. La información es procesada mediante un software en el ordenador. Una gran ventaja de este sistema es poder evaluar los contactos oclusales durante el proceso de oclusión, detectando la localización e intensidad desde el primer contacto-máxima intercuspidadación-último contacto. Toda esta información se puede observar en distintos planos del espacio, en el sagital y transversal del plano oclusal (27,36–39).

Las primeras generaciones del sistema T-Scan, T-Scan I y T-Scan II, produjeron cierta controversia en la comunidad dental con respecto a su rendimiento. Diversos autores, en 1992 informaron acerca de la sensibilidad y fiabilidad del sistema, observando siempre que el T-scan registraba menos contactos oclusales que el papel articular. Estas áreas de no contacto se denominaron "black spots" y se describían por más

autores que informaban acerca del T-scan I y T-scan II. Como consecuencia la empresa Tekscan® Inc. desarrolló un nuevo sensor con un nuevo sistema. En 2006, Kerstein y cols. estudiaron el nuevo sistema T-scan III, analizando un aumento de los registros de los contactos oclusales con la desaparición de las áreas de no contacto, proveyendo al nuevo sistema de mayor reproductibilidad y fiabilidad.

(37)

Este instrumento está indicado en las siguientes situaciones diagnósticas (información proporcionada por el propio fabricante Tekscan Inc.):

- Estudio de la intensidad de los contactos oclusales (fuerzas relativas).
- Estudio de la situación oclusal de los pacientes con dentición natural o rehabilitaciones removibles o rehabilitaciones fijas sobre dientes o sobre implantes.
- Análisis de los contactos durante las relaciones dinámicas, localización de contactos prematuros e interferencias.
- Estudio en pacientes con trastornos temporomandibulares.
- Análisis de las fuerzas oclusales en pacientes con movilidad dentaria, como pacientes periodontales.
- Almacenamiento de los datos y posibilidad de realizar reevaluaciones.

- Dispositivo para instruir y educar a los pacientes (36).

La empresa que desarrolla el sistema digital T-Scan III (Tekscan Inc.), realiza sensores sensibles a la presión en distintos sectores, como en medicina o telefonía. La principal ventaja que se asocia a estos sensores es que registran distribuciones de presión y son finos de grosor.

En odontología, el uso de estos sensores está indicado en diversas áreas, como en ortodoncia, odontología restauradora y en el estudio de la oclusión. El software asociado al sistema es capaz grabar la información y distribuir la presión relativa registrada por los sensores. Estos sensores poseen un grosor de 100 micras (60 micras bajo presión), se presentan en dos tamaños y poseen una gran resolución. Son unas láminas flexibles recubiertas de poliéster, por lo que son totalmente biocompatibles. Los sensores, en su interior, están compuestos por unidades de celdas o celdillas, sensibles a la presión, que se distribuyen en un patrón de filas y columnas creando un sensel, es decir, una célula sensible (36).



Fig 2. Sensor de T-Scan III (Tekscan Inc, South Boston, Mass.)

Los sensores presentan tres características importantes, que influyen en su diseño:

1. Tamaño. Existen dos tipos de tamaños, el grande y el pequeño, para poder utilizarlo en pacientes con distintos tamaños de arcadas dentales. El grande está compuesto por 1350 sensels y el pequeño por 1122. (Fig.2).
2. Espesor. Los sensores poseen un grosor de 100 micras, el fabricante recomienda que sean lo más finos posibles, para que no existan desviaciones ni interferencias a la hora de realizar los registros. Cuanto más fino sea el sensor se podrá obtener el máximo de fuerza oclusal de cierre.
3. Calibración del sensor. Es necesario calibrar el instrumento previamente a su uso para un correcto funcionamiento. Existen 8 niveles diferentes para poder calibrar la fuerza relativa recogida por el sensel. En función de la fuerza, durante la máxima intercuspidadación, cada cúspide va a ser capaz de activar, desde 25 sensels (si la fuerza es suave) hasta 250 sensels (máxima fuerza de cierre).

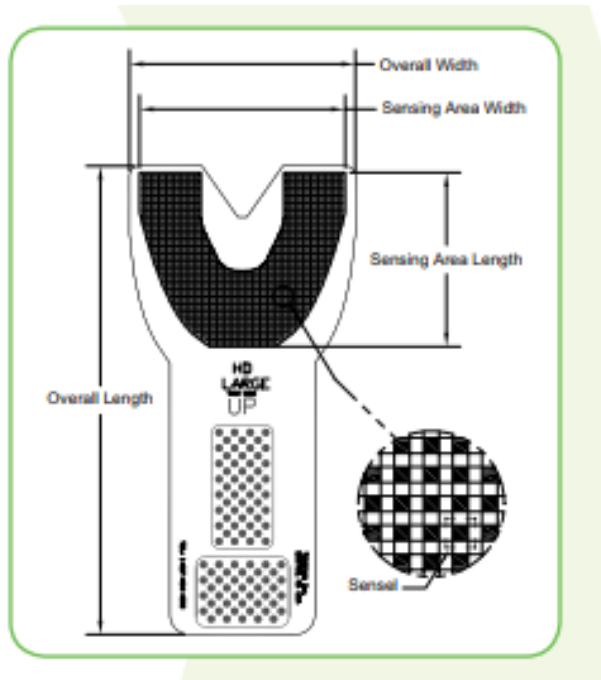


Fig 3. Esquema del sensor de T-Scan III (Klockner, Tekscan Inc, South Boston, Mass.) Obtenido de la página web de la empresa. <https://www.tekscan.com/products-solutions/dental-sensors/t-scan-evolution-dental-sensors>.

Cuando el paciente ocluye sobre el sensor electrónico, se genera una resistencia eléctrica que se almacena y analiza en un software. El software va a evaluar la localización de los contactos y registra la intensidad de los contactos o fuerza relativa (distribución porcentaje de contacto oclusal por diente) (40). Además permite analizar los contactos oclusales durante el proceso temporal, por lo que se pueden identificar fácilmente las interferencias en los movimientos excéntricos y prematuridades en relación céntrica.

Se pueden localizar los porcentajes relativos de contacto oclusal por diente, por hemiarcada (derecha e izquierda), analizar el centro de

fuerzas y la intensidad de los contactos. Esta información viene representada por unas barras de colores en imágenes en dos dimensiones y en tres dimensiones, siendo el color fucsia, la intensidad más fuerte.

Existen diversos estudios en los que se cuestiona la fiabilidad de registro del sistema T-Scan, sugieren que éste presenta menor precisión que los métodos convencionales, por lo que es necesario realizar futuras investigaciones. Además se observa una disminución o desaparición de la sensibilidad de los sensores cuando se utilizan más de una vez (36,38–40).

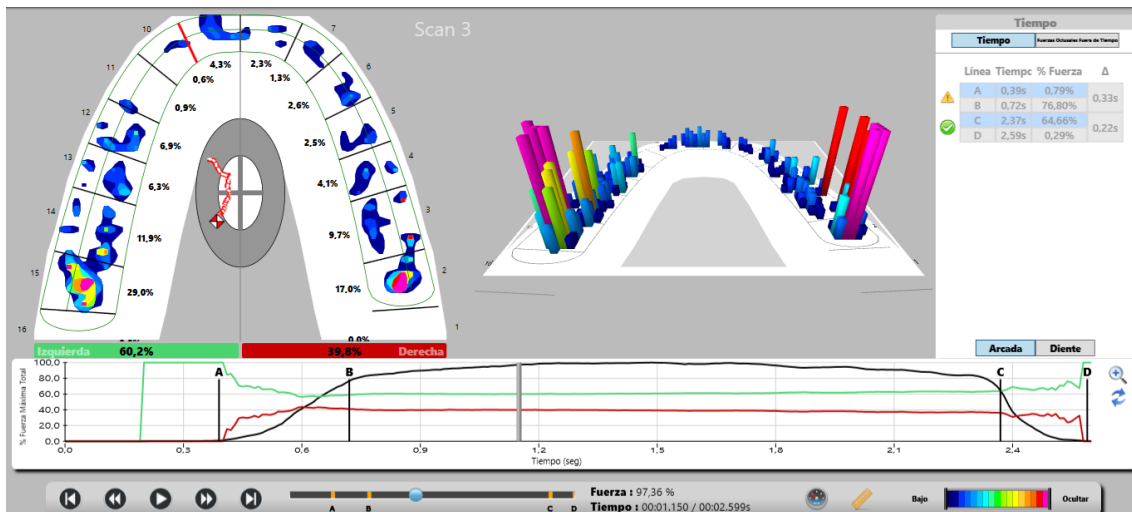


Fig. 4. Imagen del software (versión 8.0) del sistema T-Scan III, en la que se observan los contactos oclusales en distintos planos del espacio.

Existe una variante del T-Scan. La empresa Fuji diseñó el sistema Dental Prescale. Es un nuevo dispositivo parecido al T-Scan, (Dental Prescale,

Fuji Film, Tokyo, Japan). Con este instrumento, es posible localizar los contactos oclusales y analizar su intensidad mediante el uso de unas láminas sensibles a la presión (27,40).

En la siguiente tabla, se puede observar diferentes materiales utilizados para evaluar los contactos oclusales, fabricante y grosores.

<b>MATERIAL</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>GROSOR (Micras)</b>
<b>1. Papel articular</b>	Bausch Inc., Nashua, NH	60
<b>2. Papel de aluminio</b>	Bausch Inc.	8
<b>3. Papel de aluminio</b>	Hanel GmbH, Langenau, Germany	8
<b>4. Tiras de aluminio metálicas</b>	Bausch Inc.	17
<b>5. Tiras de seda</b>	Bausch Inc.	80
<b>6. Papel articular</b>	Svedia AB, Enkoping, Sweden	65
<b>7. Papel articular</b>	Hanel GmbH	8
<b>8. T-scan</b>	Tekscan Inc., Boston, Mass	60

Tabla 1. Métodos de registro de oclusión (28).

Actualmente, como ya se ha comentado anteriormente, existen numerosos materiales y distintas técnicas para analizar y registrar los contactos oclusales, a pesar de ello, ninguno de ellos se describe como “*material ideal*” debido a los cambios dimensionales que pueden presentar con el tiempo (41).

El paso de transferir y montar los modelos de yeso al articulador, puede ser otra fuente de error, ya que las diferencias y los posibles cambios dimensionales de los materiales para realizar los registros intraorales pueden provocar discrepancias a la hora de realizar las restauraciones orales (21,24).

## **I.V.II. ESCÁNERES EXTRAORALES E INTRAORALES.**

### **1. FLUJO DIGITAL. CAD/CAM.**

El concepto CAD/CAM significa, diseño asistido por ordenador y fabricación asistida por ordenador (Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing). En 1950, se creó esta tecnología, con el desarrollo de los programas de control numérico. En los años 60, en la industria aeronáutica y automovilística se desarrollaron estos programas informáticos con el fin de diseñar distintos productos.

Dentro del ámbito dental, en 1973, el Dr. Francois Duret, introdujo el concepto CAD/CAM desarrollado en sus estudios de doctorado

titulados “Empreinte Optique” (impresiones ópticas). Creó el primer sistema CAD/CAM con el que en 1984 obtuvo su primera patente. En 1989, pudo fabricar una corona en 4 horas en el Chicago Midwinter Meeting delante de los participantes de la reunión. En 1980, un ingeniero eléctrico italiano Marco Brandestini, y un dentista suizo Werner Mörmann, crearon el primer sistema CAD/CAM comercializado para confeccionar distintas restauraciones dentarias y posteriormente, en 1987 lo introduce Sirona Dental Systems LLC (Charlotte, NC) como el primer sistema CEREC® (42,43).

En el flujo de trabajo digital o “*digital workflow*” existen tres pasos importantes:

1. Digitalización de la superficie a escanear. Este primer paso se realiza mediante el uso de los escáneres. Éstos se pueden dividir en, escáneres intraorales, si lo que se digitaliza son las estructuras orales directamente en el paciente, y escáneres extraorales si lo que se escanea son modelos de escayola, encerados o impresiones intraorales.
2. Diseño asistido por ordenador. Gracias al archivo conseguido en el primer paso y con la ayuda de softwares específicos de diseño se generan distintos tipos de restauraciones o modelos.
3. Tecnología de producción. Mediante técnicas aditivas (sinterizado o impresión 3D) o técnicas sustractivas (fresado o

mecanizado) se confeccionan las restauraciones en diversos materiales, diseñadas en el paso anterior o se pueden obtener unos modelos de trabajo (44,45).

## 2. ARCHIVOS 3D. CONCEPTOS BÁSICOS EN ODONTOLOGÍA DIGITAL.

La información escaneada ya sea procedente de un escáner intraoral o de un escáner extraoral se almacena en un archivo de imagen 3D.

Existen distintos tipos de archivos de imagen 3D y es importante conocer sus diferencias. Dentro de estos tipos, el más conocido y usado en odontología es el archivo STL. Este tipo de archivo fue creado por la compañía 3D Systems y su nombre proviene del acrónimo *Stereolithography Standard Triangle tessellation* o *Standard Triangle Language*. Este archivo contiene la geometría completa del objeto 3D, pero presenta la desventaja de que no tiene ninguna información del color o texturas del objeto, es por ello, que este tipo de archivo sólo es usado en odontología y muy poco en otras disciplinas.

Otro tipo de archivo comúnmente usado es el OBJ. file. Este archivo 3D lo desarrolló la compañía Wavefront technologies y su nombre proviene del acrónimo de objeto. Al contrario que el archivo STL, el

archivo OBJ contiene información sobre las texturas y el color el objeto 3D. Dentro de la odontología estos archivos 3D se utilizan en algunos escáneres faciales. (46)

El archivo PLY es otro tipo de archivo de imagen 3D usado en odontología, se conoce como *Polygon File Format* o *Stanford Triangle Format*, ya que se desarrolló en la Universidad de Stanford. Este archivo contiene la misma información que el archivo .OBJ. se puede almacenar información sobre el color, textura y transparencia. Algunos escáneres intraorales pueden exportar los escaneados a este tipo de archivos.

Por último, es importante añadir, que todos estos archivos independientes de ser STL., OBJ. o PLY., pueden estar encriptados o cerrados. Esto es importante, ya que algunos fabricantes bloquean o encriptan estos archivos para que el técnico o el dentista trabaje con sus propios productos durante todo el flujo de trabajo. Es una forma de obligar al técnico o al dentista a mantener al operador dentro de un flujo de trabajo específico, utilizando todos los dispositivos procedentes de la misma compañía desde el escáner hasta el software y la unidad de producción. (47)

### 3. ESCÁNERES EXTRAORALES.

Los escáneres extraorales son unos instrumentos que van digitalizar la superficie externa de los modelos de yeso, muñones o encerados y transformarlos en archivos 3D (48). Se pueden clasificar, en función del tipo de tecnología que utilizan, en dos grupos: los escáneres de contacto y ópticos (49).

### - Escáneres de contacto:

El primer dispositivo (CAD/CAM) introducido en el mercado dental, el cual permitía la confección de prótesis o restauraciones dentales fue, el sistema Procera (Nobel Biocare AB, Gothenburg, Sweden) (48). Los primeros escáneres en aparecer en la industria fueron de este tipo y aún siguen teniendo vigencia. Como principal ventaja es que son los más precisos a pesar de ser los más lentos, ya que es necesario que contacte la sonda por toda la superficie externa para obtener la información.

Este tipo de escáneres se componen de varias partes y el componente principal es un palpador o sonda, que puntualmente va tocando la superficie externa del objeto a escanear y va almacenando la información (49).

Al utilizar una tecnología de contacto, pueden existir discrepancias, en función de las propiedades físicas o características superficiales, como la textura, del objeto a escanear. Al contrario, no se ven afectados por las propiedades ópticas del objeto. Por ejemplo si se va a escanear un

objeto con una superficie blanda, como materiales de impresión en el campo prostodóncico, la información puede verse alterada (50).

Este tipo de escáneres no son capaces de digitalizar ángulos agudos, pero su principal ventaja es que como no se alteran por las propiedades ópticas, como brillos superficiales, no es necesario pulverizar la superficie con ningún tipo de polvo matificador. (51)

### - **Escáneres ópticos o de no contacto:**

Los escáneres ópticos o de no-contacto, para realizar sus mediciones y digitalizar la superficie del objeto utilizan una fuente de luz o de radiación electromagnética, generalmente la luz blanca o azul (aunque también puede ser luz verde o roja). La cámara digital que presenta el escáner va a captar la luz que refleja el objeto cuando se le proyecta un haz de luz. A partir de esta información, se van a generar unos puntos tridimensionales a partir de un tipo de tecnología llamada, tecnología de triangulación.

A contrario que los escáneres de contacto, este tipo, no se ven alterados por las propiedades físicas superficiales de los objetos. Es más fácil digitalizar objetos de diferentes texturas, como blandos. En cambio, si se ven afectados por las propiedades ópticas, o color, del objeto (48). La luz ambiental también puede influir en el escaneado si es del mismo color que la luz proyectada (51).

Para recoger la información se puede realizar de varias maneras, en función de la cantidad de luz que recoge, de forma puntual, lineal o pueden ser capaces de recoger una superficie entera.

Este tipo de escáneres utilizan distintos tipos de tecnología, como luz estructurada, luz láser, microscopía confocal y holografía confocal (52).



Fig. 5. Escáner extraoral óptico/no contacto. ZFX Evolution.

#### 4. ESCÁNERES INTRAORALES.

Los escáneres intraorales son unos dispositivos que realizan una digitalización de las superficies dentales y de las estructuras orales,

directamente en la boca del paciente. Esta digitalización se realiza mediante unas capturas basadas en la tecnología óptica.

El primer escáner intraoral diseñado para la creación de restauraciones dentales, se introdujo en el mercado en los años 80 (Werner Mörmann y Marco Brandestini) (34,42,53). Desde hace más de 15 años, diferentes compañías, investigan y desarrollan este tipo de tecnología, para crear nuevas versiones de los escáneres intraorales que mejoren sus funciones, como facilidad de uso, comodidad y velocidad. Estos dispositivos, van a digitalizar distintas estructuras del medio oral, como preparaciones dentales o cuerpos de escaneado para implantes y a partir de estos archivos se pueden confeccionar diferentes restauraciones o fabricar modelos de trabajo precisos. En ambos casos utilizando tecnología CAM (54,55).

En la actualidad, se pueden encontrar diversos tipos de escáneres intraorales. Éstos se diseñan principalmente en Alemania, Suiza, Israel, Italia, Dinamarca y EEUU. El objetivo del uso de esta tecnología es eliminar los inconvenientes que presenta la toma tradicional de impresiones intraorales, como el positivado de la impresión, laceraciones o perforaciones de los materiales de impresión y las posibles diferencias (geométricas o volumétricas) que se encuentran entre la impresión y el modelo de yeso. El uso de este tipo de dispositivos va a generar una serie de ventajas, como obtención de modelos virtuales fiables,

obtención de un flujo de trabajo más simple y veloz y posibilidad de realizar simulaciones de los procesos quirúrgicos o protésicos.

Los escáneres intraorales utilizan un tipo de tecnología óptica, sin contacto. Esta tecnología se puede clasificar en: fotogrametría, tomografía de coherencia óptica, microscopía confocal, triangulación, visión estéreo activa y pasiva, principios de desplazamiento de fase y principios de onda activo (56).

En función del flujo digital al que están asociados, los escáneres intraorales, se pueden dividir en dos grupos:

1. Directos o *in-office* o *chairside*, permiten escanear, diseñar y fabricar las restauraciones dentales en la propia consulta. Éstos son sistemas como *cerec*, *carestream*, y el *e4dentist*, aunque cada vez existen más sistemas que están adoptando este flujo de trabajo.
2. Indirectos o *out-office*, escanean y envían el archivo digital (*stl*, *rts*, *dcm*) al laboratorio, el cual diseña y fabrica la restauración o modelo. Son sistemas como *true definition*, *trios*, *apollo*, *itero*, etc... (55).

Además, en función del tipo de tecnología que utilizan, los escáneres intraorales, se pueden clasificar en dos tipos:

-Escáneres de tecnología fotográfica. Los más representativos son *Itero* (Align Technology, Inc), *TRIOS* (3Shape) y *E4D* (D4D Technologies, LLC,

USA). Para realizar los registros van a captar imágenes individuales de la superficie a escanear. Van a grabar estas imágenes a una gran velocidad. Más o menos, en una imagen registrada se van a captar tres dientes. Posteriormente, el software va a ir uniendo todas las imágenes para obtener el modelo completo virtual.

-Escáneres de tecnología de vídeo. Los más característicos actualmente son True Definition (3M ESPE, St Paul, USA) y Cerec Omnicam (Sirona Dental Systems). El primer escáner que desarrolló este tipo de tecnología fue el antecesor al True Definition, conocido como Lava COS. Estos dispositivos van a capturar la información grabando las superficies de forma similar a una cámara de video (57,58).

Por último, los escáneres intraorales también se pueden dividir en naturaleza abierta o cerrada, es decir, los escáneres van a producir archivos digitales de arquitectura encriptada, codificada o no. Si se presentan sin codificar (arquitectura abierta) cualquier software CAD va a leer estos archivos y cualquier máquina de producción podrá fabricar lo anteriormente diseñado. Por el contrario, si se presentan codificados (arquitectura cerrada), sus archivos digitales sólo pueden ser utilizados en programas CAD y sistemas de fabricación especificados por el fabricante.

A continuación se describen los distintos tipos de escáneres intraorales más representativos que existen en el mercado:

- CEREC (Sirona® Dental Systems; GmbH, Bensheim, Germany):

En los años 80, fue el primer escáner que se creó. CEREC significa “*Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics*”. Utiliza una tecnología de triangulación que se ha ido combinando con microscopía óptica confocal. Sus nuevas versiones utilizan una tecnología de cámara de video (57,59). Este tipo de escáneres llevan asociado una unidad de fresado para su uso en clínica, por lo que el sistema ofrece un flujo digital completo, integran todos los pasos del concepto CAD/CAM.



Fig. 6. Punta de escaneado de la unidad de captación Cerec Omnicam (57).

Utilizando un software específico de arquitectura cerrada (siendo el software más actual CEREC 4.6.1) y una unidad de fresado (Cerec MC, MCX, MCXL), se pueden realizar en la clínica diaria, en un periodo corto de tiempo, por ejemplo en una sola cita, restauraciones definitivas. Por lo que se aumenta la efectividad del proceso y se puede terminar la restauración dental prácticamente en el momento (60). El primer sistema CEREC que se desarrolló fue CEREC 1 y a partir de éste se han ido introduciendo distintas versiones como CEREC 2, Apollo Di, CEREC BlueCam, CEREC Omnicam y CEREC Prime Scan. Las nuevas versiones mejoran distintas funciones del sistema, como velocidad, facilidad de uso y comodidad y empleo (45,56,59,61).

**- E4Dentist (D4D®Technologies LLC. Richardson, TX, USA):**

En 2008 se introdujo este escáner en el mercado. Su acrónimo significa “*Dream, Design, Develop, Deliver*”.

Utiliza un flujo digital directo, es decir, con este tipo de escáner se pueden realizar los tres pasos completos del concepto CAD/CAM, escaneado, diseño asistido por ordenador y tecnología de producción, ya que el escáner lleva asociado una unidad de fresado para su uso en clínica.

Utiliza una tecnología de microscopía óptica confocal. En 2013 se introdujo la nueva versión *E4D Nevo*, aportando ventajas a su versión

anterior como, utiliza una tecnología de video, elimina la necesidad de uso de polvo matificador y las imágenes captadas son a color (45,56,59,60).

### - **iTero (Align Technology, Inc.):**

Este escáner se introdujo en el mercado a comienzos del 2007. A partir de este año, se han ido desarrollando las diferentes versiones que presenta el sistema, son: iTero Element, iTero Element 2 e iTero Element Flex. La última versión de este escáner es iTero Element 5D. Registra simultáneamente imágenes 3D, intraorales a color y NIRI (imágenes de infrarrojo cercano). La incorporación de esta tecnología permite escanear la estructura interna de los dientes de los pacientes en tiempo real para detectar caries interproximales y evitar radiaciones. Este nuevo escáner está indicado en ortodoncia, prostodoncia e implantes. Está disponible en su configuración normal (soporte con ruedas) como en su formato con ordenador portátil.

Unas de las ventajas del sistema son que no necesita polvo para digitalizar todas las estructuras orales y que permite realizar comparativas a lo largo del tiempo utilizando la tecnología TimeLapse. (45,56,59,60).

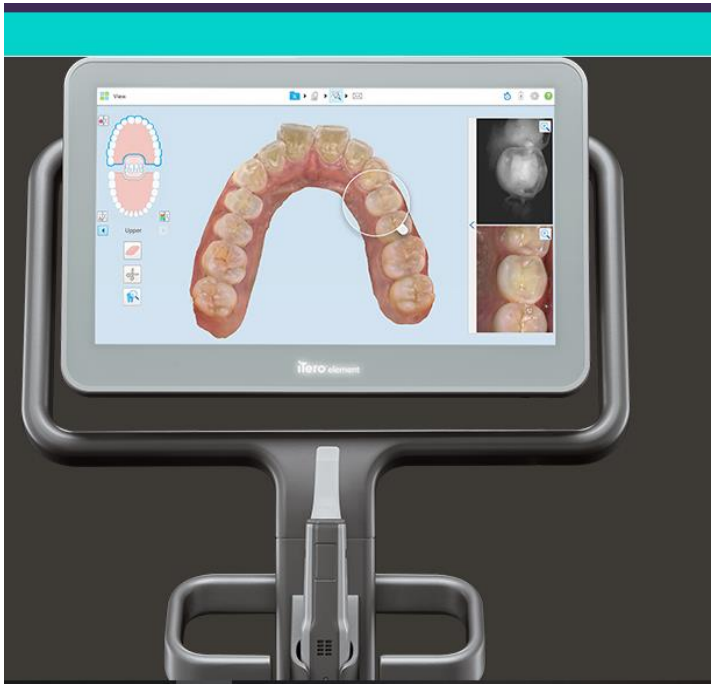


Fig 7. Imagen del escáner iTero Element 5D.

- **True Definition (3M®, St Paul, MN, USA) :**

El primer escáner distribuido por la casa 3MESPE (St Paul, MN) fue el escáner LAVA COS, que corresponde al acrónimo de “Lava Chairside Oral Scanner”. Se introdujo al mercado en el 2008, en el Chicago Midwinter Meeting. Fue el primer escáner en utilizar una tecnología de video, denominada “3D in Motion”. Se digitaliza la superficie, grabando imágenes de forma similar a una cámara de video, con el que se obtiene el modelo virtual. Para poder realizar esta captura, es necesario el uso de polvo de dióxido de titanio (polvo de matificador) que elimine los brillos superficiales de las estructuras a escanear.

La última versión de este sistema, True Definition, aplica distintas mejoras al sistema, como la reducción de tamaño del cabezal de escaneado y

pantalla táctil para facilitar el manejo. Utiliza una tecnología que se denomina muestreo activo (óptico) mediante frentes de onda. Digitaliza los datos a tiempo real en una secuencia de video en movimiento, creando el modelo volumétrico (45,56,59,60).

### - **TRIOS (3Shape®, A/s, Copenhagen, Denmark):**

En 2011, la casa 3Shape, desarrolla su primer escáner denominado Trios. Lo introduce al mercado en la International Dental Show de Colonia.

Este escáner utiliza un flujo digital indirecto, es decir, digitaliza las estructuras orales y envía sus archivos a un centro externo. Utiliza un tipo de tecnología fotográfica, denominada Ultrafast Optical Sectioning®, combinada con microscopía confocal. Es capaz de capturar hasta 3000 imágenes por segundo, siendo un tipo de tecnología incluso más rápida que las cámaras de video convencionales.

Este escáner no necesita el uso de polvo matificador y presenta una facilidad en el manejo.

En 2011, se presentó la versión Trios Standard, en 2013 se actualizaron con la versión Trios Color, en 2015 desarrollaron el Trios 3 y actualmente se ha presentado en el mercado el Trios 4. Las últimas versiones ofrecen al comprador la opción de que el cabezal de escaneado sea inalámbrico y se puede adquirir en formato carro o para conectarlo al portátil. (Trios Pod)

Va asociado al software de diseño Cam 3Shape Dental System, la ventaja es que se pueden diseñar todo tipo de restauraciones dentales, a pesar de que no lleva asociado una unidad de fresado dental para uso en clínica (45,56,59,62).



Fig. 8. Escáner Intraoral TRIOS (3Shape®).

## 5. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS IMPRESIONES INTRAORALES DIGITALES.

Las impresiones intraorales digitales presentan unas ventajas en comparación con las impresiones convencionales, se enumeran a continuación:

- Envío de los archivos al laboratorio vía online (velocidad).
- Mayor comodidad para el paciente.

- Mejor comunicación con el paciente.
- Mayor precisión de detalles (imágenes a color).
- Almacenamiento de los archivos de manera permanente. No es necesario tener un lugar para guardar los modelos dentales. Facilidad a la hora de realizar seguimientos o mediciones en los modelos virtuales archivados durante el paso del tiempo.
- Ahorro en los materiales e instrumentos utilizados en las impresiones convencionales.
- Al eliminar la necesidad de uso de materiales se eliminan las distorsiones asociadas a cada tipo de material.
- Se pueden previsualizar las preparaciones dentarias, con la ventaja de poder realizar correcciones en el momento.
- Sistema eficaz.
- Se disminuye la necesidad de desinfección de las impresiones y materiales y la posible contaminación cruzada.
- Aumento de la relación coste-tiempo, ya que los envíos son instantáneos y se disminuyen los tiempos de trabajo en la clínica (5,17,53,55,63).

Cuando realizamos una impresión intraoral digital, se va a eliminar el uso de materiales y la obtención de los modelos de escayola, necesarios en la técnica tradicional de toma de impresiones. Ya solo por ello, con la

técnica digital se van a eliminar dos pasos intermedios que pueden introducir errores al sistema (57,62).

Por otro lado se pueden enumerar una serie de inconvenientes, los más destacados son:

- Curva de aprendizaje de todos los escáneres intraorales.
- Disminución de la exactitud en arcadas completas.
- Dificultad para escanear pacientes edéntulos.
- Necesidad de aplicación de polvo matificador en algunos de los sistemas.
- Precio inicial del Hardware (64).

A pesar de ofrecer todas estas ventajas las impresiones digitales a día de hoy no pueden reemplazar por completo a las impresiones convencionales ya que su tecnología presenta una serie de limitaciones en el flujo de trabajo restaurador. En la literatura científica se pueden encontrar estudios con discrepancias en términos de presión y desajustes en las restauraciones realizadas con el flujo digital (53).

## 6. OCLUSIÓN DE LOS ESCÁNERES INTRAORALES Y EXTRAORALES.

Uno de los requisitos fundamentales en los procedimientos restauradores es registrar y transferir la oclusión del paciente al laboratorio. Del mismo modo, la simulación correcta de los contactos oclusales de un paciente, es importante para el adecuado diseño de las superficies oclusales de las restauraciones realizadas por Cad/Cam.

Tradicionalmente, los modelos maxilares y mandibulares virtuales se han alineado (con un software Cad) en máxima intercuspidadación, escaneando un registro físico de mordida. En este método se coloca una silicona de registro de oclusión escaneable en la boca del paciente o sobre los dientes preparados hasta que fragua, posteriormente se recorta y se escanea para alinear los dos modelos virtuales.

Los nuevos sistemas Cad/Cam actualmente utilizan otro método de alineamiento, el "*buccal image*". Con este método se lleva a cabo un escaneado directo de las superficies vestibulares de los dientes maxilares y mandibulares en máxima intercuspidadación, así como de los dientes maxilares y mandibulares requeridos. Posteriormente el software superpone (también llamado *best-fit*) el modelo maxilar con el modelo mandibular, gracias al escaneado vestibular, en una posición de máxima intercuspidadación. Este software alinea los modelos virtuales maxilares y mandibulares sin la necesidad de realizar un registro de silicona. Por lo que se elimina las posibles distorsiones procedentes del material del registro de oclusión y el proceso se simplifica (43).

La arcada maxilar y la arcada mandibular se alinean con un proceso de superposición mediante un algoritmo matemático. Incluso se alinean los modelos virtuales aun existiendo áreas posicionadas en diferentes planos. Estudios recientes informan que para poder realizar este proceso de superposicionamiento, es necesario, realizar un escaneado vestibular derecho en oclusión y otro izquierdo. El software de alineación necesita que estos escaneados tengan una dimensión mínima de 12x15mm (65).



Fig. 9. Imagen del escaneado vestibular. Oclusión de los modelos virtuales.

## **I.VI EXACTITUD, VERACIDAD Y PRECISIÓN.**

Es necesario definir distintos conceptos, para la correcta interpretación de este estudio. Son:

### **1. Exactitud (accuracy).**

Es un término que se describe mediante dos métodos de medición: la veracidad (trueness) y la precisión (precision). Es la capacidad de un instrumento de acercarse al valor de la magnitud real. Suponiendo varias mediciones, no se trata del error de cada una, sino de la distancia a la que se encuentra la medida real de la media de las mediciones. Exactitud es la cercanía del valor experimental obtenido al valor exacto de dicha medida. El conocimiento del valor exacto de una magnitud física es un concepto utópico, ya que es imposible conocerlo sin incertidumbre alguna (50,63,65).

## **2. Veracidad (trueness)**

Es la cercanía de la media de un grupo de mediciones al verdadero valor. Se refiere a la diferencia en la media aritmética de un gran número de resultados de la prueba y el valor de referencia aceptado. (65)

## **3. Precisión (precision)**

Es la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud. Cuanto menor es la dispersión mayor la precisión. Una medida común de la variabilidad es la desviación estándar de las mediciones y la precisión se puede estimar como una función de ella.

Se dice que un instrumento o procedimiento es preciso si sus resultados son consistentes cuando se aplica más de una vez al mismo individuo

bajo las mismas circunstancias. La precisión de un procedimiento se ve afectada por dos factores fundamentales: la variación propia del instrumento o procedimiento y la variación del examinador. La primera de ellas tiene que ver con la calidad y calibrado del instrumental de medida y diagnóstico, por ejemplo, el nivel de calidad y mantenimiento de un equipo radiográfico. La variación del observador o examinador está relacionada con su entrenamiento, formación y capacidad, y también se llama error del examinador. A menor variación de éste, mayor precisión se consigue a la hora de realizar una prueba y, por tanto, más válido será el resultado (63,66).

#### **4. Resolución (resolution)**

Es el cambio más pequeño en una magnitud física que se esté midiendo, que es capaz de ser detectada por el instrumento de medida. Por ejemplo, en el caso de una cámara fotográfica digital es el tamaño de un píxel. Cualquier detalle que se quiera fotografiar que sea más pequeño que un píxel no será detectado. Viene indicado indirectamente por el número de píxeles del sensor de la cámara, porque cuantos más haya, más pequeños son para el mismo tamaño de sensor y por tanto aumenta la capacidad de registrar objetos pequeños o de registrarlos con más detalle.

En el caso de un escáner 3D, se trata del número de puntos que es capaz de medir por unidad de superficie. Cuanta más resolución tenga,

será capaz de detectar características más pequeñas de un objeto (50).

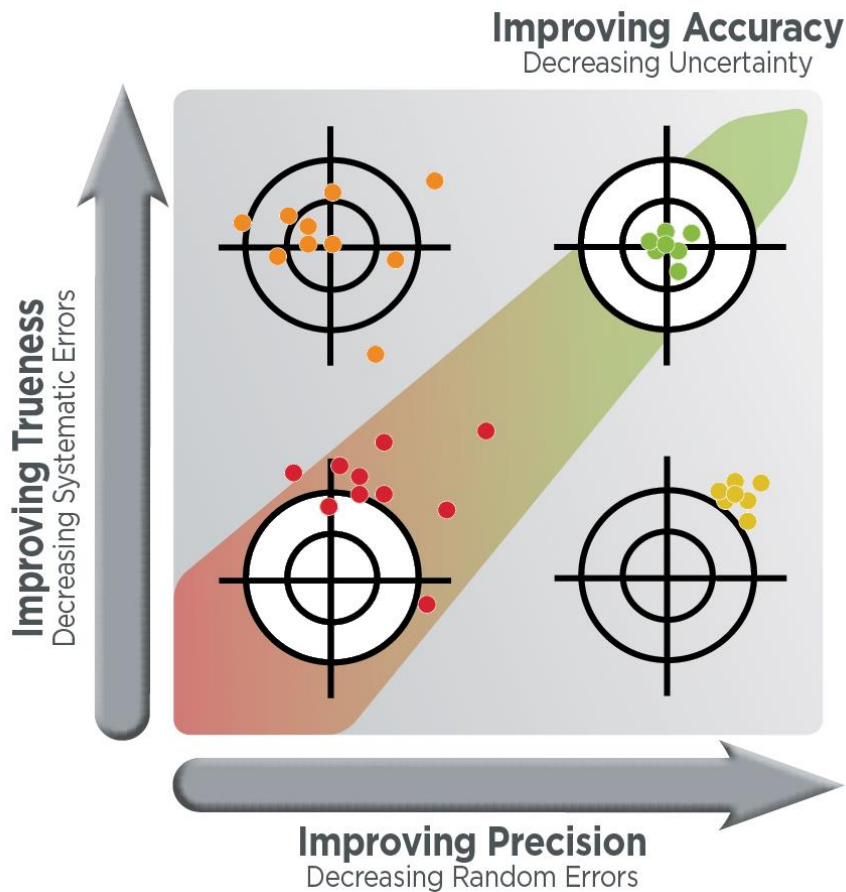


Fig. 10. Esquema representativo de los conceptos exactitud, precisión y fiabilidad. Artel-Usa.com. Disponible en: <https://www.artel-usa.com/resource-library/defining-accuracy-precision-and-trueness/>

## ***II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS***

## **II.I JUSTIFICACIÓN**

Desde hace más de 100 años, tanto investigadores como odontólogos, han generado controversia sobre cómo definir las teorías oclusales y cómo analizar o identificar los contactos oclusales (67).

Actualmente, en la práctica clínica diaria, para poder realizar un correcto diagnóstico y un plan de tratamiento adecuado e individualizado, se recogen muchos datos y una gran cantidad de información acerca del paciente, procedente de exploraciones radiológicas o clínicas. En distintos sectores de la odontología, al igual que en otras especializaciones sanitarias, está existiendo un gran desarrollo de las nuevas tecnologías, tanto utilizadas para realizar pruebas diagnósticas más precisas como para mejorar los planes de tratamiento. Este desarrollo tecnológico, busca disminuir los tiempos de trabajo y eliminar las desventajas asociadas a las técnicas o métodos analógicos. Dentro del campo de la odontología restauradora, es decir, en prostodoncia, una de las pruebas o métodos para realizar un correcto diagnóstico es la utilización de los modelos dentales, ya que en ellos se evalúan mediciones o análisis más precisos y fáciles de realizar que evaluándolo directamente de forma intraoral (68).

En las consultas dentales empiezan a convivir los nuevos sistemas digitales con los métodos convencionales, y se podría confirmar que con el paso del tiempo se van a ir sustituyendo estos últimos (69).

Los nuevos sistemas digitales necesitan ser validados por medio de la realización de estudios clínicos. Un clínico que se plantee actualizarse e introducir en su clínica estos nuevos sistemas digitales es necesario que se pregunte diversas cuestiones, como, ¿Estos nuevos sistemas digitales presentan la misma fiabilidad, expresada en términos de precisión y exactitud, que los métodos analógicos ya validados? ¿Presentan la misma facilidad de uso que los medios tradicionales? ¿Realmente, se puede obtener mayor información, en las pruebas diagnósticas o en los planes de tratamiento, con la que se pueda mejorar la asistencia al paciente en la consulta dental?

Para poder tomar la decisión de actualizarse con estos nuevos sistemas digitales, es necesario que exista en la literatura científica, estudios clínicos en los que se comparen los sistemas digitales emergentes con los métodos tradicionales (aceptados como gold estándar).

En las consultas dentales cada vez es más frecuente el uso de archivos digitales (imágenes en 3D) y es necesario que éstos tengan una alta resolución y que sean fiables.

A la hora de utilizar modelos dentales digitales, para confeccionar restauraciones protésicas, o incorporarlos a planes de tratamiento ortognáticos u ortodóncicos, es necesario que estén correctamente posicionados en el espacio. El problema es, que cuando se digitalizan los modelos virtuales superiores e inferiores, (con escáneres intraorales directamente en la boca de paciente o con escáneres extraorales

cuando se captura la superficie de los modelos de escayola) se obtienen de forma independiente, es decir esta captura no los relaciona entre ellos. Para poder relacionarlos, es necesario un tercer escaneado vestibular en máxima intercuspidad. El software del escáner, mediante un algoritmo matemático, va a posicionar virtualmente los modelos superiores e inferiores (*best-fit alignment*) utilizando el tercer escaneado vestibular.

Cuando se utilizan los archivos maxilares y mandibulares de la tomografía computarizada (formato DICOM) ocurre lo contrario, ya que estos archivos se encuentran posicionados entre ellos de forma correcta porque la captación de las imágenes por parte del aparato de rayos X se realiza en la posición anatómica.

En la clínica odontológica existe una gran evolución y desarrollo del uso de estas imágenes digitales tridimensionales. Desde que se introdujeron los escáneres introrales en 1980, por parte de Morman y Brandestini, y se desarrollaron los escáneres extraorales en los laboratorios dentales, una de las cuestiones más importantes que pueden influir en el resultado final, es la correcta alineación de los archivos maxilares con los archivos mandibulares.

Existen numerosos estudios confirmando el alto éxito clínico de las restauraciones realizadas por CAD/CAM, (a partir de impresiones digitales intraorales o realizadas con un escáner extraoral), en términos de ajuste interno y marginal, índices de supervivencia y estéticos. Sin

embargo la información acerca del estudio de la oclusión tanto de las restauraciones como de los modelos digitales es bastante limitada (43).

Durante los últimos 15 años, las casas comerciales especializadas en estos nuevos sistemas digitales, han mostrado un claro interés y una continua evolución en investigar y desarrollar nuevos softwares y versiones de los escáneres intraorales o extraorales. La finalidad es mejorar sus funciones, su precisión y facilidad de uso. La literatura científica confirma que la fiabilidad de los registros maxilares y mandibulares, realizados de forma independiente es muy alta. A pesar de ello, se tienen dudas sobre la correcto interposicionamiento o alineación (56).

Las nuevas tecnologías emergentes en la clínica diaria, basadas en el estudio de la oclusión, como el sistema digital de análisis oclusal denominado "*T-Scan III*", son prometedoras a la hora de poder cuantificar el número, localización, intensidad y secuencia temporal de los contactos oclusales, tanto en una posición estática, (como máxima intercuspidad) como durante los movimientos excursivos. Pero es necesario, poder validar y evaluar la fiabilidad de esta nueva tecnología en su aplicación diaria.

Es por ello, que se justifica, la realización de un estudio clínico transversal, en el que se compare los contactos oclusales registrados por

métodos analógicos o convencionales, ya sean analizados de forma intraoral en el paciente o de forma extraoral en los modelos de yeso, con los contactos oclusales obtenidos en los modelos virtuales procedentes de un escáner intraoral, un escáner extraoral y los registrados por el sistema de análisis oclusal T-Scan III.

## **II.II OBJETIVOS**

El objetivo principal de este estudio es:

Evaluar la fiabilidad expresada en términos de concordancia de los contactos interoclusales generados durante la articulación virtual de los archivos digitales máxilo-mandibulares obtenidos mediante un escáner intraoral, un escáner extraoral y el sistema de análisis oclusal T-scan III.

Los objetivos específicos a observar en los pacientes sujetos a este estudio son:

1. Registrar la existencia y localización, en posición de máxima intercuspación, de contactos dentarios oclusales intermaxilares, registrados a nivel intraoral mediante la utilización de papel de articular (8, 40 y 200 micras de grosor) y con shim stock.
2. Registrar la existencia y localización, en posición de máxima intercuspación, de contactos dentarios oclusales intermaxilares

registrados a nivel extraoral, con papel articular de 8 micras y con shim stock, en los modelos montados en un articulador semiajustable.

3. Registrar la existencia y localización en posición de máxima intercuspación, de contactos dentarios oclusales intermaxilares registrados a nivel intraoral, mediante la articulación virtual obtenida a partir de sistemas digitales, un escáner intraoral y el sistema de análisis oclusal T-Scan III y a nivel extraoral, obtenidos con un escáner extraoral.
4. Analizar la "fiabilidad", expresada en términos de concordancia, de los contactos generados mediante la articulación virtual (escáner intraoral, escáner extraoral y T-Scan) con los obtenidos por los métodos analógicos (registro intraoral y sobre modelos) con papel de articular y shim stock.
5. Determinar la capacidad diagnóstica y curva C.O.R., expresada en términos de sensibilidad, especificidad, Valores predictivos para positivos (VPP) y Valores predictivos para negativos (VPN), utilizando el papel articular (de 8 micras) intraoral como gold estándar, frente a los grupos de contactos obtenidos por los métodos analógicos y los sistemas digitales. .

Dado el actual desarrollo de las nuevas tecnologías, no se espera encontrar diferencias entre los métodos analógicos (intraorales y

extraorales) con los contactos obtenidos por los sistemas digitales (contactos en el escáner intraoral, extraoral y T-Scan III)

La hipótesis nula  $H_1$  con respecto a los objetivos planteados, se interpretaría como, la no existencia de diferencias estadísticamente significativas, entre los contactos oclusales obtenidos mediante el registro digital (escáner intraoral, extraoral y T-Scan), con los obtenidos intraoralmente en los pacientes y los obtenidos en los modelos montados en articulador por métodos convencionales (papel articular y shim stock).

Por otra parte, la Hipótesis nula  $H_2$  para la capacidad diagnóstica de los métodos, se establecería como la no existencia de diferencias estadísticamente significativas, entre los grupos a comparar y los contactos intraorales con papel de articular de 8 micras.

### ***III. MATERIAL Y MÉTODO***

### III.I DISEÑO DEL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LOS PACIENTES.

Esta investigación se diseñó como un estudio observacional y transversal. Se realizó el cálculo del tamaño muestral, a partir de la realización de un estudio piloto con una muestra total de 10 pacientes. Este estudio nos permitió obtener los índices de concordancia, que fueron introducidos en un programa de potencia estadística (G Power3.1, Universidad de Dusseldorf), para una potencia del 80% y un alfa del 0,05. Se obtuvo un resultado de 25, por lo que se concluyó como número final de la muestra un total de 25 pacientes.

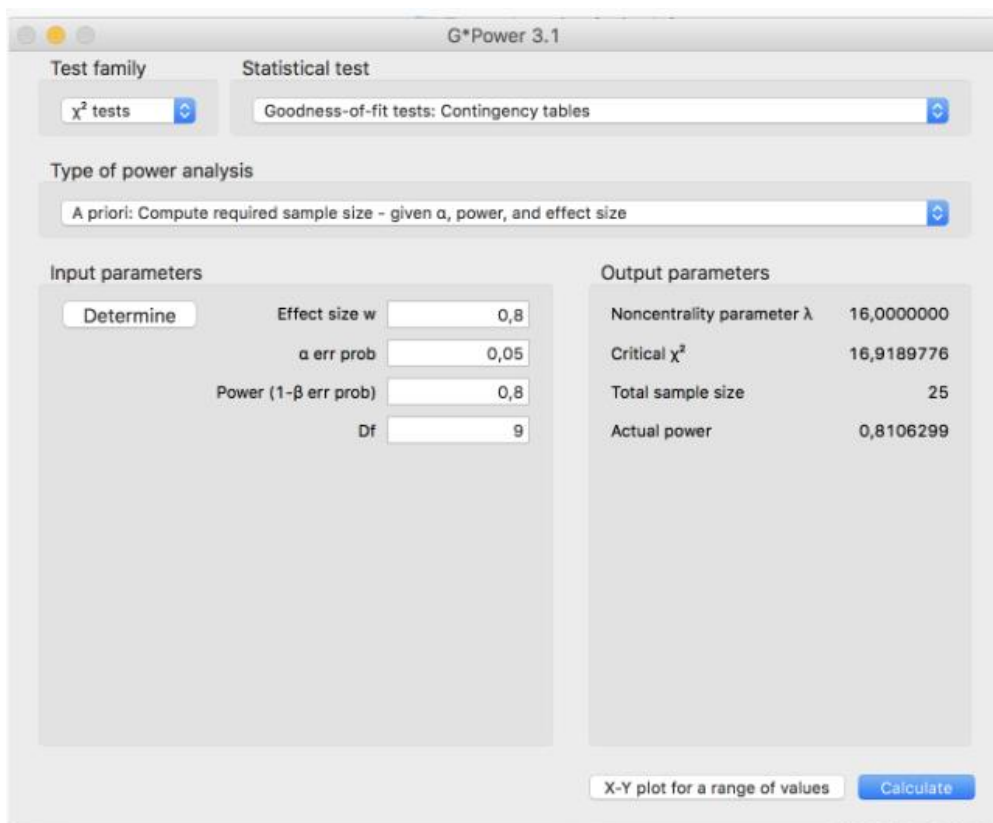


Fig. 11. Imagen del cálculo del tamaño muestral.

La población de referencia en este estudio fue la población mundial. La población del estudio fueron pacientes residentes en la Comunidad de

Madrid que presentaron la posibilidad de acudir a la Facultad de Odontología de la UCM.

Se aceptó por parte del comité ético (16/273-E. Hospital Clínico San Carlos) la ejecución de este estudio clínico.



**Informe Dictamen Tesis Favorable**

C.P. - C.I. 16/273-E Tesis

02 de junio de 2016

Dra. Mar García Arenillas  
Presidenta del CEIC Hospital Clínico San Carlos

**CERTIFICA**

Que el CEIC Hospital Clínico San Carlos en su reunión del día 18/05/2016, acta 5.2/16 ha evaluado la propuesta de Tesis:

**Título: "ANÁLISIS CLÍNICO DE LA FIABILIDAD DE LOS REGISTROS INTERMAXILARES OBTENIDOS MEDIANTE DISTINTOS SISTEMAS DIGITALES"**

Fig. 12. Aceptación del comité ético del Hospital Clínico San Carlos.

Para poder participar como pacientes del estudio, todos los pacientes, firmaron el consentimiento informado (véase Anexos), previo a ser informados de manera exhaustiva sobre el motivo y procedimiento del estudio.

Para la selección de pacientes se llevó a cabo un muestreo no probabilístico de casos consecutivos. Finalmente se incluyeron en el estudio un total de 25 pacientes, de edades comprendidas entre 23 y 36 años, (20 mujeres y 5 hombres).

Los criterios de inclusión fueron:

- Pacientes sin enfermedades sistémicas relevantes.

- Mayores de 18 años.
- Pacientes que presenten una estabilidad oclusal, es decir que en máxima intercuspidad existan contactos oclusales bilaterales y uniformes.
- Pacientes con salud dental, es decir, sin necesidad de realizar ningún tratamiento dental.
- Pacientes sin ausencias dentarias.
- Pacientes sin bruxismo, ni con desgastes dentarios que afecten a la superficie oclusal (o mínimamente).
- Posibilidad de realizar una reevaluación a los 6 meses.

Los pacientes con desórdenes oclusales o de la articulación temporomandibular y los pacientes sin estabilidad oclusal, se excluyeron del estudio. Además los pacientes que presentaban mordidas abiertas anteriores o posteriores tampoco se incluyeron (inestabilidad oclusal). Por último fue necesario firmar el consentimiento informado por parte de todos los pacientes incluidos en la muestra y tener la posibilidad de poder hacer un seguimiento de 6 meses, por si existía algún fallo durante la recogida de los datos.

### **III.II PROCEDIMIENTO.**

Para la identificación de los contactos oclusales de todos los grupos a evaluar, se introdujo al paciente en el gabinete odontológico, en el cual se le sentaba en el sillón dental. Se le estabilizaba la cabeza en una

posición incorporada, intentando que durante toda la recogida de los datos estuvieran en la misma posición y que fuera igual en todos los pacientes de la muestra.

## A. LOCALIZACIÓN DE LOS CONTACTOS OCLUSALES EN EL PACIENTE.

Para la identificación de los contactos oclusales en el paciente, en la posición de máxima intercuspidad, de forma intraoral, se utilizó el papel articular de 8 micras (Arti-Fol, Bausch Articulating Paper, Inc, Nashua, USA). Los contactos fueron anotados en función de su localización (diente nº: si/no). Para el almacenamiento de los datos, se realizaron una serie de fotografías intraorales (fotografía oclusal superior, fotografía oclusal inferior y fotografía en oclusión).

Los contactos marcados en este grupo de forma intraoral fueron el grupo control en este estudio.



Fig. 13. Paciente nº17, fotografía intraoral localizando los contactos oclusales con la ayuda del papel articular de 8 micras.

Además se identificaron los contactos oclusales con el shim stock (Hanel Shimstock, Roeko Dental, Langenau, Germany) unas tiras de papel de aluminio de 8 micras de grosor. Para poder localizar los contactos con este método, es necesario posicionar el papel de aluminio sobre el diente a evaluar, el paciente ocluye en una posición de máxima intercuspidadación y si el diente sostiene el shim stock es que presenta un contacto oclusal. Fue necesario evaluar los contactos oclusales diente por diente.

Para tener información adicional se localizaron los contactos oclusales con papeles de articulación de distintos grosores, 40 micras (Arti-Check

BK 10, Bausch Articulating Paper, Inc, Nashua, USA) y 200 micras (Arti-  
Check BK 01, Bausch Articulating Paper, Inc, Nashua, USA).



Fig 14. Paciente nº17. Localización de los contactos oclusales con shim stock.



Fig. 15. Paciente nº17. Fotografía intraoral en oclusión, localizando los contactos oclusales mediante el papel articular de 40 micras.

## B. CONFECCIÓN DE MODELOS DE ESCAYOLA Y LOCALIZACIÓN DE LOS CONTACTOS.

Para la identificación de los contactos oclusales en los modelos de yeso, fue necesario realizar unas impresiones intraorales en silicona. Se realizó una técnica de doble impresión con un material de polivinilsiloxano de doble consistencia, pesado y fluido (Virtual, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lietschenstein). Se realizaron las impresiones de las arcadas superiores e inferiores de todos los pacientes (sin burbujas, deformaciones ni perforaciones), con la ayuda de cubetas de plástico estandarizadas (Position Tray®, 3M ESPE, St Paul MN, USA), validadas siempre por el mismo operador. Posteriormente, se positivaron las impresiones en escayola tipo IV (Fujirock, GC Europe, Leuven, Belgium).

Todos los materiales fueron manipulados siempre por el mismo operador y se utilizaron según las instrucciones de los fabricantes.



Fig. 16. Impresiones de silicona con la técnica de doble mezcla y doble consistencia.

Los modelos de escayola, superiores e inferiores, se montaron en un articulador semiajustable (Stratos 300, Ivoclar Vivodent, Schaan, Liechtenstein), mediante el uso del arco facial correspondiente para el articulador.

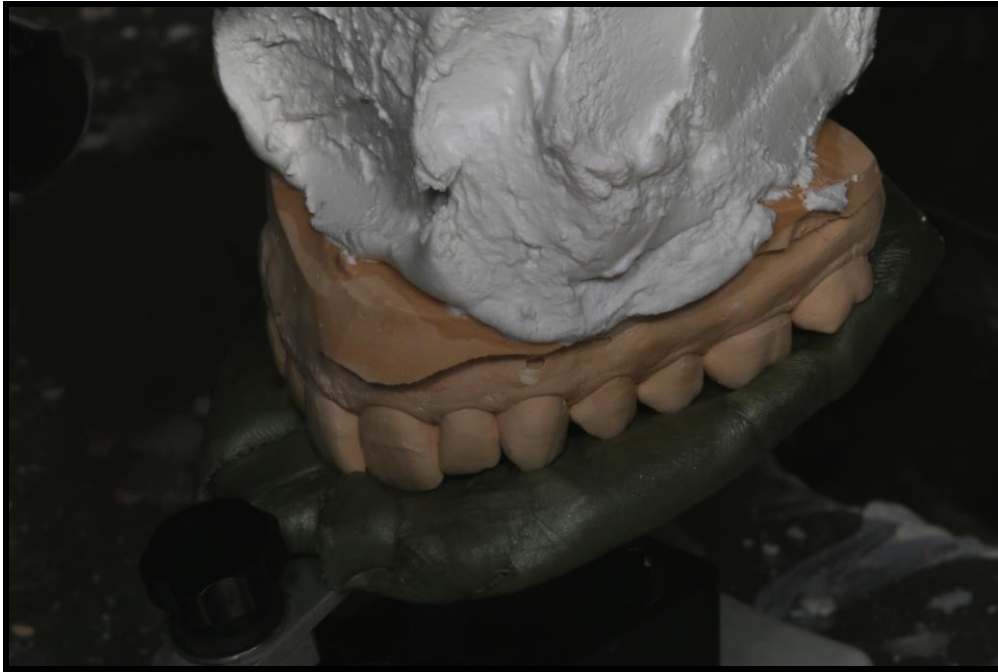


Fig. 17. Paciente nº1, montaje del modelo superior.

Los modelos inferiores se montaron en una posición de máxima intercuspación (posición más frecuentemente usada en la práctica clínica diaria) (20). No fue necesario realizar ningún registro intermaxilar para el posicionamiento de los modelos inferiores en el articulador, ya que según diversos autores (Straga, 2009, Dixon y cols, 2000) este registro intermaxilar puede añadir un error adicional al proceso, es decir, si los modelos superiores e inferiores presentan una adecuada intercuspidadación y contactos tripódicos, se recomienda articular los modelos inferiores con la mano sin la ayuda de un registro interoclusal (17,23). En todos los casos los modelos fueron montados utilizando el mismo articulador semiajustable.

Por último, se registraron los contactos oclusales con el papel articular de 8 micras (Arti-Fol II, Bausch Articulating Paper, Inc, Nashua, USA), en

función de su localización al igual que en el grupo control (diente n° si/no)

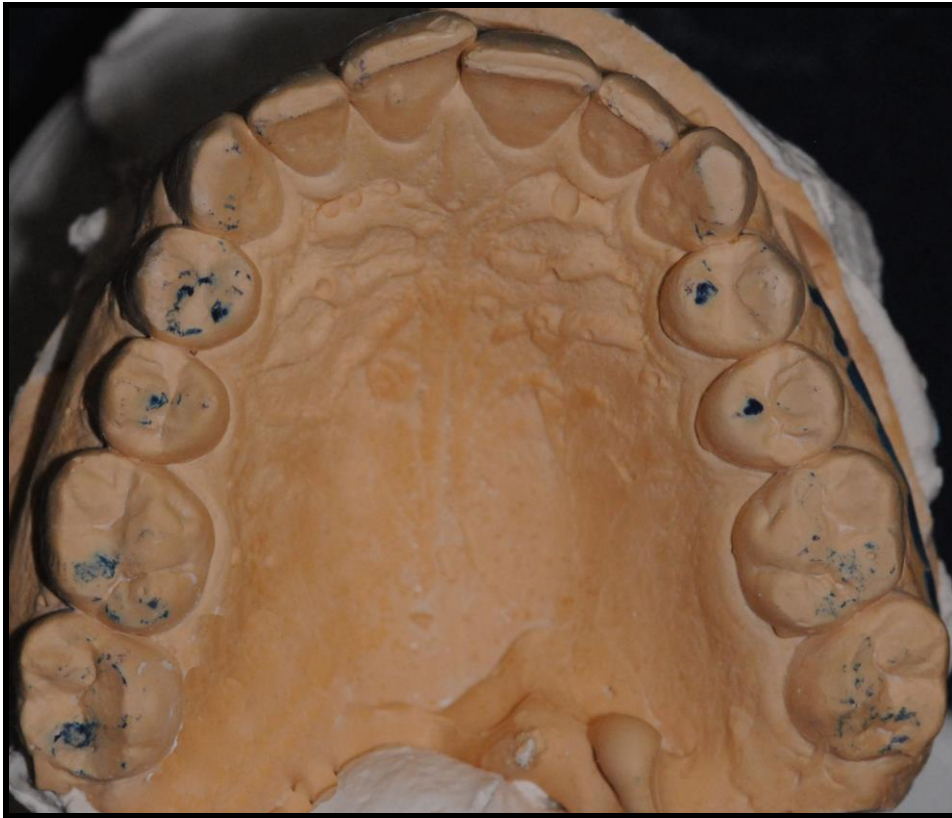


Fig. 18. Paciente n°1, modelo superior de escayola montado en el articulador, donde se observan los contactos oclusales marcados en azul.

Además se localizaron los contactos oclusales de los modelos de escayola con la ayuda del shim stock.

### C. OBTENCIÓN DE MODELOS VIRTUALES PROCEDENTES DEL ESCÁNER INTRAORAL.

Para la toma de impresiones intraorales digitales de cada uno de los casos, se empleó un escáner intraoral basado en la tecnología que se

conoce como ultrafast sectioning technology (Trios-Pod 2 Color, 3Shape, Copenhagen, Denmark). Para la obtención de los modelos digitales fue necesario escanear la arcada superior, inferior y en oclusión (dos escaneados vestibulares en una posición de máxima intercuspidad) de todos los pacientes. Los escaneados se realizaron siempre por el mismo operador siguiendo las instrucciones del fabricante. Se obtuvieron unos archivos digitales (en formato STL.) de todos los modelos virtuales (superiores, inferiores y en oclusión). Estos archivos se almacenaron para su posterior análisis y recogida de los datos.



Fig 19. Paciente nº7. Escaneado intraoral con el escáner Trios Standard (Phibo, 3Shape)

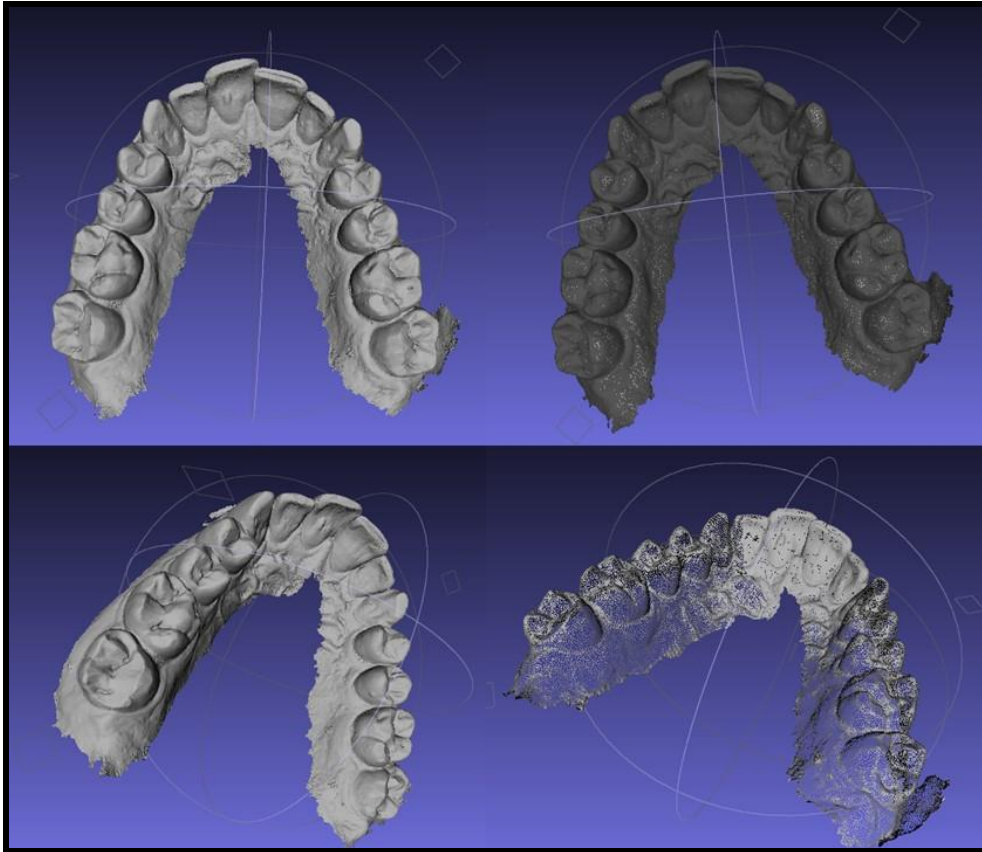


Fig. 20. Imágenes de los archivos STL del modelo virtual superior, procedente del escaneado intraoral del paciente nº1, visto desde varios ángulos.

#### D. OBTENCIÓN DE MODELOS VIRTUALES PROCEDENTES DEL ESCÁNER EXTRAORAL.

Posteriormente, los modelos de escayola previamente montados en articulador de cada paciente, se escanearon con un escáner extraoral óptico de luz estructurada (Zfx Evolution, Zimmer Biomet Dental, Inc). Se realizaron escaneados del modelo superior, modelo inferior y modelos montados en una posición de máxima intercuspidadación (escaneado

vestibular). Se almacenaron todos los archivos STL y en formato PDF para su posterior análisis.

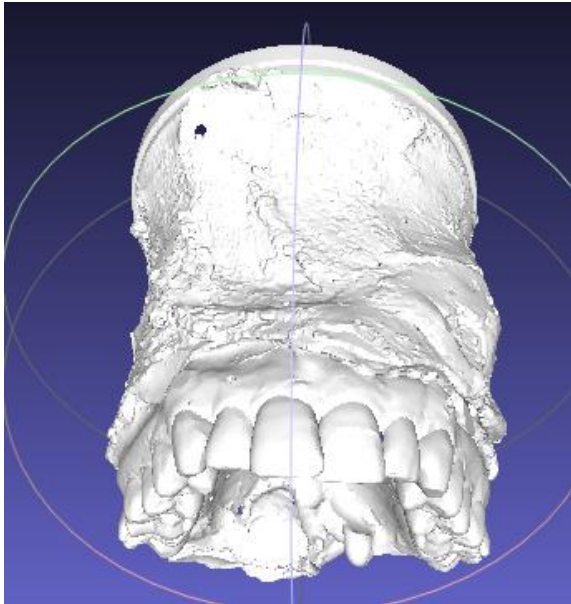


Fig 21. Archivo STL del escaneado del modelo superior procedente del paciente nº1, realizado con el escáner extraoral Zfx Evolution (Zimmer Dental, Inc).

### E. ANÁLISIS OCLUSAL T-SCAN III.

Por último se realizaron todos los registros intermaxilares con el sistema de análisis oclusal T-Scan III (Klockner, Tekscan Inc, South Boston, Mass), software 9.0 (v9.1.11). Se individualizó en la ficha de cada paciente la anchura del incisivo central y ausencia/presencia de cordales. Para el registro del T-Scan III fue necesario instruir al paciente sobre cómo realizar los movimientos de apertura y cierre. Se realizó un primer registro de prueba pidiendo al paciente realizar los movimientos requeridos e

individualizando la saturación de la fuerza (necesario que solamente existan entre 1-3 barras rosas/saturadas). Posteriormente se grabaron los registros de máxima intercuspidadación y se almacenaron todos los registros para su posterior análisis.

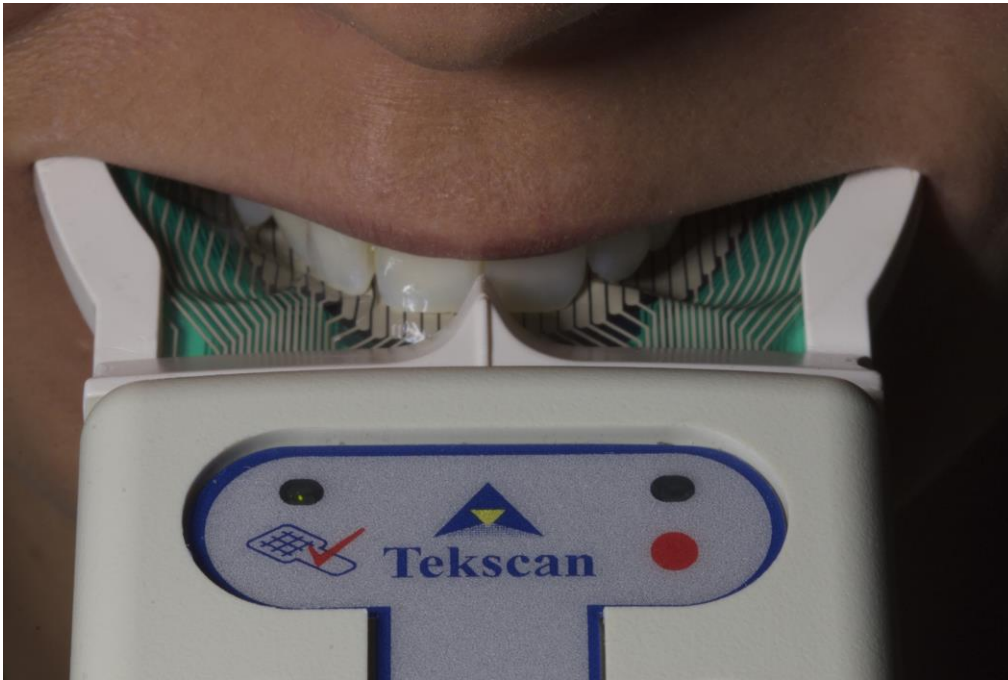


Fig 22. Registro de los contactos oclusales (paciente nº4) con el sistema de análisis oclusal T-Scan III.

### **III.III. RECOGIDA Y ALMACENAMIENTO DE LOS DATOS.**

#### **A. GRUPO CONTROL. CONTACTOS OCLUSALES EN LOS PACIENTES.**

Dos evaluadores, identificaron los contactos oclusales de todos los grupos de forma independiente, para ello fueron previamente

calibrados. Se clasificaron los contactos en una variable dicotómica Si/No, sin tener en cuenta la cantidad de superficie o la intensidad del contacto oclusal (Diente/Contacto SI/NO). Para clasificar el contacto oclusal como un contacto, los examinadores anotaron los contactos en el primer momento que la marca oclusal se podía visualizar. Para la recogida de todos los datos se diseñó una hoja de resultados por paciente, en la que se mostraban todos los dientes maxilares y se anotaba la existencia o no de contacto oclusal por diente.

Los dos examinadores registraron los contactos oclusales del grupo control, es decir los identificados de forma intraoral en las fotografías, con el papel articular de 8 micras. Todos los datos se anotaron en una hoja de cálculo de Excel. (Versión 2010 para Windows Vista®).



Fig. 23. Fotografía intraoral (paciente n°1) de los contactos oclusales obtenidos con el papel de articular de 8 micras.

## B. CONTACTOS OCLUSALES EN LOS PACIENTES CON DISTINTOS GROSORES DE PAPEL ARTICULAR.

Los examinadores, de forma independiente, registraron los contactos oclusales (diente n°, contacto si/no), marcados por el papel articular de 40 y 200 micras, procedentes de las fotografías intraorales. Todos los datos se anotaron en una hoja de cálculo de Excel. (Versión 2010 para Windows Vista®).



Fig. 24. Fotografía intraoral (paciente n°11) de los contactos oclusales obtenidos con el papel de articular de 200 micras.

## C. CONTACTOS OCLUSALES EN LOS MODELOS ARTICULADOS.

Se registraron los contactos oclusales, procedentes de los modelos de yeso, marcados por el papel articular de 8 micras. Para almacenar la información se realizaron fotografías de los modelos, previamente montados en el articulador, (fotografías de los modelos superiores, inferiores y en oclusión). Los examinadores apuntaron los contactos procedentes de las fotografías de los modelos de forma independiente. Todos los datos se anotaron en una hoja de cálculo de Excel. (Versión 2010 para Windows Vista®).

## D. CONTACTOS OCLUSALES SHIM STOCK INTRAORAL Y SHIM STOCK EXTRAORAL.

Se registraron los contactos obtenidos de las mediciones con el shim stock, tanto de forma intraoral en el paciente, como de forma extraoral en los modelos montados en el articulador. Estos contactos se dividieron en dos grupos: shim stock intraoral y shim stock extraoral. Todos los datos se anotaron en una hoja de cálculo de Excel. (Versión 2010 para Windows Vista®).

## E. CONTACTOS OCLUSALES REGISTRADOS EN LOS MODELOS VIRTUALES OBTENIDOS MEDIANTE ESCANEADO INTRAORAL.

Se registraron los contactos oclusales procedentes de los modelos virtuales obtenidos de los escaneados intraorales. El propio software del escáner realiza una superposición de los archivos STL (best-fit) siendo capaz de marcar si existe un contacto oclusal o no y la distancia interoclusal existente expresada en micras (ver en fig 16). Los evaluadores registraron los contactos de los modelos virtuales, clasificándolos en una variable dicotómica Si/No, al igual que en el resto de los grupos. Todos los datos se anotaron en una hoja de cálculo de Excel. (Versión 2010 para Windows Vista®).

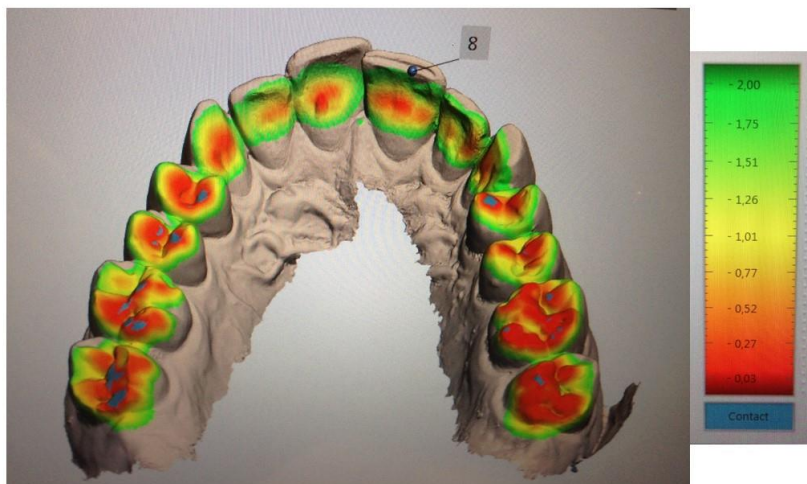


Fig. 25. Imagen del modelo superior virtual, paciente n°1, procedente del escaneado intraoral. Se observan los contactos oclusales marcados en azul y un mapa de color según el espacio interoclusal expresado en micras.

## F. CONTACTOS OCLUSALES REGISTRADOS EN LOS MODELOS VIRTUALES OBTENIDOS MEDIANTE ESCANEADO EXTRAORAL.

Se incluyeron en la hoja de cálculo de Excel (Diente/Contacto Si/No) (Versión 2010 para Windows Vista®) los contactos oclusales de los modelos virtuales procedentes de los escaneados extraorales. El software del sistema (Zfx Manager, Design Cad 6.0) superpone los escaneados permitiendo cuantificar los contactos oclusales, siendo capaz de marcar los contactos oclusales en color y mostrar su superficie.

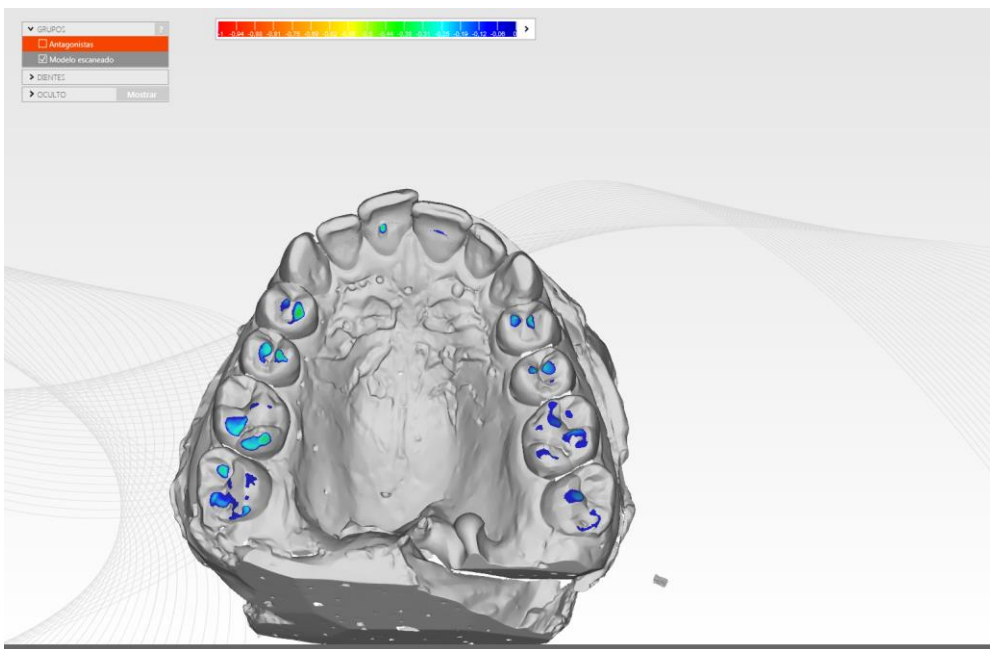


Fig. 26. Contactos oclusales representados en el escaneado extraoral del modelo superior (paciente nº1). Se observan los contactos oclusales marcados en azul y un mapa de color según el espacio interoclusal, expresado en micras. (Zfx Manager, Design Cad 6.0)

## G.CONTACTOS OCLUSALES REGISTRADOS EN EL SISTEMA DE ANÁLISIS OCLUSAL T-SCAN III.

Por último se anotaron todos aquellos contactos localizados en los registros realizados con el T-Scan III. El software del sistema permite cuantificar los contactos oclusales en porcentaje de contacto. Todos los datos se almacenaron en una hoja de cálculo de Excel dentro del grupo de contactos T-Scan III. (Versión 2010 para Windows Vista®).

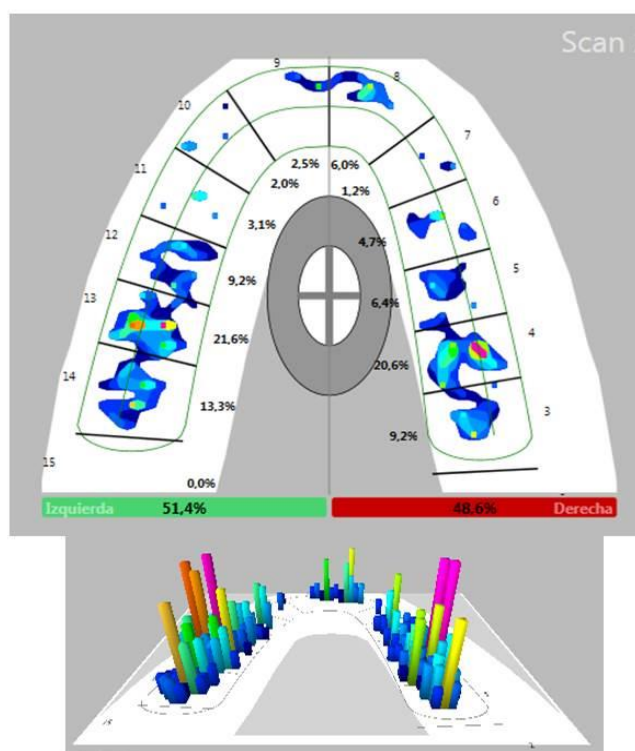


Fig. 27. Registro oclusal (paciente n°4) realizado por el sistema de análisis T-Scan III.

Diente	Intraoral 8μ	Modelos 8μ	Intraoral 40μ	Intraoral 200μ	Shimstock Intraoral	Shimstock Extraoral	Escáner Intraoral	Escáner Extraoral	T- Scan
17	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No

Tabla 2. Resumen del almacenamiento de los datos para el diente 17.

Hoja de cálculo de Excel.

### III.IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

La matriz de datos evidenció la existencia de los contactos oclusales y los clasificó en función de la presencia o no de contacto por diente para cada técnica empleada. Estos datos se almacenaron en una hoja de cálculo de Excel (Versión 2010 para Windows Vista®) y se realizó el análisis estadístico mediante el software SPSS 19,00 para Mac (IBM).

Se comenzó el análisis estadístico de los resultados descriptivos, expresados en términos categóricos, realizando un test de Chi cuadrado de Pearson para cada grupo de registro interoclusal. A continuación se efectuó el **índice de concordancia Kappa de Cohen** con los datos obtenidos del operador 1 versus operador 2, analizándose el **acuerdo inter-operador**. Posteriormente se realizó el índice de concordancia Kappa de Cohen enfrentando el grupo de los contactos oclusales intraorales (papel 8 micras en los pacientes), como gold

estándar, y el resto de los grupos de contactos como test. Se analizó el **acuerdo intra-operador/intermétodo**.

En 1977, Landis y Koch propusieron una escala de interpretación del valor de Kappa que se muestra a continuación en la siguiente tabla (66).:

ÍNDICE DE KAPPA	FUERZA DE LA CONCORDANCIA
0,81 – 1,00	MUY BUENO
0,61 – 0,80	BUENO
0,41 – 0,60	MODERADO
0,21 – 0,40	BAJO
0,00 – 0,20	MUY BAJO
<0,00	SIN ACUERDO

Tabla 3. Donde se muestran los distintos valores del índice de Kappa.

Por otra parte, se realizaron las pruebas diagnósticas utilizando, como gold estándar, el grupo de los contactos oclusales de las fotografías intraorales (con papel articular de 8 micras) y los grupos papel articular en modelos, shim stock (intraoral y modelos), papel de 40 micras intraoral, papel de 200 micras intraoral, escáner intraoral, escáner extraoral y T-Scan como test. Se analizaron la **sensibilidad** (capacidad

del nuevo test para detectar la enfermedad, en nuestro caso, capacidad de detectar los contactos oclusales), **especificidad** (capacidad del nuevo test para detectar a los sujetos sanos, es decir, en este estudio es la capacidad para detectar las superficies de no contacto), **valores predictivos para positivos** (probabilidad de padecer la enfermedad si se obtiene un resultado positivo en el test, es decir probabilidad de que exista un contacto oclusal cuando el test lo marca como contacto oclusal) y **valores predictivos para negativos** (probabilidad de que un sujeto con un resultado negativo en la prueba esté realmente sano, es decir probabilidad de que no exista un contacto oclusal cuando en el test no existe el contacto).

Por último se realizó el análisis estadístico de la **Curva C.O.R.**, siempre utilizando el mismo gold estándar (Grupo de contactos oclusales intraorales con papel articular de 8 micras). La Curva C.O.R., (acrónimo de Característica Operativa del Receptor, *Receiver Operating Characteristic*) es una curva en la que se presenta la sensibilidad en función de los falsos positivos (complementario de la especificidad) para distintos puntos de corte. Es una representación gráfica de la sensibilidad frente a la especificidad para un sistema clasificador binario (Si contacto/No contacto) según se varía el umbral de discriminación

Una vez obtenidos los resultados se procedió a la discusión de los mismos.

## ***IV. RESULTADOS***

## RESULTADOS

El total del número de contactos registrados en cada técnica se muestran en la siguiente tabla.

<b>PA CIE NTE S</b>	<b>Fotos Papel 8μ Intraoral</b>	<b>Modelos Papel 8μ</b>	<b>Fotos Papel 40μ Intraoral</b>	<b>Fotos Papel 200 μ Intraoral</b>	<b>Shimstock Intraoral</b>	<b>Shimstock Modelos</b>	<b>Digital Escáner Intraoral</b>	<b>Digital Esáner Extraor al</b>	<b>Digital T_Scan III</b>
<b>1</b>	14	11	10	12	9	8	7	10	12
<b>2</b>	9	8	10	13	9	7	10	10	12
<b>3</b>	14	14	14	14	13	11	12	12	14
<b>4</b>	11	14	13	12	10	10	10	14	14
<b>5</b>	8	10	8	10	9	7	8	8	12
<b>6</b>	11	10	12	12	10	7	5	10	14
<b>7</b>	10	14	12	12	12	8	10	11	14
<b>8</b>	14	12	14	14	11	6	5	13	14
<b>9</b>	14	10	14	14	8	8	9	13	14
<b>10</b>	9	10	10	10	9	6	6	9	14
<b>11</b>	10	12	10	10	9	7	8	10	10

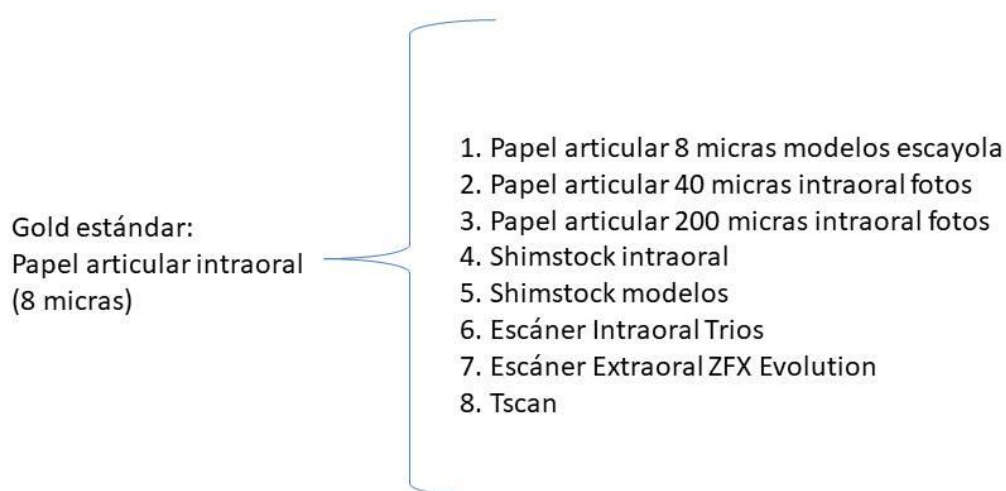
<b>12</b>	10	10	12	13	10	9	12	13	14
<b>13</b>	11	12	12	10	10	9	11	8	14
<b>14</b>	8	10	9	11	9	8	10	9	11
<b>15</b>	10	11	12	12	10	10	10	10	14
<b>16</b>	9	11	10	11	10	9	10	11	14
<b>17</b>	14	14	14	14	14	13	12	14	14
<b>18</b>	12	14	14	14	12	8	13	10	12
<b>19</b>	11	11	12	12	12	10	13	14	13
<b>20</b>	10	10	13	14	9	10	10	12	12
<b>21</b>	10	9	11	11	10	9	9	8	12
<b>22</b>	8	10	9	9	8	9	8	12	10
<b>23</b>	8	8	10	14	8	8	10	11	14
<b>24</b>	13	14	14	14	14	14	14	14	14
<b>25</b>	14	14	14	14	14	14	12	14	14

Tabla 4. Resumen del total de los contactos oclusales.

## ÍNDICE DE CONCORDANCIA Y CONSISTENCIA.

El índice global de concordancia Kappa de Cohen (acuerdo inter-operador) efectuado con los datos obtenidos del operador 1 versus operador 2, fue de 70,6%. Este acuerdo es considerado como BUENO.

Posteriormente se realizó el acuerdo intra-operador (inter-método), enfrentado el gold estándar versus los grupos de contactos considerados como test:



### **1. Papel de articular 8 micras intraoral (foto) VS Papel de articular 8 micras extraoral (modelo).**

Utilizando el papel articular de 8 micras en las fotografías intraorales como estándar y el papel articular de 8 micras de los modelos

montados en el articulador como test obtenemos los siguientes resultados:

<b>SIGNIFICACIÓN CHI CUADRADO</b>	<b>,0001</b>
<b>ÍNDICE KAPPA</b>	<b>,644</b>

Por lo tanto se acepta que existe concordancia entre los contactos obtenidos mediante el papel articular de 8 micras intraoral (foto) y los obtenidos por el papel articular de 8 micras utilizado en registros extraorales en los modelos. Según el índice de Kappa obtenido (64,4%) ( $p= 0,0001$ ) esta concordancia es considerada como BUENA.

2. **Papel de articular intraoral de 8 micras (foto) VS papel articular intraoral de 40 micras (foto).**

Utilizando el papel articular en las fotografías intraorales de 8 micras como estándar y los contactos obtenidos mediante el papel articular intraoral de 40 micras marcados en las fotografías test obtenemos los siguientes resultados:

<b>SIGNIFICACIÓN CHI CUADRADO</b>	<b>,0001</b>
<b>ÍNDICE KAPPA</b>	<b>,735</b>

Por lo tanto, existe concordancia, según el índice de Kappa obtenido (73,5%), considerada como BUENA, entre los contactos obtenidos mediante el papel articular de 8 micras intraoral (foto) y los obtenidos por los contactos detectados mediante el uso del papel articular de 40 micras intraoral (fotografías) con una significación estadística del 0,0001%.

**3. Papel de articular intraoral de 8 micras (fotografías) VS Papel articular intraoral de 200 micras (fotografías).**

Utilizando el papel articular de 8 micras intraoral (fotografías) como estándar y los contactos obtenidos mediante el papel articular de 200 micras intraoral (fotografías) como test obtenemos los siguientes resultados:

<b>SIGNIFICACIÓN CHI CUADRADO</b>	<b>,0001</b>
<b>ÍNDICE KAPPA</b>	<b>,570</b>

Según el índice de Kappa obtenido (57%), existe concordancia y es considerada como MODERADA ( $p=0,0001$ ), entre los contactos obtenidos mediante el papel articular de 8 micras intraoral (fotografías) y los obtenidos por los contactos detectados mediante el uso del papel articular de 200 micras intraoral (fotografías).

**Papel de articular de 8 micras intraoral (fotografías) VS Contactos marcados por shim stock intraoral.**

Utilizando el papel articular de 8 micras intraoral de las fotografías como estándar y los contactos obtenidos por el shim stock intraoral como test, obtenemos los siguientes resultados:

<b>SIGNIFICACIÓN CHI CUADRADO</b>	<b>,0001</b>
<b>ÍNDICE KAPPA</b>	<b>,727</b>

Según el índice de Kappa obtenido (72,7%) esta concordancia es considerada como BUENA ( $p= 0,0001$ ). Existe concordancia entre los contactos obtenidos mediante el papel articular de 8 micras intraoral (foto) y los obtenidos por el shim stock de forma intraoral.

**4. Papel de articular de 8 micras intraoral (fotografías) VS Contactos marcados por shim stock extraoral.**

Utilizando el papel articular de 8 micras intraoral de las fotografías como estándar y los contactos obtenidos por el shim stock extraoral (marcados en los modelos de escayola, montados en el articulador) como test, obtenemos los siguientes resultados:

<b>SIGNIFICACIÓN CHI CUADRADO</b>	<b>,0001</b>
<b>ÍNDICE KAPPA</b>	<b>,523</b>

Según el índice de Kappa obtenido (52,3%) esta concordancia es considerada como MODERADA ( $p= 0,0001$ ). Existe concordancia entre los contactos obtenidos mediante el papel articular de 8 micras intraoral (fotografías) y los obtenidos por el shim stock utilizado en los modelos de ecaýola.

**5. Papel de articular de 8 micras intraoral (fotografías) VS Contactos marcados por el escáner intraoral (digital).**

Utilizando el papel articular de 8 micras intraoral de las fotografías como estándar y los contactos obtenidos por el escáner intraoral (método digital) como test, obtenemos los siguientes resultados:

<b>SIGNIFICACIÓN CHI CUADRADO</b>	<b>,0001</b>
<b>ÍNDICE KAPPA</b>	<b>,561</b>

Según el índice de Kappa obtenido (56,1%) esta concordancia es considerada como MODERADA ( $p= 0,0001$ ). Existe concordancia entre los contactos obtenidos mediante el papel articular de 8 micras intraoral (fotografías) y los obtenidos por el escáner intraoral.

**6. Papel de articular de 8 micras intraoral (fotografías) VS Contactos marcados por el escáner extraoral (digital).**

Utilizando el papel articular de 8 micras intraoral de las fotografías como estándar y los contactos obtenidos por el escáner extraoral (método digital) como test, obtenemos los siguientes resultados:

<b>SIGNIFICACIÓN CHI CUADRADO</b>	<b>,0001</b>
<b>ÍNDICE KAPPA</b>	<b>,503</b>

Según el índice de Kappa obtenido (50,3%) esta concordancia es considerada como MODERADA ( $p= 0,0001$ ). Existe concordancia entre los contactos obtenidos mediante el papel articular de 8 micras intraoral (fotografías) y los obtenidos por el escáner extraoral.

**7. Papel de articular de 8 micras intraoral (fotografías) VS Contactos marcados por el sistema de análisis oclusal T-Scan III (digital).**

Utilizando el papel articular de 8 micras intraoral de las fotografías como estándar y los contactos obtenidos por el sistema de análisis oclusal T-Scan III (método digital) como test, obtenemos los siguientes resultados:

<b>SIGNIFICACIÓN CHI CUADRADO</b>	<b>,0001</b>
<b>ÍNDICE KAPPA</b>	<b>,299</b>

Según el índice de Kappa obtenido (29,9%) esta concordancia es considerada como BAJA. Por lo tanto se puede confirmar que existe poca concordancia entre los contactos obtenidos mediante el papel articular de 8 micras intraoral (fotografías) y los contactos obtenidos por el sistema de análisis oclusal T-Scan III.

**RESUMEN DE LOS ÍNDICES DE KAPPA (GOLD ESTÁNDAR PAPEL ARTICULAR DE 8 MICRAS INTRAORAL, FOTOGRAFÍAS):**

	<b>ÍNDICE DE KAPPA</b>	<b>FUERZA CONCORDANCIA</b>
<b>Papel 8 micras Modelos</b>	64,4%	BUENO
<b>Papel 40 micras Intraoral</b>	73,5%	BUENO
<b>Papel 200 micras Intraoral</b>	57%	MODERADO
<b>Shim stock Intraoral</b>	72,7%	BUENO
<b>Shim stock Extraoral</b>	52,3%	MODERADO

<b>Escáner Intraoral</b>	56,1%	MODERADO
<b>Escáner Extraoral</b>	50,3%	MODERADO
<b>T-Scan III</b>	29,9%	BAJO

Tabla 5. Resumen de los resultados del Índice de Kappa de Cohen.

## TEST DE SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD. PRUEBAS DIAGNÓSTICAS.

Utilizando los contactos marcados con papel articular de 8 micras, en las fotografías intraorales, como gold estándar y los contactos obtenidos en el resto de grupos de contactos oclusales como test, se obtienen los siguientes resultados:

<b>Variables</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Especificidad</b>	<b>VPP</b>	<b>VPN</b>
<b>Papel 8 micras Modelos</b>	94,48%	66,66%	90,81%	77,61%
<b>Papel 40 micras Intraoral</b>	98,5%	67,94%	91,46%	92,98%
<b>Papel 200 micras Intraoral</b>	98,16%	50%	87,25%	88,63%
<b>Shim stock Intraoral</b>	91,1%	85,89%	95,75%	73,62%

<b>Shim stock</b> <b>Extraoral</b>	78,67%	84,61%	94,69%	52,22%
<b>Escáner</b> <b>Intraoral</b>	83,82%	79,48%	93,44%	58,49%
<b>Escáner</b> <b>Extraoral</b>	90,80%	57,69%	88,21%	64,28%
<b>T-Scan III</b>	98,16%	24,35%	81,90%	79,16%

Tabla 6. Comparación de los contactos oclusales determinados por el papel articular de 8 micras intraoral (fotografías) gold estándar y los obtenidos mediante el papel articular intraoral de 40 micras, 200 micras, shim stock intraoral, shim stock extraoral, escaneado intraoral, escaneado extraoral y T-Scan. La tabla muestra la especificidad, sensibilidad, los valores predictivos para positivos y los valores predictivos para negativos.

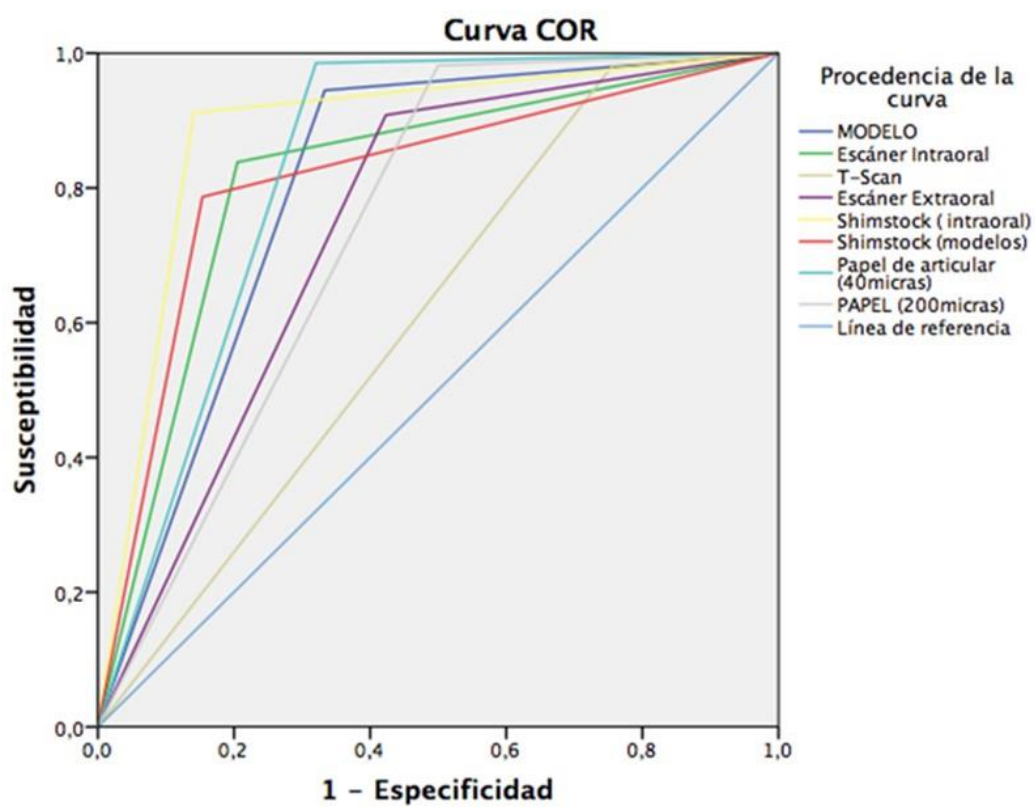
### **CURVA C.O.R.**

Por último se realizó el análisis estadístico de la Curva C.O.R., siempre utilizando el mismo gold estándar (Grupo de contactos oclusales intraorales con papel articular de 8 micras)

En este tipo de curvas se analiza el resumen de las pruebas diagnósticas.

<b>Variables</b>	<b>Área bajo la curva</b>	<b>Significación</b>
<b>Papel 8 micras Modelos</b>	,806	,0001
<b>Papel 40 micras Intraoral</b>	,832	,0001
<b>Papel 200 micras Intraoral</b>	,741	,0001
<b>Shim stock Intraoral</b>	,885	,0001
<b>Shim stock Extraoral</b>	,816	,0001
<b>Escáner Intraoral</b>	,817	,0001
<b>Escáner Extraoral</b>	,743	,0001
<b>T-Scan III</b>	,613	,002

Tabla 7. Resultados del área bajo la curva COR.



Los segmentos diagonales son producidos por los empates.

Fig. 28. Gráfico resumen de los resultados de la Curva COR.

## **v. *DISCUSIÓN***

## **DISCUSIÓN EN CUANTO AL MATERIAL Y MÉTODO.**

A lo largo de los años, en la literatura científica, se han enumerado diversos materiales y métodos para registrar los contactos oclusales. Aún con todo el desarrollo existente en el estudio de la oclusión, para poder realizar un correcto análisis oclusal y minimizar los posibles errores, tanto en el diagnóstico como durante los tratamientos, es necesario que se investiguen y desarrollen métodos más objetivos de los ya existentes.

Como se ha comentado anteriormente, dentro de los métodos cualitativos se pueden encontrar el papel articular, shim stock y distintos materiales como ceras o elastómeros. Éstos solamente pueden identificar la localización y número de los contactos oclusales. Debido a su bajo coste y fácil manipulación, son utilizados por la mayoría de los profesionales en la práctica clínica diaria (28).

El gold estándar en el ámbito dental, dentro de los métodos cualitativos, es el papel articular de diferentes grosores, los más utilizados son los de 8, 40 y 200 micras (20,28,33,70–72). La anchura y el grosor del propio papel articular son factores limitantes a la hora de utilizarlos y para poder tener información de todos los contactos oclusales de una arcada completa se necesita que el paciente realice varios actos de oclusión. Además la propia saliva del paciente también puede interferir en los resultados, ya que se pueden crear tanto falsos positivos como falsos negativos, con estos métodos basados en colorantes. Todos estos factores limitantes ponen en duda su fiabilidad para realizar los análisis oclusales y poder cuantificar los contactos en los estudios clínicos.

Ninguno de estos materiales se ha demostrado científicamente como material o método “ideal” para analizar la oclusión (37).

Dentro de los métodos cualitativos se encuentran tres instrumentos, el sistema de análisis oclusal T-Scan, la foto-oclusión y Dental Prescale System. Pueden realizar un análisis de los contactos oclusales más objetivo, ya que además de analizar el número y localización de los contactos oclusales, pueden evaluar la intensidad y secuencia temporal de éstos. A pesar de ello, no están exentos de limitaciones ya que proporcionan imágenes en dos dimensiones y la información que proporcionan del contacto oclusal no se relaciona con la anatomía real de las superficies oclusales, la mayoría de las veces es necesario combinarlos con un método cualitativo como el papel articular.

Este estudio presenta una serie de limitaciones. Se comparan los contactos oclusales intraorales con los que se representan en los modelos de escayola, pero un modelo rígido no puede representar el entorno biológico de la cavidad oral. En una impresión intraoral digital, cuando el paciente ocluye en máxima intercuspidad los dientes muestran una capacidad de intrusión. La movilidad de los dientes no se puede simular en los modelos de escayola, por ello pueden existir diferencias al compararlos con la situación intraoral (43).

El objetivo de este estudio era analizar la fiabilidad de los contactos oclusales obtenidos en los modelos virtuales, procedentes del escaneado intraoral, escaneado extraoral y los contactos registrados por el sistema de análisis oclusal T-Scan III. Para poder analizar la fiabilidad expresada en términos de concordancia, de los contactos procedentes de las nuevas tecnologías, es necesario compararlos con un gold estándar o un método validado. Desafortunadamente no existe un gold estándar aceptado universalmente para identificar en la clínica diaria los contactos oclusales. A pesar de sus limitaciones, el papel articular y el shim stock (tiras metálicas de aluminio) se utilizan como estándar en la clínica diaria.

Si los contactos oclusales procedentes de los nuevos sistemas digitales son totalmente fiables, van a presentar una serie de ventajas, ya que se pueden analizar los contactos en tres dimensiones. Van a generar una serie de imágenes en las que se va a poder evaluar el área total del contacto y la orientación del contacto sobre la superficie oclusal.

## **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.**

Se calculó la significación estadística de los resultados del estudio realizando un test de Chi cuadrado de Pearson. En todos los grupos de contactos interoclusales, el test de Chi cuadrado resultó estadísticamente significativo.

Posteriormente se utilizó el Índice de Kappa de Cohen interoperador, para medir la concordancia entre varios observadores (observador 1 versus observador 2). Se obtuvo una Buena concordancia (70,6%), lo que significa que, los dos operadores previamente calibrados y de forma independiente, obtuvieron resultados similares a la hora de cuantificar los contactos interoclusales los grupos a evaluar.

A continuación, se efectuó el Índice de Kappa de Cohen intraoperador/intermétodo entre una prueba real o gold estándar (contactos oclusales intraorales con el papel articular de 8 micras) con el resto de los grupos a evaluar. El mejor valor del Índice de Kappa, dentro de los grupos analógicos o convencionales se obtuvo en el grupo de los contactos obtenidos con papel articular intraoral de 40 micras, este valor fue de 73,5% (porcentaje de concordancia). Según la escala de interpretación del índice Kappa de Cohen (propuesta por Landis y Koch), este resultado de concordancia se puede clasificar como *bueno*. Dentro del grupo digital los mejores resultados se encontraron en el grupo de los contactos generados por el escáner intraoral ( $K=0,561$ ;  $p=0,0001$ ) seguido del grupo de los contactos obtenidos mediante el escaneado extraoral ( $K=0,503$ ;  $p=0,0001$ ). El grado de acuerdo entre los contactos procedentes de los modelos virtuales con respecto al gold estándar es *moderado*. Los peores valores de Kappa, se obtuvieron cuando se compararon los contactos de los registros del T-Scan III frente al gold estándar ( $K=0,299$ ;  $p=0,002$ ), siendo

este acuerdo considerado como *bajo*. Este resultado tan bajo, puede ser debido a la diferencia de grosores existente cuando comparamos los contactos del grupo gold estándar (8micras) con el espesor de sensor del T-Scan III, que es de 100 micras. Hay una diferencia importante que podría influir en la fiabilidad del registro y producir desviación del cierre oclusal por una deflexión mandibular (36).

En los resultados del análisis de capacidad de las pruebas diagnósticas, se pueden clasificar en función del parámetro evaluado:

- Sensibilidad: se encontraron unos resultados entre 70,7% y 98,5%, obteniendo los valores de sensibilidad más bajos el grupo del shim stock en los modelos de escayola y los valores más altos los grupos de papel articular de 40 micras intraoral (98,5%), papel de 200 micras intraoral (98,16%) y T-Scan III (98,16%). Se concluye a la vista de estos resultados, que a la hora de localizar los contactos oclusales, dentro de los métodos digitales, el grupo más fiable es el sistema de análisis oclusal T-Scan III, y dentro de los métodos convencionales, el papel articular de 40 micras, siempre que el gold estándar utilizado en este estudio se considere fiable.
- Especificidad: los resultados oscilan entre el 24,35% y 85,89%. Los valores de especificidad más altos los obtuvieron los grupos de shim stock intraoral (85,89%) y shim stock extraoral (84,61%). Los valores de especificidad más bajos se obtuvieron en el grupo

digital del T-Scan III (24,35%). Los contactos oclusales registrados con el método del shim stock, tanto intraoral como extraoral, son los grupos que mejores resultados presentan a la hora de registrar la superficie de no contacto oclusal.

- Valor predictivo positivo: se obtuvieron unos resultados entre 81,90%-95,75%; siendo el valor más alto para el grupo de shim stock intraoral y el más bajo para el grupo digital del T-Scan III. Todos los grupos de contactos presentaron resultados altos. Con estos resultados se puede confirmar que todos los grupos evaluados de registros interoclusales son fiables detectando los contactos oclusales.
- Valor predictivo negativo: se obtuvieron los resultados de más bajos en el grupo de shim stock extraoral (52,22%) y más altos en el grupo de papel 40 micras intraoral (92,98%). (Ver Tabla nº 7)

Diversos autores (DeLong y cols) establecen unos valores mínimos para confirmar un nuevo método como prueba diagnóstica fiable, éstos son en sensibilidad unos resultados mayores de 0,70 y en especificidad mayores de 0,90. En nuestro estudio, en los resultados de sensibilidad todos los grupos presentan resultados mayores de 0,70, pero en el caso de la especificidad no. Solamente se acercan a ese valor los grupos de shim stock intraoral, shim stock extraoral y escaneado intraoral, por lo

que los contactos interoclusales generados con estos métodos pueden validarse como método diagnóstico fiable.

Dentro de los métodos analógicos y digitales, cuando se comparan los contactos oclusales intraorales (papel articular de 8 micras, gold estándar) con los contactos de los grupos de los modelos de yeso, papel articular de 40 micras, papel articular de 200 micras, contactos del escaneado extraoral y contactos del T-scan III, se consigue un buen valor de sensibilidad pero no de especificidad (94,48%- 66,66%, 98,5% - 67,94%, 98,16% - 50%, 90,80% - 57,69%, 98,16% - 24,35%, respectivamente). Se puede confirmar que estos métodos son fiables registrando los contactos oclusales, pero no son capaces de detectar los dientes que no poseen contacto oclusal. Estos grupos pueden generar falsos positivos, por lo que no se pueden considerar como métodos fiables.

Se obtuvieron unos resultados de los contactos oclusales de los grupos digitales menores a los esperados. Esto se puede explicar con varias razones, primero se ha comparado con un gold estándar analógico (papel articular de 8 micras) cuando a día de hoy no existe un estándar aceptado universalmente en los estudios clínicos y además la precisión inherente de los escáneres tanto intraorales como extraorales puede ser un factor limitante.

En cuanto a los resultados de la curva C.O.R., se obtuvieron los valores más altos en el grupo del shim stock intraoral (0,885) y el valor más bajo lo presentó el grupo de T-Scan III (0,613). (Ver Tabla nº 8)

## **DISCUSIÓN EN CUANTO A OTROS ESTUDIOS Y OTRAS TÉCNICAS.**

En 2002, Delong y colaboradores, evaluaron los contactos oclusales generados en los modelos virtuales procedentes del escaneado de modelos de escayola montados en un articulador semiajustable. Para ello, comparan los contactos de 4 grupos de modelos virtuales (alineando los modelos superiores e inferiores con 4 registros diferentes) con los contactos obtenidos por el shim stock y con los contactos del gold estándar (papel articular en los modelos de escayola). En su estudio confirman que, a pesar de las limitaciones presentes, los contactos generados en los modelos virtuales son similares a los obtenidos con el papel articular en los modelos de yeso (73).

En el estudio realizado por Stragga en 2009, comparó los contactos oclusales generados de forma analógica con los obtenidos por métodos digitales, es decir, analizó los contactos procedentes de los modelos de escayola (previamente montados en un articulador semiajustable) analizados con un papel articular, con los contactos de esos mismos modelos digitalizados con un escáner extraoral de naturaleza óptica. Realizó las pruebas del análisis de la capacidad diagnóstica (sensibilidad, especificidad, valores predictivos para positivos y para negativos), al igual que se ha realizado en este estudio, comparando los contactos de los modelos como gold estándar con los contactos de los modelos virtuales. Los resultados que obtuvo fueron: sensibilidad 54%, especificidad 98%, VVP 76% y VPN 96%. Se pueden encontrar diferencias

con los resultados conseguidos en este estudio en el grupo de contactos oclusales obtenidos por escáner extraoral (90,80%, 57,69%, 88,21%, 64,28% respectivamente). Estas diferencias pueden deberse a los distintos gold estándar utilizados en ambos estudios, Straga utiliza como estándar los contactos marcados en los modelos de escayola y en este estudio el estándar o grupo control fueron los contactos analizados directamente de forma intraoral en los pacientes. Es necesario que se acepte de forma universal un estándar, a la hora de evaluar los contactos oclusales en los estudios realizados, para poder comparar los resultados. Además es necesario puntualizar que se utilizaron distintos escáneres extraorales, ambos de naturaleza óptica, pero el utilizado en el estudio de Stragga es de naturaleza industrial (*Konica Minolta Vivid 910*) y no dental como el utilizado en este estudio. Estos dos escáneres pueden presentar diferencias en términos de precisión (17).

En 2016, Lima Bonher y colaboradores, realizaron una revisión sistemática, con el objetivo de actualizar distintos conceptos de diseño y análisis de la oclusión con los distintos sistemas *Cerec-Chairside* disponibles en el mercado. Concluyen que el sistema CEREC muestra un rendimiento favorable para registrar y diseñar la superficie oclusal. Resaltan las mejoras en los nuevos softwares en comparación con las versiones antiguas (11).

Arslan y colaboradores, en 2017, analizaron los contactos oclusales analógicos (contactos en modelos de yeso registrados con un papel articular de 8 micras) con los contactos de los modelos virtuales procedentes del escaneado de dichos modelos de escayola (cámara intraoral) y con los procedentes de las impresiones intraorales digitales. Se compararon los contactos oclusales antes de realizar las preparaciones dentarias para soportar un puente de 3 piezas y después. Los autores concluyen que los contactos oclusales son más similares cuando se realiza una impresión digital de toda la arcada, comparado con una hemiarcada. Los contactos oclusales de los dientes no preparados presentaban un mayor número de contacto idénticos, a pesar que ningún grupo presentaba diferencias estadísticamente significativas entre el método convencional y digital (43).

En 2006, Wilson y colaboradores, evalúan los contactos oclusales generados por el sistema de análisis oclusal T-Scan II. Para ello comparan los contactos existentes en modelos de yeso montados en articulador con los generados por el T-Scan II utilizado tanto directamente en los pacientes como en los modelos de escayola. En sus resultados no encuentran diferencias estadísticamente relevantes, a pesar de que evidencian diferencias entre los contactos obtenidos por el T-Scan II en los pacientes con los obtenidos por el T-Scan II en los modelos. Encuentran menos contactos oclusales en el grupo T-Scan II de los modelos que en el grupo T-Scan II de los pacientes. Los autores

concluyen que esta diferencia de registro de contactos puede ser debida a la intensidad de fuerza aplicada cuando se generan los contactos oclusales en el cierre mandibular. Los registros realizados directamente en los pacientes van a generar un mayor número de contactos debido a la intrusión de los dientes (gracias al ligamento periodontal) que los que se analizan en los modelos rígidos de escayola (39).

En 2007, Carey y colaboradores, analizan si la intensidad de fuerza aplicada durante el cierre mandibular se relaciona con el número de contactos oclusales registrados por el papel articular. En su estudio, generan distintas fuerzas que van de 25 a 40 N. Como resultados obtienen un mayor número de contactos oclusales cuando la fuerza aplicada va aumentando, a pesar de que concluyen que no se puede confirmar una relación lineal entre la intensidad de fuerza con la extensión de la marca o mancha generada por el papel articular. Este razonamiento puede ser una explicación de porqué existen diferencias entre los grupos de contactos registrados directamente en los pacientes (que aplican intensidades de fuerza diferentes) con los que se registran en los modelos de escayola (74).

En 2007, Saad y colaboradores, estudian distintos materiales: papel articular de 60 micras y *accufilm* (tiras de oclusión de 25 micras de

grosor, con un núcleo de poliéster y tintes negro/rojo en cada lado) a distintas fuerzas de oclusión: 100N, 150N y 200N. Concluyen que las marcas obtenidas son diferentes de un material a otro, generando falsos positivos y que difícilmente se puede interpretar el tamaño del contacto oclusal. Además el tamaño de la marca oclusal no está relacionado con el aumento de la intensidad de la fuerza y que frecuentemente no proporcionan un perfil preciso del contacto dental. Afirman que el papel articular posee una gran potencia de generar falsos positivos (75).

Cuando comparamos los contactos oclusales obtenidos por métodos convencionales, con los registrados por el T-Scan, encontramos distintos resultados, muchas veces contradictorios. Por ejemplo:

Kerstein, Radke y colaboradores, analizan en este estudio a 295 clínicos, preguntándolos por el contacto más intenso, marcado por el papel articular en unas series fotográficas. Toman como gold estandar el T-Scan III, demostrando la poca correlación que existe entre las marcas intensas del papel articular y la intensidad del contacto dado por el T-Scan III, ya que encuentran que la mayoría de las veces la marca oclusal más grande obtenida por el papel articular en un cuadrante, no se correspondía al contacto más intenso registrado por el T-Scan III. Afirman que el papel articular y el método de interpretación visual es un método erróneo para determinar la intensidad de los contactos, ya que no concordaba con el T-Scan III. Encuentran las interpretaciones entre

los clínicos muy dispares y sólo el 12,8% elige el contacto correcto más intenso (76,77).

Igualmente Sutter, en 2017, repitió el estudio realizado por Kerstein, Radke y colaboradores. Ciento cincuenta y dos dentistas eligieron sobre cinco fotografías intraorales, donde estaban marcados los contactos oclusales con papel articular, el contacto oclusal más intenso y se comparaba con el contacto oclusal más intenso proporcionado por el T-Scan III. Solamente el 13,13% de los participantes eligió el contacto más intenso observando las fotografías. El autor concluye que utilizar el papel articular como método para analizar la intensidad de los contactos oclusales es un método claramente erróneo (38).

Schelb y colaboradores, ya en 1985, en su estudio realizado, confirmaron que el grosor del papel articular utilizado para detectar los contactos oclusales se relacionaba con el área de la marca oclusal que registraban y no con la fuerza oclusal que se aplicaba (78).

En el estudio de Gümüş y colaboradores realizado en 2013, comparan los contactos oclusales en pacientes con bruxismo y en pacientes con oclusión normal, antes y después de ser tratados con férulas de relajación muscular. No encuentran diferencias estadísticamente significativas en los contactos oclusales, pero sí concluyen afirmando que el T-Scan III es el único método oclusal que no se ve afectado por la

saliva y enumeran las ventajas del T-Scan III, sobre todo, a la hora de analizar los tiempos oclusales (40).

Da Silva y colaboradores, en 2014, analizan la reproductibilidad y fiabilidad del sistema T-Scan III obteniendo muy buenos resultados y recomendando el sistema para su uso en la clínica diaria (37).

Por todo esto, muchos autores concluyen que no existe literatura científica que apoye analizar la oclusión, o la intensidad de la oclusión con los métodos convencionales (incluido el papel articular). Muchos autores pueden afirmar que las interpretaciones realizadas de las marcas de oclusión obtenidas por el papel articular, han sido un factor contribuyente al amplio desacuerdo existente en las teorías oclusales (72).

Por otro lado, se encuentra en la literatura científica controversia acerca de la fiabilidad del sistema de análisis de oclusión T-Scan III. Arellano y colaboradores, en 2016, enumeraron las desventajas asociadas al sistema digital T-Scan III. La primera de ellas era el grosor de los sensores electrónicos.

Muchos materiales y métodos para evaluar los contactos oclusales, como el papel articular, siliconas de registro, ceras de registro interoclusal y pinturas, que se encuentran comercializadas en el sector dental, presentan grosores inferiores que los sensores del T-Scan III. Dentro de todos los métodos convencionales comercializados en el mercado dental se considera como estándar en la práctica clínica al

papel articular. Se recomienda que el papel articular tenga un grosor como máximo recomendado de 80 micras, siempre y cuando no se pueda utilizar otro más fino como el de 8 micras de grosor. Al disminuir el grosor del papel utilizado se aumenta la precisión y en prostodoncia se considera como estándar. (20,28,33,36,71). Los sensores del T-Scan III poseen 100 micras de grosor, que cuando se comparan con el estándar (papel articular de 8 micras) se encuentra una gran diferencia de grosor, que puede influir tanto en la precisión de registro (generando falsos positivos) como diferencias en la posición de máxima intercuspidad durante el cierre mandibular (36). Puede ser uno de los motivos por lo que los resultados del T-Scan III en este estudio muestran una baja concordancia en el índice de Kappa y en la curva COR.

Otra desventaja importante que analizaron era la intensidad de las fuerzas oclusales. Los sensores del T-scan III está diseñados (para que no se saturen), para su uso en pacientes con unas intensidades de fuerzas de oclusión normales, el rango normal equivale de 100 a 150N. Por lo tanto su uso, se pone en duda en pacientes bruxistas, con unas fuerzas de oclusión que pueden llegar hasta los 300-400N. Se deben hacer estudios que permitan definir si este sistema es útil en este tipo de pacientes.

En pacientes que presentan pérdida de inserción, con la consecuente movilidad dentaria asociada, se pueden obtener registros erróneos ya que cada diente presenta un índice de movilidad diferente. Por lo que

se sugiere hacer futuras investigaciones en las que se analice la fiabilidad de los registros de T-Scan III en este tipo de pacientes.

Además, el T-Scan III presenta otra desventaja, ya que el propio fabricante recomienda asociar a sus registros el uso de papel articular o métodos con colorantes, que sean capaces de marcar de forma intraoral los contactos registrados. Los sensores del T-Scan III no presentan colorantes, por lo que de forma intraoral no marcan las superficies de contacto, por lo que si no se asocia su uso a un método con colorante, la interpretación de la localización de los contactos, puede suponer una fuente de error ya que se realizaría de forma individual y objetiva.

Arellano y colaboradores, en su estudio concluyen que utilizar el sistema de análisis digital oclusal T-Scan III es útil a la hora de evaluar la intensidad de los contactos oclusales y poder medir las fuerzas relativas o porcentajes de contacto por diente. Además se pueden estudiar las relaciones estáticas y dinámicas mandibulares. En la literatura científica, existen estudios que concluyen que el sistema T-Scan III es más fiable que el papel articular. A pesar de ello, es necesario realizar más estudios clínicos que confirmen su uso en la práctica clínica diaria, sobre todo en el campo de la prostodoncia (36).

Solaberrieta y colaboradores en 2017, describen una novedosa técnica basada en la tecnología de ingeniería inversa, para poder localizar los

contactos oclusales con un escáner intraoral y el sistema de análisis oclusal T-Scan III, ya que afirman que por sí solo el T-Scan III ofrece resultados contradictorios, en términos de repetibilidad y precisión y que son necesarios más estudios para validar la fiabilidad y repetibilidad de estos prometedores sistemas digitales (71).

## **VI. CONCLUSIONES**

## **CONCLUSIONES**

Considerando las limitaciones propias del diseño del estudio llevado a cabo, podemos concluir que:

1. La utilización de los métodos convencionales, papel de articular de 8, 40, 200 micras y shim stock, permitieron registrar y localizar los contactos oclusales intermaxilares que fueron analizados fotográficamente u observados directamente en boca o sobre un modelo de escayola.
2. La utilización de los métodos digitales escáner intraoral, escáner extraoral y sistema digital de análisis de oclusión T-Scan III, permitieron registrar y localizar los contactos oclusales intermaxilares mediante un sistema de lectura óptica o electrónica y su posterior procesamiento en formato digital.
3. El análisis de la fiabilidad, expresado en términos de concordancia, mostró los mejores valores considerados como "buena concordancia" al enfrentar el método de registro gold estándar (papel articular intraoral 8 micras) Vs. papel articular intraoral de 40 micras.

4. El análisis de la fiabilidad, expresado en términos de concordancia, mostró los mejores valores, dentro del grupo digital, en los contactos registrados con el escáner intraoral, considerándose como “acuerdo moderado”.
  
5. La capacidad diagnóstica, resumida en los resultados de la curva C.O.R. mostró los mejores resultados en el grupo de shim stock intraoral dentro de los métodos analógicos y en el grupo de contactos del escáner intraoral dentro de los métodos digitales.
  
6. La aplicación práctica de estos resultados debe ser interpretada con prudencia pero a “priori” analizar los contactos oclusales con los nuevos métodos digitales, sobre todo con el escáner intraoral, podría suponer una articulación intermaxilar más fiable. Se necesitan más estudios que investiguen los contactos oclusales proporcionados de los nuevos sistemas digitales.

## ***VII. BIBLIOGRAFÍA***

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Nadjmi N, Mollemans W, Daelemans A, Van Hemelen G, Schutyser F, Bergé S. Virtual occlusion in planning orthognathic surgical procedures. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2010;39(5):457–62.
2. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen C-J, Feng IJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2016;116(2):184–190.e12.
3. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res [Internet]*. 2016 Apr 1 [cited 2018 Oct 22];60(2):72–84. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1883195816000098?via%3Dihub>
4. Afrashtehfar KI, Qadeer S. Computerized occlusal analysis as an alternative occlusal indicator. *Cranio - J Craniomandib Pract*. 2016;34(1):52–7.
5. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health [Internet]*. 2014;14(1):10. Available from: <http://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6831-14-10>
6. JP O. Criterios de oclusión funcional óptima. In: Elsevier, editor. *Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares*. 5th ed. Madrid; 2003. p. 109–25.
7. Millstein P, Maya A. An evaluation of occlusal contact marking indicators. A descriptive quantitative method. *J Am Dent Assoc*. 2001 Sep;132(9):1280–6; quiz 1319.
8. McCulloch a J. R E S T O R A T I V E Making Occlusion Work : 1 . Terminology , Occlusal Assessment. *Dent Update*.
9. McCulloch a J. Making occlusion work: 2. Practical considerations. *Dent Update*. 2003;30(4):211–6, 218–9.
10. Hiew LT, Ong SH, Foong KWC. Visualizing oclussal contact points using laser surface dental scan. *Proceedings*. 2009;23:615–9.
11. Bohner LOL, Neto PT, Ahmed AS, Mori M, Laganá DC, Sesma N. CEREC Chairside System to Register and Design the Occlusion in Restorative Dentistry: A Systematic Literature Review. *J Esthet Restor*

- Dent. 2016;28(4):208–20.
12. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: An overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J.* 2008;204(9):505–11.
  13. Arslan Y, Karakoca Nemli S, Bankoğlu Güngör M, Tamam E, Yılmaz H. Evaluation of biogeneric design techniques with CEREC CAD/CAM system. *J Adv Prosthodont [Internet].* 2015;7(6):431. Available from: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.4047/jap.2015.7.6.431>
  14. Rekow ED. Dental CAD-CAM systems. What is the state of the art? *J Am Dent Assoc.* 1991 Dec;122(12):42–8.
  15. Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. Applications of 3D imaging in orthodontics: part I. *J Orthod.* 2004 Mar;31(1):62–70.
  16. Stewardson DA. Trends in indirect dentistry: 5. Impression materials and techniques. *Dent Update.* 2005 Sep;32(7):374–6, 379–80, 382–4 passim.
  17. Straga RW. Comparison of occlusal contacts on mounted dental models to contacts identified on digital 3D models using a new virtual alignment method. 2009;(April). Available from: <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0067095>
  18. Donovan TE, Chee WWL. A review of contemporary impression materials and techniques. *Dent Clin North Am.* 2004 Apr;48(2):vi–vii, 445–70.
  19. Johnson GH, Craig RG. Accuracy of four types of rubber impression materials compared with time of pour and a repeat pour of models. *J Prosthet Dent.* 1985;53:484–490.
  20. McDevitt WE, Warreth a a. Occlusal contacts in maximum intercuspation in normal dentitions. *J Oral Rehabil.* 1997;24(10):725–34.
  21. Breeding LC, Dixon DL, Kinderknecht KE. Accuracy of three interocclusal recording materials used to mount a working cast. *J Prosthet Dent.* 1994 Mar;71(3):265–70.
  22. Li Z, Xia Y, Chen K, Zhao H, Liu Y. Maintenance of the Maxillomandibular Position with Digital Workflow in Oral Rehabilitation: A Technical Note. *Int J Prosthodont [Internet].* 2018;31(3):280–2. Available from: [http://quintpub.com/journals/ijp/abstract.php?iss2\\_id=1531&article\\_id=18417](http://quintpub.com/journals/ijp/abstract.php?iss2_id=1531&article_id=18417)

23. Dixon DL. Overview of articulation materials and methods for the prosthodontic patient. *J Prosthet Dent.* 2000 Feb;83(2):235–47.
24. Prasad KD, Prasad BR, Prasad AD MD, Mehra PDD. Interocclusal Records in Prosthodontic Rehabilitations-Materials and Techniques-a Literature Review. *Nitte Univ J Heal Sci.* 2012;2(3):54–60.
25. Kerstein RB. The limitations of traditional non-digital occlusal indicators when compared to the T-Scan computerized occlusal analysis technology. In: IGI Global, editor. *Handbook of Research on Computerized Occlusal Analysis Technology Applications in Dental Medicine.* 1st ed. Hershey; 2015. p. 36–64.
26. Skurnik H. Accurate interocclusal records. *J Prosthet Dent.* 1969;21(2):154–65.
27. Sharma A, Rahul GR, Poduval ST, Shetty K, Gupta B, Rajora V. History of materials used for recording static and dynamic occlusal contact marks: A literature review. *J Clin Exp Dent.* 2013;5(1):48–53.
28. Saracoglu A, Ozpinar B. In vivo and in vitro evaluation of occlusal indicator sensitivity. *J Prosthet Dent.* 2002 Nov;88(5):522–6.
29. Koriath TW. Number and location of occlusal contacts in intercuspatal position. *J Prosthet Dent.* 1990 Aug;64(2):206–10.
30. Ziebert GJ, Donegan SJ. Tooth contacts and stability before and after occlusal adjustment. *J Prosthet Dent.* 1979 Sep;42(3):276–81.
31. Millstein PL. An evaluation of occlusal contact marking indicators: a descriptive, qualitative method. *Quintessence Int Dent Dig.* 1983 Aug;14(8):813–36.
32. Takai A, Nakano M, Bando E, Hewlett ER. Evaluation of three occlusal examination methods used to record tooth contacts in lateral excursive movements. *J Prosthet Dent.* 1993 Dec;70(6):500–5.
33. Gazit E, Fitzig S LM. Gazit Reproducibility of occlusal marking techniques.pdf. *J Prosthet Dent.* 1986;55(4):505–9.
34. DeLong R, Knorr S, Anderson GC, Hodges J, Pintado MR. Accuracy of contacts calculated from 3D images of occlusal surfaces. *J Dent.* 2007;35(6):528–34.
35. Maness WL, Benjamin M, Podoloff R, Bobick a, Golden RF. Computerized occlusal analysis: a new technology. *Quintessence Int [Internet].* 1987;18(4):287–92. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3472263>
36. Abarza Arellano L, Sandoval Vidal P, Flores Velásquez M. Registro interocclusal digital en rehabilitación oral: «Sistema T-Scan® III».

Revisión bibliográfica. Rev Clínica Periodoncia, Implantol y Rehabil Oral. 2016;9(2):95–101.

37. Da Silva Martins MJ, Caramelo FJ, Ramalho da Fonseca JA, Gomes Nicolau PM. In vitro study on the sensibility and reproducibility of the new T-Scan® III HD system. Rev Port Estomatol Med Dent e Cir Maxilofac [Internet]. 2014;55(1):14–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.01.001>
38. Sutter BA. A digital poll of dentists testing the accuracy of paper mark subjective interpretation\*. Cranio - J Craniomandib Pract [Internet]. 2017;9634(August):1–8. Available from: <http://doi.org/10.1080/08869634.2017.1362786>
39. Wilson C, Andrade F, Buarque WA, Brait A, Buarque L. Comparison between two methods to record occlusal contacts in habitual maximal intercuspation. Braz j oral sci [Internet]. 2006;5(19):1239–43. Available from: <http://libdigi.unicamp.br/document/?view=19480>
40. Gümüş HÖ, Kılınç Hİ, Tuna SH, Özcan N. Computerized analysis of occlusal contacts in bruxism patients treated with occlusal splint therapy. J Adv Prosthodont [Internet]. 2013;5(3):256–61. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24049566> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3774939>
41. Freilich MA, Altieri J V, Wahle JJ. Principles for selecting interocclusal records for articulation of dentate and partially dentate casts. J Prosthet Dent. 1992 Aug;68(2):361–7.
42. Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. Compend Contin Educ Dent. 2008;29(8):494, 496, 498–505.
43. Arslan Y, Bankoğlu Güngör M, Karakoca Nemli S, Kökdoğan Boyacı B, Aydın C. Comparison of Maximum Intercuspal Contacts of Articulated Casts and Virtual Casts Requiring Posterior Fixed Partial Dentures. J Prosthodont. 2017;26(7):594–8.
44. Fasbinder D.J. Digital Dentistry: Innovation for Restorative Treatment. Compend Contin Educ Dent. 2011;
45. Ting-shu S, Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. J Prosthodont. 2015;24(4):313–21.
46. Kato A ON. Construction of three-dimensional tooth model by micro-computed tomography and application for data sharing. Clin Oral Investig. 2009;13(1):43–6.
47. Cevidanes LH, Ruellas AC, Jomier J, Nguyen T, Pieper S, Budin F, Styner M PB. Incorporating 3-dimensional models in online articles.

- Am J Orthod Dentofac Orthop. 2015;147(5Suppl):195–204.
48. Persson A, Andersson M, Oden A, Sandborgh-Englund G. A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner. *J Prosthet Dent*. 2006;95(3):194–200.
  49. Persson ASK, Andersson M, Odén A, Sandborgh-Englund G. Computer aided analysis of digitized dental stone replicas by dental CAD/CAM technology. *Dent Mater*. 2008;24(8):1123–30.
  50. Quaas S, Rudolph H, Luthardt RG. Direct mechanical data acquisition of dental impressions for the manufacturing of CAD/CAM restorations. *J Dent*. 2007;35(12):903–8.
  51. González de Villaumbrosía Santa Cruz P. Estudio experimental in vitro de la fiabilidad de seis escáneres extraorales utilizados en tecnología Cad/Cam. 2014;1–202.
  52. Kusnoto B, Evans CA. Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002 Oct;122(4):342–8.
  53. Koch GK, Gallucci GO, Lee SJ. Accuracy in the digital workflow: From data acquisition to the digitally milled cast. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2016;115(6):749–54. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.12.004>
  54. Rutkunas V, Geciauskaite A, Jegelevicius D, Vaitiekunas M, Rutkūnas V, Gečiauskaitė A, et al. Accuracy of digital implant impressions with intraoral scanners. A systematic review. *Eur J Oral Implantol* [Internet]. 2017;10 Suppl 1:101–20. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28944372>
  55. Takeuchi Y, Koizumi H, Furuchi M, Sato Y, Ohkubo C, Matsumura H. Use of digital impression systems with intraoral scanners for fabricating restorations and fixed dental prostheses. *J Oral Sci* [Internet]. 2018;60(1):1–7. Available from: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/josnusd/60/1/60\\_17-0444/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/josnusd/60/1/60_17-0444/_article)
  56. Logozzo S, Franceschini G, Kilpelä A, Caponi M, Governi L, Blois L. A Comparative Analysis Of Intraoral 3d Digital Scanners For Restorative Dentistry. *Internet J Med Technol*. 2011;5(1).
  57. Van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One*. 2012;7(8):1–8.
  58. Sohmura T, Kojima T, Wakabayashi K, Takahashi J. Use of an ultrahigh-speed laser scanner for constructing three-dimensional shapes of dentition and occlusion. *J Prosthet Dent*. 2000

- Sep;84(3):345–52.
59. Zimmermann M Mörmann, Reich S MA. Intraoral scanning systems - a current overview\  
Intraoralscanner : eine aktuelle Übersicht. *Int J Comput Dent.* 2015;18(2):101–30.
  60. Birnbaum N.S. Aaronson H.B. Stevens C. Cohen B. 3D Digital Scanners: A High-Tech Approach to More Accurate Dental Impressions. *Insid Dent.* 2009;5:70–5.
  61. Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *J Am Dent Assoc.* 2006 Sep;137(9):1289–96.
  62. Enrico Gherlone, Paolo Cappare, Raffale Vinci, Francesco Ferrini, D Gastaldi RC. Conventional Versus Digital Impressions for “All-on-Four” Restorations. *Int J Oral Maxillofac Implant.* 2016;31:324–30.
  63. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: A systematic review of the clinical evidence. Vol. 38, *European Journal of Orthodontics.* 2016.
  64. Joda T, Zarone F, Ferrari M. The complete digital workflow in fixed prosthodontics: A systematic review. *BMC Oral Health.* 2017;17(1):1–10.
  65. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Review Article Intraoral Scanner Technologies : A Review to Make a Successful Impression. 2017;2017.
  66. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet (London, England).* 1986 Feb;1(8476):307–10.
  67. Carlsson GE. Dental occlusion: modern concepts and their application in implant prosthodontics. *Odontology.* 2009 Jan;97(1):8–17.
  68. Cuperus AMR, Harms MC, Rangel FA, Bronkhorst EM, Schols JGJH, Breuning KH. Dental models made with an intraoral scanner: A validation study. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 2012;142(3):308–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.03.031>
  69. Bonnet G, Batisse C, Bessadet M, Nicolas E, Veyrune JL. A new digital denture procedure: A first practitioners appraisal. *BMC Oral Health.* 2017;17(1):1–14.
  70. Abarza Arellano L, Sandoval Vidal P, Flores Velásquez M. Registro interoclusal digital en rehabilitación oral: «Sistema T-Scan® III».

Revisión bibliográfica. Rev Clínica Periodoncia, Implantol y Rehabil Oral [Internet]. 2016;9(2):95–101. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S071853911500004X>

71. Solaberrieta E, Etxaniz O, Otegi JR, Brizuela A, Pradies G. Customized procedure to display T-Scan occlusal contacts. J Prosthet Dent [Internet]. 2017;117(1):18–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.07.006>
72. Sutter BA. The Dogma of occlusal paradigms: What do we really have figured out? Cranio - J Craniomandib Pract [Internet]. 2017;35(2):65–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/08869634.2017.1280244>
73. 2002 Delong Comparing maximum intercuspals contacts of virtual dental patients and mounted dental casts.pdf.
74. Carey JP, Craig M, Kerstein RB, Radke J. Determining a relationship between applied occlusal load and articulating paper mark area. Open Dent J [Internet]. 2007;1:1–7. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2581523&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
75. Saad MN, Weiner G, Ehrenberg D, Weiner S. Effects of load and indicator type upon occlusal contact markings. J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater. 2008;85(1):18–22.
76. Qadeer S, Kerstein R, Kim RJY, Huh J-B, Shin S-W. Relationship between articulation paper mark size and percentage of force measured with computerized occlusal analysis. J Adv Prosthodont [Internet]. 2012;4(1):7. Available from: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.4047/jap.2012.4.1.7>
77. Kerstein RB, Radke J. Clinician accuracy when subjectively interpreting articulating paper markings. Cranio - J Craniomandib Pract. 2014;32(1):13–23.
78. Schelb E, Kaiser DA, Brukl CE. Thickness and marking characteristics of occlusal registration strips. J Prosthet Dent. 1985 Jul;54(1):122–6.

# **VIII. ANEXOS**

1. CONSENTIMIENTO INFORMADO
2. DICTAMEN DEL COMITÉ DE INVESTIGACIONES CLÍNICAS
3. HOJA DE RECOGIDA DE DATOS CLÍNICOS
4. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

## **ANEXO I: CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL ESTUDIO.**

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN TITULADO: “FIABILIDAD DE LOS REGISTROS OCLUSALES INTERMAXILARES OBTENIDOS MEDIANTE SISTEMAS DIGITALES. ESTUDIO CLÍNICO TRANSVERSAL.”**

#### **Introducción**

Usted está invitado a participar como paciente en un proyecto de investigación. El objetivo es comparar dos métodos de análisis de oclusión. El primer método son las técnicas convencionales realizadas con papel articular, papel de aluminio, impresiones intraorales de silicona, modelos de escayola y series fotográficas. El segundo método son las técnicas digitales utilizando escáneres intraorales, un escáner extraoral y el sistema de análisis oclusal T-Scan III.

Es importante que usted lea detenidamente esta información y que realice cualquier pregunta antes de aceptar participar en el estudio. Los procedimientos terapéuticos los realizarán dentistas y prostodoncistas (especialistas en prótesis dentales).

#### **Antecedentes**

Se han descrito a lo largo de los años, en la literatura científica, numerosos métodos y materiales para analizar la oclusión (acto de cerrar los dientes maxilares con los dientes mandibulares). Tradicionalmente se toman unas impresiones en silicona que se vacían en escayola para poder obtener unos modelos de estudio o de trabajo. Estos modelos se montan en articulador y se analizan los contactos oclusales (áreas de contacto cuando el paciente muerde) con el papel articular o con papel de aluminio (shimstock). Además se pueden evaluar los contactos oclusales de forma directa en el paciente, haciéndolo ocluir con el papel articular o el papel de aluminio.

Durante los últimos 10 años ha existido un claro interés por el desarrollo de nuevas tecnologías. Se han introducido nuevos sistemas digitales para poder analizar la oclusión como son: los escáneres intraorales (dispositivos que permiten la captura óptica directa del medio oral, mediante tecnología de video o fotográfica), escáneres extraorales (digitalizan los modelos de los pacientes) y el sistema de análisis oclusal

T-scan III (se ocluye sobre un sensor de 60 micras y mediante un software específico se analiza la información recogida).

Es por ello que vamos a realizar un estudio observacional para comparar las diferencias que puedan existir entre los métodos para analizar la oclusión convencionales y los métodos digitales.

**El objetivo del estudio al que usted ha sido invitado a participar es investigar si se puede analizar la oclusión de forma fiable con los nuevos sistemas digitales introducidos en el mercado.**

### **Tratamiento**

Si decide participar en este estudio, realizaremos lo siguiente:

1. Un meticuloso examen de su boca y dientes. Si considerásemos que cumple los requisitos para participar en el estudio, se realizarán una serie de fotografías intraorales localizándose los contactos dentarios con la ayuda de un papel articular de 8, 40 y 200 micras y con papel de aluminio de 8 micras.
2. Se tomarán impresiones de silicona que se vaciarán en escayola para poder montar los modelos en un articulador semiajustable.
3. Se realizarán unas impresiones digitales con el escáner intraoral Trios 2 Color (3Shape).
4. Se escanearán los modelos de escayola, con un escáner extraoral y de naturaleza dental óptica (Zfx Evolution, Zimmer Biomet Dental)
5. Se tomarán todos los registros interoclusales, por parte del mismo operador, con el sistema de análisis oclusal T-Scan III, según las recomendaciones del fabricante.

### **Riesgos**

No se describen ningún tipo de riesgo para los procedimientos no invasivos que se van a realizar.

## **Ventajas por participar**

Se le realizará un meticuloso estudio de su boca y dientes sin ningún coste, pudiendo diagnosticar cualquier tipo de patología o anomalía.

Todos los modelos y archivos obtenidos en el estudio se podrán utilizar para algún tratamiento futuro si fuese necesario.

## **Confidencialidad**

Su participación y datos clínicos se tratarán con anonimato y confidencialidad. Si los resultados son publicados en revistas de ámbito científico, todos los datos serán presentados de forma anónima. Los datos personales necesarios para identificarle serán archivados de modo apropiado y no se publicarán. La protección de datos está garantizada en concordancia con las leyes actuales. Sus resultados se emplearán únicamente con fines de investigación y para el desarrollo de nuevas estrategias de tratamiento, pero nunca con fines comerciales.

La participación en este estudio es voluntaria. Si usted decide no tomar parte del mismo, no afectará a su relación con los profesionales de esta clínica. Es importante para nosotros que usted esté motivado y completamente seguro de su participación antes de aceptar esta invitación.

Si durante el curso del estudio decide detener el tratamiento, tampoco supondrá ningún inconveniente para usted.

## **Preguntas**

Siempre tendrá la posibilidad de plantear cualquier duda que le surja. El grupo de investigación puede ser contactado por teléfono o por e-mail (*véanse los datos de contacto más abajo*).

Si tiene alguna pregunta que quiera hacer a alguien que no forme parte del grupo de investigación, le recomendamos que hable con su odontólogo o que contacte con el Comité Ético de Investigación. Si lo desea, puede conservar una copia de este documento.

Coordinador del estudio: Prof. Guillermo Pradés Ramiro

Clínica del especialista en  
Odontología restauradora basada en las nuevas  
tecnologías  
Facultad de Odontología de la  
Universidad Complutense de Madrid  
Plaza Ramón y Cajal s/n  
C. P. 28040 Madrid  
+34 629328381  
gpradies@odon.ucm.es

## DECLARACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO

- He leído y he comprendido la información detallada anteriormente y se han contestado todas mis preguntas.

- Es por ello que consiento participar en el estudio "*Análisis clínico de la fiabilidad de los registros intermaxilares obtenidos mediante distintos sistemas digitales*".

\_\_\_\_\_  
Firma del Paciente

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Nombre del Paciente

---

Firma del Investigador

---

Fecha

---

Nombre del Investigador

**Revoco este consentimiento:**

Lugar y fecha:

---

De conformidad con la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, le informamos que sus datos serán tratados por el Departamento de Estomatología I de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid (Prof. Guillermo Pradés, como responsable), con el fin de registrar su participación en este estudio. Puede ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, cancelación u oposición en este Departamento.  
D./Dña. . . . .

## ANEXO II: DICTAMEN DEL COMITÉ DE INVESTIGACIONES CLÍNICAS.



### Informe Dictamen Tesis Favorable

C.P. - C.I. 16/273-E Tesis  
02 de junio de 2016

Dra. Mar García Arenillas  
Presidenta del CEIC Hospital Clínico San Carlos

#### CERTIFICA

Que el CEIC Hospital Clínico San Carlos en su reunión del día 18/05/2016, acta 5.2/16 ha evaluado la propuesta de Tesis:

**Título: "ANÁLISIS CLÍNICO DE LA FIABILIDAD DE LOS REGISTROS INTERMAXILARES OBTENIDOS MEDIANTE DISTINTOS SISTEMAS DIGITALES"**

Que en este estudio:

- o Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificadas los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- o Es adecuado el procedimiento para obtener el consentimiento informado.
- o La capacidad del investigador y los medios disponibles son adecuados para llevar a cabo el estudio.
- o El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto de los postulados éticos.
- o Se cumplen los preceptos éticos formulados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica mundial sobre principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos y en sus posteriores revisiones, así como aquellos exigidos por la normativa legal aplicable en función de las características del estudio.

Es por ello que el Comité **informa favorablemente** sobre la realización de dicho proyecto por la doctoranda **Cristina Fraile** como autora de la Tesis, siendo el tutor el Dr. Guillermo Pradies de la Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid.

Lo que firmo en Madrid, a 02 de junio de 2016

Dra. Mar García Arenillas  
Presidenta del CEIC Hospital Clínico San Carlos

## ANEXO III: HOJA DE RECOGIDA DE DATOS CLÍNICOS.

### ODONTOGRAMAS

Paciente:

Fecha:

Edad:

Sexo:

### CONTACTOS SHIMSTOCK INTRAORAL..

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

### CONTACTOS PAPEL ARTICULAR PACIENTES.

200 Micras

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

40 Micras

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

8 Micras

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

### CONTACTOS PAPEL ARTICULAR MODELOS

Shimstock

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

200Micras Papel

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

### 40 Micras

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

### 8 Micras

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

## CONTACTOS MÉTODOS DIGITALES

### Escáner Intraoral

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

### Escáner Extraoral

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

### T-Scan

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27

***Producción  
científica en  
relación con la  
Memoria de  
Tesis***

## PUBLICACIONES Y PRESENTACIONES EN CONGRESOS

1. C. Fraile. A. Ferreira. E. Solaberrieta. G. Pradies. Intraoral versus extraoral digital occlusal records: a pilot study. International Journal of Computerized Dentistry. 2018; 21(4):329-333.



Cristina Fraile

C. Fraile<sup>a</sup>, A. Ferreira<sup>b</sup>, E. Solaberrieta<sup>c</sup>, G. Pradies<sup>d</sup>

### Intraoral versus extraoral digital occlusal records: a pilot study

#### Abstract

The aim of the present pilot study was to analyze the reliability of interocclusal contact records generated with an intraoral scanner (TRIOS Standard) and an extraoral scanner (Zfx Evolution). Ten patients were selected. The number of occlusal contacts was first determined with the conventional method using 8- $\mu$ m articulating paper (gold standard) (control). These conventional records were then compared with the intra- and extraoral digital records. Diagnostics tests (sensitivity, specificity, predictive values for positives and negatives), receiver operating characteristic (ROC) curve, and Cohen's kappa coefficient were performed to analyze the data. The kappa index of the extraoral scanner (40.7%) was considered to be 'moderate,' and better than that of the intraoral scanner (26.1%), which was considered to be 'low.' The extraoral scanner showed better results in the diagnostic test and in the ROC curve. The first results suggest that the extraoral scanner is more reliable for recording occlusal contacts than the intraoral scanner.

**Keywords:** *occlusal contacts, articulating paper, intraoral scanner, extraoral scanner, digital impressions*

#### Introduction

During the past 10 years, digital impressions obtained using chairside intraoral scanners have been increasingly implemented<sup>1</sup> in digital prosthetic, orthognathic, and orthodontic workflows.<sup>4</sup> This information is based on the use of maxillary and mandibular digital models in STL format. In order to obtain a correct interocclusal spatial position of these files, reference points processed with a mathematical algorithm are required.<sup>1,2</sup>

Occlusal contacts and stability are known to be very important factors influencing the restoration of the dentition. There has been promising development of digital methods to record occlusal contacts; not only do these methods result in higher quality, they also make dentistry faster and more comfortable for the patient.<sup>5</sup> The present trend in dentistry is to digitalize the entire process. With a completely digital workflow, the use of stone casts, mechanical articulators, and facebows can be avoided.<sup>10</sup>

Traditionally, articulating paper with different thicknesses as well as shimstock (8- $\mu$ m aluminum foil) are usually adopted as a standard for analyzing occlusal contacts on plaster casts or directly in the patient's mouth.<sup>3</sup> According to the

a Cristina Fraile, DDS, Student Researcher of the Department of Buccofacial Prosthesis, Faculty of Odontology, Complutense University of Madrid, Spain

b Alberto Ferreira, DDS, PhD, Associate Professor of the Department of Buccofacial Prosthesis, Faculty of Odontology, Complutense University of Madrid, Spain

c Eneko Solaberrieta, PhD, Assistant Professor, Department of Graphics Design and Engineering Projects, University of the Basque Country (UPV/EHU), Bilbao, Spain

d Guillermo Pradies, DDS, PhD, Professor and Director of the Department of Buccofacial Prosthesis, Faculty of Odontology, Complutense University of Madrid, Spain



Fig 1 (a) Intraoral occlusal contacts. (b) Intraoral digital scanned. (c) Extraoral digital scanned.

reviewed literature, the occlusal tactile sensibility for natural teeth can be as low as 8 to 10  $\mu\text{m}$ , thus 8- $\mu\text{m}$  articulating paper (better than other thicknesses such as 40 or 200  $\mu\text{m}$ ) is frequently considered the gold standard to detect interocclusal contacts.<sup>7</sup>

The aim of the present preliminary cross-sectional study was to compare the interocclusal contact records obtained by intra- and extraoral digital scanners with the conventional method directly in the patient's mouth. The null hypothesis was that there should be no difference between the records of the two scanning methods.

### Materials and methods

Ten healthy volunteers (7 women; 3 men) ranging in age from 20 to 32 years were included in this cross-sectional study. Inclusion criteria included no missing teeth, no need for dental treatments, no dental restorations, occlusal stability, no bruxism, and minimal or no occlusal wear. Exclusion criteria included the presence of temporomandibular joint disorders, anterior or posterior open bite, and not signing the informed consent form. Ethical approval was granted by the Ethics Committee (16/273-E, Hospital Clínico San Carlos) of the Faculty of Dentistry, Complutense University of Madrid, Spain. All the volunteers gave their signed informed consent.

**Control group:** To determine the physical occlusal contact location, the patients were asked to occlude in maximum intercuspation on an 8- $\mu\text{m}$  articulating paper (Arti-Fol 8  $\mu\text{m}$ , Dr. Jean Bausch GmbH & Co). A variety of intraoral photographs were taken to analyze the data. The contact marks on the photographs were the standard used for this study.

**Digital group:** Digital impressions of the maxillary and mandibular complete arches as well as two interocclusal ves-

tibular records from each patient were made with an intraoral scanner (TRIOS Standard, Phibo, 3Shape) according to the manufacturer's instructions and recommendations.

A series of three encrypted STL files per patient were generated: 1) superior arch scan; 2) inferior arch scan; and 3) occlusal interarch scan. The TRIOS software overlaps the files, allowing a view of the maximum intercuspation contacts of the scanner through the best fit of the patient's three scans. Moreover, the software allows for the quantification of the number of contacts between the arches. The information thus gained was stored for further analysis.

At a later time, for every patient, maxillary and mandibular impressions were taken with a single-step double silicone consistency (Virtual, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), and were poured in type IV plaster (Fujirock, GC Europe, Leuven, Belgium). Then, after using the facebow, maxillary and mandibular models were mounted in a semi-adjustable articulator in maximum intercuspation position (Stratos 300, Ivoclar Vivadent). The plaster models were then scanned with an extraoral scanner (Zfx Evolution, Zimmer Biomet Dental, Inc., CA, USA). The maxillary and mandibular models were aligned with the lower intercuspation position in order to analyze and compare the occlusal contacts (Zfx Manager, Design CAD 6.0) (Fig 1).

### Statistical analysis

Two previously trained and calibrated examiners independently recorded the interocclusal contacts of all the different groups, classifying them in a dichotomy variable (yes/no) contact or not per tooth, regardless of the amount of surface or intensity of contact. To quantify or classify a contact as an occlusal contact, two examiners annotate the contacts at the first moment that an occlusal color mark can be

**Table 1** Results of the occlusal contacts

Patients	Tooth (Control group, Intraoral digital group, Extraoral digital group)									
1	17 (1,1,1) 23 (1,0,1)	16 (1,1,1) 24 (1,0,1)	15 (1,1,1) 25 (1,1,1)	14 (1,1,1) 26 (1,1,1)	13 (1,0,1) 27 (1,1,1)	12 (1,0,0)	11 (1,0,0)	21 (1,0,0)	22 (1,0,0)	
2	17 (1,1,1) 23 (1,1,0)	16 (1,1,1) 24 (1,1,1)	15 (1,1,1) 25 (1,1,1)	14 (1,1,1) 26 (1,0,0)	13 (1,1,1) 27 (0,0,0)	12 (0,0,1)	11 (0,1,1)	21 (0,0,1)	22 (0,1,0)	
3	17 (1,1,1) 23 (1,1,1)	16 (1,1,1) 24 (1,1,0)	15 (1,1,1) 25 (1,1,1)	14 (1,1,0) 26 (1,1,1)	13 (1,1,1) 27 (1,1,1)	12 (1,0,1)	11 (1,0,1)	21 (1,1,1)	22 (1,1,1)	
4	17 (1,1,1) 23 (1,1,1)	16 (1,1,1) 24 (1,1,1)	15 (1,1,1) 25 (1,1,1)	14 (1,1,1) 26 (1,1,1)	13 (1,1,1) 27 (1,1,1)	12 (1,0,1)	11 (0,0,1)	21 (0,0,1)	22 (0,0,1)	
5	17 (1,1,1) 23 (0,0,0)	16 (1,1,1) 24 (1,1,1)	15 (1,1,1) 25 (1,1,1)	14 (1,1,1) 26 (1,1,1)	13 (0,0,0) 27 (1,1,1)	12 (0,0,0)	11 (0,0,0)	21 (0,0,0)	22 (0,0,0)	
6	17 (1,1,1) 23 (1,0,1)	16 (1,1,1) 24 (1,0,1)	15 (1,1,1) 25 (1,0,1)	14 (1,0,1) 26 (1,1,1)	13 (1,0,1) 27 (1,1,1)	12 (0,0,0)	11 (0,0,0)	21 (0,0,0)	22 (1,0,0)	
7	17 (1,1,1) 23 (0,1,0)	16 (1,1,1) 24 (1,1,1)	15 (1,1,1) 25 (1,1,1)	14 (1,1,1) 26 (1,1,1)	13 (1,1,0) 27 (1,1,1)	12 (0,0,1)	11 (0,0,1)	21 (1,0,1)	22 (0,0,1)	
8	17 (1,1,1) 23 (1,0,1)	16 (1,1,1) 24 (1,1,1)	15 (1,1,1) 25 (1,0,1)	14 (1,1,1) 26 (1,0,1)	13 (1,0,1) 27 (1,0,1)	12 (1,0,0)	11 (1,0,1)	21 (1,0,1)	22 (1,0,1)	
9	17 (1,1,1) 23 (1,1,0)	16 (1,1,1) 24 (1,1,1)	15 (1,1,1) 25 (1,1,1)	14 (1,1,1) 26 (1,1,1)	13 (1,0,1) 27 (1,1,1)	12 (1,0,1)	11 (1,0,1)	21 (1,0,1)	22 (1,0,1)	
10	17 (1,1,1) 23 (0,0,0)	16 (1,1,1) 24 (1,0,1)	15 (1,1,1) 25 (1,1,1)	14 (1,0,1) 26 (1,1,1)	13 (1,0,1) 27 (1,1,1)	12 (0,0,0)	11 (0,0,0)	21 (0,0,0)	22 (0,0,0)	

optically visualized. All data were stored and analyzed using SPSS 19.00 software for Mac (IBM).

Descriptive results expressed for each type of interocclusal record were analyzed using Pearson's chi-squared test and Cohen's kappa coefficient. Subsequently, the diagnostic test (sensitivity, specificity, predictive values for positives and negatives) as well as an ROC curve were performed.

## Results

The total number of occlusal contacts is shown in Table 1. When the gold standard contacts (articulating paper contacts group) registered by the two examiners were compared, the kappa interrater index was 70.6%. This agreement was considered to be 'better.'

The kappa index was 26.1% when the articulating paper contacts group (gold standard) was compared with the intraoral scanner contacts. This agreement was considered to be 'low.' The kappa index obtained for the extraoral scanner contacts (compared with the articulating paper

**Table 2** Results of diagnostics test using the 8- $\mu$ m articulating paper (gold standard)

	Sensi- tivity	Speci- ficity	Positive pre- dictive values (PPV)	Negative pre- dictive values (NPP)
Intraoral scanner	0.97	0.25	0.65	0.88
Extraoral scanner	0.96	0.37	0.86	0.69

contacts group) was 40.7%. This was considered to be 'moderate.'

The results of the diagnostics test are shown in Table 2. The contacts of the extraoral scanner showed similar results in sensitivity and better results in specificity and positive predictive values (PPV). The ROC curve is graphically displayed in Fig 2. The area under the curve of the intraoral scanner was 0.742, and that under the curve of the extraoral scanner was 0.78.

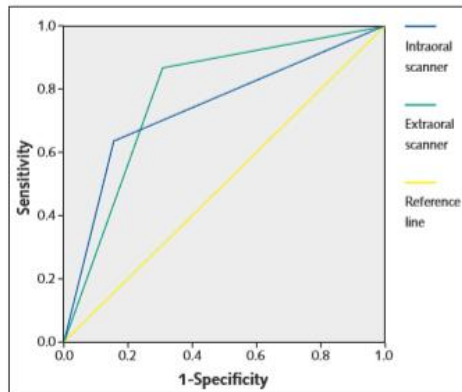


Fig 2 Results of ROC curve.

## Discussion

Intraoral digital impressions are validated in terms of accuracy and repeatability, but to our knowledge no studies have as yet compared the ability of intraoral scanners (*in vivo*) and extraoral scanners to capture occlusal contacts.<sup>1</sup> Previously published studies on virtual occlusion were based on stone casts, although the requirements of this procedure have not been sufficiently studied.<sup>10</sup>

Various studies have analyzed the accuracy of intraoral digital impressions.<sup>1,2,4,6,8</sup> The conclusions of these studies for single-unit scans show an excellent accuracy, but the use of intraoral scanners in complete arch scanning is not yet very accurate.<sup>1</sup> In 2004, Straga<sup>6</sup> concluded that the fewer captures used for the digitization, the more accurate the determination of the occlusal contacts. Therefore, when scanning the occlusal surface, a minimum number of captures should be made to achieve a more accurate digitation and in order to have fewer best-fit alignments.<sup>1,6</sup>

Over the past years, numerous techniques and materials have been described in the literature to analyze occlusal contacts. The variety inherent in the materials and methods for interocclusal registration can result in misrepresentations of patients' occlusion.<sup>5</sup> Nevertheless, no validated standard has been established. One limitation of the present study is the lack of an established gold standard; an easy and universally reproducible method of recording occlusal contacts is desirable.<sup>9</sup>

The data obtained in the present study negated the null hypothesis, and it was rejected. In fact, in terms of sensitivity in the diagnostics test, similar results between groups were shown. However, the kappa index and the area under the curve were better in the extraoral scanner group than in the intraoral one. None of the methods for calculating virtual occlusal contact showed perfect agreement with the standard contacts. This disagreement between the virtual contacts and the contact marks on the photographs could be due to the standard contacts group chosen. Marking contacts with the articulating paper could generate false-positive marks.<sup>2,3,9</sup>

Compared with extraoral scanners, one of the main advantages of intraoral scanners is the avoidance of a plaster cast. Hence, possible distortions from the impression material, the pouring, and the setting of the plaster cast may be prevented when using an intraoral scanner. The learning curve required for an operator using an intraoral scanner, especially *in vivo*, must be taken into consideration. In this study, an expert technician carried out the *in vivo* scanning.

Some clinical studies<sup>2</sup> in the literature have examined the interocclusal contacts obtained in mounted dental casts and analyzed with an extraoral scanner. It was concluded that occlusal contacts calculated from a virtual model accurately reproduced contacts calculated from the articulator. Gjelvold et al<sup>4</sup> found that the digital technique offers better results (in terms of procedure times, dentist and patient assessments, and clinical evaluation of the restorations) than conventional impression techniques, and that occlusal contacts showed a better result for the digital group.

Krahenbuhl et al<sup>5</sup> evaluated the precision and accuracy of virtual contacts obtained using digital intraoral impressions and digital occlusal records through a stereolithographic cast, and concluded that the digitally articulated cast has no ability to reproduce the uniform occlusal contacts.

In summary, the literature review confirmed the influence of different variables on the virtual occlusal record procedure.<sup>1,6</sup> The deviation of the virtual occlusal record procedure depends on a variety of parameters such as scan quality (accuracy), best-fit alignment, and the number of sections and dimensions of the virtual occlusal record.

## Conclusion

Within the limitations of the present pilot study, the results suggest that recording occlusal contacts with an extraoral scanner is more reliable than with an intraoral scanner.

## Acknowledgments

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this article. The authors thank Phibo for the loan of the TRIOS scanner and for converting the encrypted files to STL files.

## References

1. Solaberrieta E, Garmendia A, Brizuela A, Otegi JR, Pradies G, Szentpétery A. Intraoral Digital Impressions for Virtual Occlusal Records: Section Quantity and Dimensions. *Biomed Res Int* 2016;7173824.
2. DeLong R, Ko CC, Anderson GC, Hodges JS, Douglas WH. Comparing maximum intercuspal contacts of virtual dental patients and mounted dental casts. *J Prosthet Dent* 2002;88:622–630.
3. Sapkota B, Gupta A. Pattern of occlusal contacts in lateral excursions (canine protection or group function). *Kathmandu Univ Med J* 2014;12:43–47.
4. Gjelvold B, Chrcanovic BR, Korduner EK, Collin-Bagewitz I, Kisch J. Intraoral Digital Impression Technique Compared to Conventional Impression Technique. A Randomized Clinical Trial. *J Prosthodont* 2016;25:282–287.
5. Krahenbuhl JT, Cho SH, Ireland J, Bansal NK. Accuracy and precision of occlusal contacts of stereolithographic casts mounted by digital interocclusal registrations. *J Prosthet Dent* 2016;116:231–236.
6. Straga RW. Comparison of occlusal contacts on mounted dental models to contacts identified on digital 3D models using a new virtual alignment method. University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2009.
7. Harper KA, Setchell DJ. The use of shimstock to assess occlusal contacts: a laboratory study. *Int J Prosthodont* 2002;15:347–352.
8. Rudolph H, Salmen H, Moldan M, et al. Accuracy of intraoral and extraoral digital data acquisition for dental restorations. *J Appl Oral Sci* 2016;24:85–94.
9. Davies S, Al-Ani Z, Jeremiah H, Winston D, Smith P. Reliability of recording static and dynamic occlusal contact marks using transparent acetate sheet. *J Prosthet Dent* 2005;94:458–461.
10. Solaberrieta E, Arias A, Brizuela A, Garikano X, Pradies G. Determining the requirements, section quantity, and dimension of the virtual occlusal record. *J Prosthet Dent* 2016;115:52–56.

## Address

Dr. Cristina Fraile  
 Student Researcher  
 Department of Buccofacial Prosthesis, Faculty of Odontology  
 Complutense University of Madrid  
 28040 Madrid, Spain  
 E-Mail: cristina.fraile@ucom.es

## Intra- versus extraorale digitale Bissregistrare: Eine Pilotstudie

**Schlüsselwörter:** Okklusionskontakte, Okklusionsfolie, Intraoralscanner, Extraoralscanner, digitale Abformung.

### Zusammenfassung

**Ziel:** Das Ziel der vorliegenden Pilotstudie war eine Analyse der Zuverlässigkeit von digitalen Bissregistrator mit einem Intraoralscanner (Trios Standard 3Shape) und einem Extraoralscanner (Zfx Evolution, Zimmer Biomet Dental).

**Material und Methode:** Es wurden zehn Patienten ausgewählt. Bei diesen wurden zunächst mit einer 8- $\mu$ m-Okklusionsfolie (Goldstandard) die Okklusionskontakte konventionell quantifiziert und lokalisiert. Diese konventionellen Befunde wurden dann mit den intra- und extraoralen digitalen Registrator verglichen. Zur Auswertung der Daten wurden diagnostische Tests (Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer prädiktiver Wert), COR-Kurven und Cohens Kappa durchgeführt bzw. berechnet.

**Ergebnisse:** Der Kappa-Wert für den Extraoralscanner (40,7 %; „moderat“) war besser als der Wert für den Intraoralscanner (26,1 %; „niedrig“). Der Extraoralscanner zeigte auch in den diagnostischen Tests und der COR-Kurve bessere Werte.

**Schlussfolgerung:** Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Extraoralscanner eine größere Zuverlässigkeit bei der Registrierung von Okklusionskontakten erreicht als der Intraoralscanner.

2. C. Fraile. A. Ferreiroa. R. Alonso. A. Valverde. E. Solaberrieta. G. Pradíes. Análisis comparativo de los registros interoclusales obtenidos mediante fotografías, escáner intraoral, modelos de escayola y T-Scan. 2015. Presentación de la comunicación científica en la 45ª Reunión Anual de la Sociedad Española de Prótesis y estética. Sevilla.
3. C. Fraile. A. Ferreiroa. R. Alonso. A. Valverde. G. Pradíes. Estudio clínico descriptivo transversal de la fiabilidad de registros intermaxilares obtenidos mediante escaneado intraoral. 2014. Presentación de la comunicación científica en la 44ª Reunión Anual de la Sociedad Española de Prótesis y estética. Málaga.