

### **Información Importante**

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea del CRAI-Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la CRAI-Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-Biblioteca  
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

# **DISEÑO DE UNA SONDA PERIODONTAL ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS BASADO EN UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

Jhonatan Steven Gallo Peña, Mauricio Sergio Daza Hinojosa

Trabajo de Grado para optar por el título de Odontólogo

Director:  
Luz Elena Archila Antolínez  
Es. en Periodoncia, Medicina Oral e Implantes

Asesor Metodológico:  
Luis Alberto López Romero  
MSc. en Epidemiología

Universidad Santo Tomas, Bucaramanga  
División de Ciencias de la salud  
Facultad de Odontología  
2017

## Tabla de contenido

Resumen.....	7
Abstract.....	8
1. Introducción.....	9
1.1 Planteamiento del problema.....	10
1.2 Justificación.....	11
2. Marco Teórico.....	13
2.1 Anatomía del Periodonto.....	13
2.1.1 La encía.....	13
2.1.1.1 Anatomía Macroscópica.....	13
2.1.1.2 Anatomía Microscópica.....	14
2.1.2 Ligamento Periodontal.....	16
2.1.3 Cemento Radicular.....	17
2.1.4 Hueso Alveolar.....	17
2.1.5 Irrigación Sanguínea y Nerviosa.....	18
2.2 Enfermedad Periodontal.....	18
2.2.1 Gingivitis.....	20
2.2.2 Periodontitis.....	20
2.3 Periodontograma y registro de la condición periodontal.....	22
2.4 Sonda Periodontal.....	25
2.5 Sondas Periodontales Digitales.....	27
2.5.1 Sonda Florida.....	27
2.5.2 Periprobe.....	28
2.5.3 Interprobe.....	28
2.6 ADT Periodontal.....	29
2.7 Diseño Asistido por Computador (CAD).....	32
2.7.1 Solid Edge ST.....	33
3. Objetivos.....	35
3.1 Objetivo General.....	35
3.2 Objetivos Específicos.....	35
4. Método.....	35
4.1 Tipo de estudio.....	35
4.2 Selección y descripción de la población.....	35
4.2.1 Población.....	35
4.2.2 Muestra y Tipo de Muestreo.....	36
4.2.3 Criterios de Elegibilidad.....	36
4.3 Variables.....	36
4.4 Instrumento Recolector de Información.....	39
4.5 Procedimientos.....	39
4.6 Análisis descriptivo de los documentos.....	41
4.7 Consideraciones éticas.....	41
5. Resultados.....	42
6. Discusión.....	54
6.1 Conclusiones.....	57

6.2 Recomendaciones .....	57
7. Referencias Bibliográficas .....	59
Apéndices.....	63
Apéndice A. Descripción de variables.....	63
Apendice B. Modelo de selección de documentos incluidos en el trabajo.....	65
Apendice C. Sonda periodontal Perioustá .....	65

### Lista de figuras

Figura 1. Posición de la encía libre (EL), encía adherida (EA), conexión mucogingival (CMG) y conexión cemento adamantina en un periodonto sano. Fuente: Lindhe J. Periodontología Clínica e Implantología 4ª edición .....	14
Figura 2. Ubicación de los estratos del epitelio de la encía, estrato basal (1), estrato espinoso (2), estrato granuloso (3), estrato corneo (4) Fuente: Lindhe J. periodontología Clínica e Implantología 4ª edición.....	15
Figura 3. Ubicación a nivel microscópica del epitelio bucal (OE), epitelio de unión (JE) epitelio del surco (OSE), tejido conectivo (CT) y el esmalte (E) Fuente: Lindhe J. periodontología Clínica e Implantología 4ª edición .....	16
Figura 4. Clasificación Condiciones Periodontales. Fuente: Workshop 2018.....	19
Figura 5. Clasificación de la periodontitis según las etapas definidas por la gravedad (según el nivel de inserción clínica interdental, pérdida ósea radiográfica y pérdida de dientes), complejidad, extensión y distribución. Fuente: Workshop 2018 .....	21
Figura 6. Realización del sondaje periodontal. Fuente: Elaboración Propia .....	22
Figura 7. Componentes básicos se la Sonda Florida. Fuente: <a href="http://www.floridaprobe.com">www.floridaprobe.com</a> .....	27
Figura 8. Pantalla inicial del software ADT Periodontal Fuente: Manual de Usuario ADT Periodontal .....	29
Figura 9. Pantalla de Bienvenida del ADT Periodontal Fuente: Manual de Usuario ADT Periodontal .....	30
Figura 10. Historia clínica en ADT Periodontal Fuente: Manual de Usuario ADT Periodontal..	30
Figura 11. Inicio del periodontograma. Fuente: Manual de Usuario ADT Periodontal .....	31
Figura 12. Registro de datos en ADT Periodontal Fuente: Manual de Usuario ADT Periodontal	31
Figura 13. Pasos en el desarrollo de un diseño. Fuente: Diseño Asistido por Computador. ....	32
Figura 14. Ejemplo de un elemento diseñado en Solid Edge ST. Fuente: Siemens .....	33
Figura 15. Diagrama de selección de las patentes para el estudio. Fuente: Elaboración propia. .	42
Figura 16. Tipo de punta en sondas patentadas. Fuente: Elaboración propia.....	42
Figura 17. Sensores de presión utilizados en las sondas analizadas. Fuente: Elaboración propia. ....	43
Figura 18. Sensores de profundidad utilizados en las sondas analizadas. Fuente: Elaboración propia. ....	44
Figura 19. Esquema base del diseño de sonda periodontal dibujado en el Solid Edge ST10. Fuente: Elaboración propia.....	44

**Lista de tablas**

Tabla 1. Uso de los colores en el Periodontograma.....	24
Tabla 2. Guía Propuesta por la Sociedad Española de Periodoncia para el diagnóstico de la enfermedad periodontal .....	26
Tabla 3. Resumen Documentos Patentados de Sondas Periodontales .....	46

## Resumen

**Introducción:** La sonda periodontal es una herramienta odontológica imprescindible que permite valorar el estado periodontal del paciente, por lo que el diseño de instrumentos innovadores permitirá al odontólogo ahorrar tiempo y mejorar su práctica clínica. **Objetivo:** Diseñar una sonda periodontal que fuera compatible con el software ADT periodontal, diseñado en postgrado de periodoncia de la USTA. **Metodología:** Se ejecutó una revisión sistemática de la literatura para orientar el diseño de una nueva sonda periodontal a partir de patentes de sondas digitales accesibles a través de bases de datos electrónicas como lo son: *Google Patents*, *Derwen Innovation*, *Espacenet Patent Search* y *National Institute of Industrial Property*, con la siguiente ecuación ("*electronic*" AND "*periodontal*" AND "*probe*" AND "*pocket*") limitada entre los años 1970 al 2017 teniendo en cuenta criterios de elegibilidad como: descripción detallada del instrumento, presentar dibujo y estar escritas en idiomas español o inglés. **Resultados** Se obtuvieron un total de 250 patentes en las diferentes bases de datos, cumpliendo 21 con los criterios de inclusión estipulados. El 90% (n=19) de las patentes revisadas referían sondas de 3ª generación y el 10%(n=2) eran de 5ª generación; el 52.3% (n=11) presentaban una punta individual, el 38% (n=8) presentaban una punta doble o con doble cubierta y el 9.7% (n=2) restante no presentaba ningún tipo de punta. El análisis de estos datos dio como resultado el diseño de una sonda de tercera generación. **Conclusión:** Las sondas automáticas de tercera generación son las más indicadas para la elaboración del diseño debido a que presentan características de sondaje óptimas; se logró determinar todos sus componentes principales como son: un cuerpo, sensores transductores, sistema de transmisión y almacenamiento. Este diseño brindará gran ayuda en el aspecto clínico puesto que reducirá el tiempo de trabajo y permitirá obtener un diagnóstico más seguro.

**Palabras claves:** Odontología, Sonda Periodontal, Diseño, Patentes

## Abstract

**Introduction:** The periodontal probe is an essential dental tool that allows assessing the periodontal status of the patient, the design of innovative instruments will allow the dentist to save time and improve their clinical practice. **Objective:** To design a periodontal probe that was compatible with ADT-periodontal software, designed in the postgraduate periodontics of the USTA. **Methodology:** A systematic review of the literature was conducted to guide the design of a new periodontal probe based on patents of digital probes accessible through electronic databases such as: Google Patents, Derwen Innovation, Espacenet Patent Search and National Institute of Industrial Property, with the following equation ("electronic" AND "periodontal" AND "probe" AND "pocket") limited between the years 1970 to 2018, taking into account eligibility criteria such as: detailed description of the instrument, present drawing and be written in Spanish or English. **Results:** A total of 250 patents were obtained in the different databases, 21 met the stipulated inclusion criteria. Ninety percent (n = 19) of the patents reviewed referred to third-generation probes and 10% (n = 2) were fifth-generation probes, 52.3% (n = 11) had an individual tip, 38% (n = 8) had a double tip or double tip and the remaining 9.7% (n = 2) did not present any type of tip. The analysis of these data resulted in the design of a third-generation probe. **Conclusion:** the third-generation probes are the most suitable for design development because they have very good probing characteristics and it was possible to determine all its main components such as: a body, transducer sensors, transmission and storage system. This design will provide a great help in the clinical aspect since it will reduce the working time, will allow to obtain a safer diagnosis.

**Keywords:** Dentistry, Periodontal Probe, Design, Patents

## 1. Introducción

En la odontología el principal fin es estudiar y cuidar el sistema estomatognatico, el cual es definido como: “conjunto de órganos encargados de las funciones de respiración, succión, deglución, habla y fonación. Los órganos que lo componen son: Óseos: cráneo, huesos de la cara, hueso hioides, laringe, maxilar superior, mandíbula, paladar óseo. Músculos: músculos masticatorios, músculos de la expresión facial, músculos de la lengua, músculos del velo del paladar, músculos de la faringe y músculos del cuello”(1); previniendo, diagnosticando y tratando las enfermedades que afectan este sistema, presentándose interrogantes e hipótesis que se formulan con la intención de originar nuevos conocimientos que afiancen las competencias y los objetivos que se ha trazado desde siempre esta área de la salud.

La intención primordial en el proceso de investigación de toda temática odontológica, es innovar, mejorar, renovar, modificar o reafirmar teorías o procedimientos que enriquezcan la labor del odontólogo, para así promover y velar de manera pertinente y eficaz la reparación y el cuidado dental (2) .

Según la Academia Americana de Periodoncia, la periodoncia es una especialidad de la odontología que abarca la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades de los tejidos de soporte y de los dientes circundantes o sus sustitutos; la sustitución de dientes perdidos y estructuras de soporte, ingeniería de tejidos, implantación de dispositivos de materiales naturales o sintéticos; y el mantenimiento de la salud, la función y la estética de estos tejidos y estructuras (3).

El éxito de un periodoncista está basado en diagnosticar de una forma precisa las enfermedades periodontales y los factores de riesgo del paciente aplicando el Examen Periodontal Básico (EPB), con lo cual consigue formular un correcto diagnóstico y aplicar un tratamiento adecuado (4). Para este procedimiento es necesario realizar un sondaje periodontal y reportar todo lo observado en el Periodontograma. Efectuar un buen EPB garantiza tanto la prevención de un periodonto sano, el diagnóstico de una enfermedad periodontal como la terapia para tratar esta y realizar mantenimiento y terapia de soporte (5).

En este trabajo se estudió y se revisó de manera sistemática el diseño de las sondas periodontales electrónicas y computarizadas para elaborar una sonda electrónica que afronte los obstáculos e inconvenientes que han enfrentado los odontólogos, periodoncistas y estudiantes de odontología de la USTA; quienes por lo subjetivo de la técnica o poca habilidad no logran medidas reproducibles en el sondaje y diagnostico periodontal.

Se inicio documentando los conceptos periodontales acerca de: sonda periodontal, periodontograma, sondas digitales y enfermedad periodontal; seguidamente, se realizó la revisión sistemática de la literatura de patentes de sondas periodontales disponibles en bases de datos; con el fin de analizar cada uno de los diseños y seleccionar una sonda como base para el desarrollo de un nuevo instrumento electrónico de medición de enfermedad periodontal que sea compatible con el software periodontal desarrollado en postgrado de periodoncia de la Universidad Santo Tomas (USTA); el cual está en proceso de validación y por medio de este trabajo se pudo seleccionar un

diseño básico para la sonda periodontal digital y un sistema de enlace con el software periodontal del programa de postgrado de la USTA, buscando con esto que la atención en la práctica clínica del alma mater sea mucho más eficaz. En el presente estudio, se analizaron las sondas periodontales, digitales, existentes en el mercado, observando sus puntos positivos y negativos; con el fin de desarrollar un diseño eficiente que permita utilizarse con el software ya mencionado, desarrollado en postgrado de periodoncia; que permite registrar el periodontograma de forma digital, encargándose de identificar el estado periodontal de los pacientes.

### **1.1 Planteamiento del problema**

La enfermedad periodontal se considera como una patología crónica que al avanzar genera compromiso en los tejidos que se encargan de dar soporte a los dientes, la cual es ocasionada por microorganismos que colonizan debajo o en el margen gingival, esta colonización crea una película de placa; en la gran mayoría de huéspedes no se produce daños en las estructuras de soporte; sin embargo, en algunos individuos estos microorganismos proliferan ocasionando daños en el periodonto (6).

El diagnóstico preciso es indispensable para mantener la salud dental del paciente, ya que si no determina la enfermedad periodontal puede generar graves efectos en la calidad de vida de los pacientes afectados; pasando desde un mínimo sangrado en la encía durante el proceso de cepillado, hasta la aparición de otros procesos como: halitosis, generación de recesión gingival, movilidad dental e incluso llegar a ocasionar la pérdida de las piezas dentales (7).

El paciente diagnosticado con enfermedad periodontal, que presenta factores de riesgo, debe ser monitoreado constantemente, con el fin de realizar un tratamiento adecuado y oportuno de la misma y efectuar una terapia de soporte adecuada; el método menos invasivo y más cómodo para los pacientes, es el sondeo a través de sondas periodontales (8); el cual se realiza utilizando un instrumento conocido como sonda periodontal, que actualmente es la principal herramienta de diagnóstico en el campo de la periodoncia; sin embargo, esta medida está estrechamente unida a la habilidad del operador y la experiencia del mismo en la utilización del instrumento (9).

Los estudiantes del programa de odontología tienen una estrecha relación con la sonda periodontal en su práctica clínica, pero la poca experiencia en la utilización de esta o el desconocimiento de su verdadera funcionalidad, puede llegar a generar sesgos en los diagnósticos o que se realicen de forma incorrecta; llevando a que la enfermedad periodontal no sea adecuadamente determinada, por lo tanto, esta puede evolucionar causando un daño mayor en los tejidos de soporte del diente (10). Por tanto, es necesario analizar y explorar las diferentes herramientas que existen actualmente, para el diagnóstico periodontal y desarrollar nuevos instrumentos que permitan realizar una medición más exacta, de mayor facilidad para los profesionales de la odontología; para efectuar un correcto diagnóstico del estado periodontal del paciente.

En la ciudad de Bucaramanga, en la USTA; los estudiantes de las clínicas de odontología, tanto de pregrado, como posgrado a diario realizan exámenes diagnósticos periodontales, donde es

necesario la utilización de la sonda periodontal; la utilización manual, falta de reproducibilidad y la dificultad para realizar el registro de la patología, puede afectar a los pacientes con enfermedad periodontal, de cierto grado de evolución, generando que esta patología sea ignorada o subdiagnosticada, promoviendo así su progresión y desarrollo; además, la inexperticia puede generar la aplicación de fuerzas excesivas lesionando el tejido, si bien, ya hay estudios sobre la utilización de sondas periodontales manuales y digitales en los cuales se demuestra que realizan una adecuada evaluación de los tejidos periodontales (11); no se han realizado estudios en Bucaramanga, en los que se evalúen las sondas periodontales actuales que existen con el fin de desarrollar un instrumento nuevo que pueda utilizarse con el software ADT periodontal desarrollado previamente, en el programa de postgrado de periodoncia de la USTA(12) ; con el fin de mejorar el diagnóstico y agilizar el proceso. Por lo anterior, se formuló la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el diseño más apropiado para tomarse como base para el desarrollo de la sonda periodontal digital de la USTA, compatible con el software ADT Periodontal, desarrollado en postgrado de periodoncia?

## **1.2 Justificación**

La trascendencia de la investigación en la odontología, recae en la formulación de preguntas, que buscan desarrollar nuevos conocimientos, técnicas y tecnologías que colaboren en mejorar la calidad de vida de las comunidades; respecto a su salud oral y el tratamiento por parte del profesional, lo que hace que una constante evolución, sea necesaria para ofrecer las mejores opciones a la población, respecto al cuidado de la cavidad oral (13).

El diagnóstico preciso de la enfermedad periodontal, es fundamental, para reestablecer la salud oral del paciente y para ello es necesario desarrollar nuevos instrumentos; más fiables y mejor adaptados para determinar estas condiciones. Es por eso que resulta importante, abordar este tema desde todas sus dimensiones, reconociendo los instrumentos que existen actualmente para el diagnóstico periodontal; analizarlos detenidamente observando sus pros y sus contras, evaluarlos en detalle con el fin de establecer el diseño que mejor se adapte para el desarrollo del sistema automatizado de examen periodontal; este análisis es un tema de gran interés ya que permite evaluar desde una perspectiva integral cual es el instrumento más apropiado para realizar el sondaje periodontal y como se puede mejorar diseñando un nuevo instrumento que permita una medición ágil, que reduzca los tiempos de trabajo con el fin de utilizarla en semestres más avanzados para determinar el diagnóstico y estado periodontal del paciente.

El diseño de una sonda basado en la revisión sistemática de la literatura permitirá que el diagnóstico periodontal sea más concreto y se realice ágilmente, disminuyendo el índice de error y mejorando la reproducibilidad y el diagnóstico periodontal, esta investigación aportará en el ámbito académico, ya que al observar las diferentes sondas periodontales digitales y computarizadas que existen en la actualidad, facultará la realización del diseño de un nuevo instrumento que cumpla con todos los requerimientos para la detección de la enfermedad periodontal, de esta manera los miembros de la comunidad universitaria de la facultad de odontología de la USTA podrán realizar de manera más eficiente y correcta un diagnóstico

adecuado acerca del estado de salud oral del paciente, brindarle una mejor atención y ofrecerle el tratamiento de manera oportuna para recuperar y mantener su salud.

Con base en este estudio se podrá determinar si es posible desarrollar un nuevo instrumento que ofrezca condiciones de manejo más eficiente para el profesional y más cómodo para el paciente, ayudando a identificar más rápidamente si existe enfermedad periodontal y por consiguiente tratarla oportunamente.

En la actualidad, es reducida la literatura científica que aborda el desarrollo de nuevos instrumentos para el diagnóstico periodontal y la exactitud de medida entre instrumentos mecánicos y digitales junto al impacto en la detección de la enfermedad periodontal para su tratamiento; lo cual justifica el desarrollo de esta investigación.

Así mismo las facultades de Odontología en Colombia, no cuentan con acceso a esta herramienta tecnológica, ni están desarrollando herramientas similares debido al alto costo de las mismas; por tanto, en la ciudad de Bucaramanga y en la USTA; se debe promover el desarrollo de nuevos instrumentos que permitan una detección temprana de las patologías orales, que sean eficientes y cómodas para los pacientes, especialmente nuestra universidad que cuenta entre sus programas con la Ingeniería Mecatrónica; la cual tiene gran relevancia en el desarrollo de nuevas tecnologías y que puede trabajar en equipo con la facultad de odontología, para el desarrollo de nuevos instrumentos.

El análisis de esta problemática ayudará al campo de la odontología puesto que el desarrollo de nuevos instrumentos es necesario para la evolución de la profesión, este trabajo ampliará el conocimiento existente y servirá de guía para el desarrollo de nuevas herramientas clínicas para la investigación que podrían usarse en trabajos futuros, además se establecerá como base para el desarrollo del sistema automático de diagnóstico periodontal de la USTA que podrá utilizarse posteriormente en las clínicas odontológicas de Colombia.

Adriazen y col, definen la sonda periodontal como el instrumento predominante de diagnóstico en periodoncia, el cual es utilizado para medir la profundidad de las bolsas periodontales y el margen gingival para establecer el nivel de inserción del tejido que permite determinar el grado de compromiso de la enfermedad periodontal (10), la medición se basa en la experticia del operador lo cual se presenta como una dificultad a los estudiantes de Odontología de la USTA generando así una medida errónea y una interpretación inadecuada de los datos interfiriendo así en el diagnóstico adecuado.

En este trabajo se diseñará una nueva sonda periodontal compatible con el software ADT periodontal que se desarrolló en postgrado de periodoncia de la USTA, la cual será cómoda para el paciente, permitirá a los estudiantes realizar una medida correcta y rápida logrando un diagnóstico oportuno de la salud periodontal del paciente, esta investigación también le otorgará reconocimiento a la USTA en avance tecnológico a nivel nacional catalogándola como una universidad que promueve la investigación de sus estudiantes y el desarrollo de nuevas herramientas para la odontología.

Esta investigación también generará herramientas para el desarrollo profesional y de proyección social concientizando que el papel del odontólogo va más allá de la salud oral de los individuos, también está ligado al desarrollo de nuevos tratamientos e instrumentos que permitan evolucionar la profesión y determinar más fácilmente las patologías, de esta manera se brindará a la sociedad un bien común que podría utilizarse para futuras investigaciones de profesionales que estén interesados en desarrollar la profesión y brindar comodidad a los pacientes en el momento de acudir a consulta odontológica.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 Anatomía del Periodonto**

Este primer capítulo se enfocó en las características normales del periodonto en todos sus componentes desde la encía, pasando luego al ligamento periodontal, analizando el cemento radicular y finalmente el hueso alveolar, cuya función primordial consiste en unir los dientes al tejido óseo dándole soporte y sostén para realizar sus funciones habituales

#### **2.1.1 La encía**

##### ***2.1.1.1 Anatomía Macroscópica***

La mucosa bucal está conformada por 3 tipos: La mucosa adherida que se encuentra en el paladar duro y la encía, la mucosa especializada que se encuentra en el dorso de la lengua y permite sentir los sabores de los alimentos y la mucosa de revestimiento que cubre las zonas restantes de la cavidad oral. La encía está conformada por mucosa masticatoria o adherida, que recubre la apófisis alveolar y el alrededor de los dientes en la porción cervical, se compone de una capa de tejido epitelial y de tejido subyacente conocido como lámina propia, esta va adquiriendo su forma con la erupción de las piezas dentales (6).

La encía cercana a la corona del diente tiene un color rosa coral y finaliza en el margen gingival libre, continuando en dirección apical se torna de color rojo oscuro y se conoce como mucosa alveolar laxa, ambas separadas por una línea llamada línea mucogingival o unión mucogingival. En la encía se pueden ver 2 porciones: la encía libre y la encía adherida, la primera se caracteriza por el color rosa coral, su consistencia firme y por que su superficie es opaca, se encuentra en el tejido gingival en la zona vestibular, la zona palatina o lingual, y las papilas interdentes o encía interdental, sus límites serian en sentido coronal el margen gingival y en sentido apical el surco gingival, desde este punto inicia la encía adherida la cual tiene consistencia firme, color rosa coral y presenta pequeñas depresiones conocidas como punteado, la cual le confiere un aspecto muy similar a la cascara de una naranja, se une firmemente al hueso alveolar y por consiguiente es inmóvil con relación al tejido subyacente y continua hasta la línea mucogingival [ver Figura 1]

(6,14), se encuentra delimitada en sentido coronal por el surco gingival o por un plano horizontal ubicado a nivel de la unión amelocementaria.

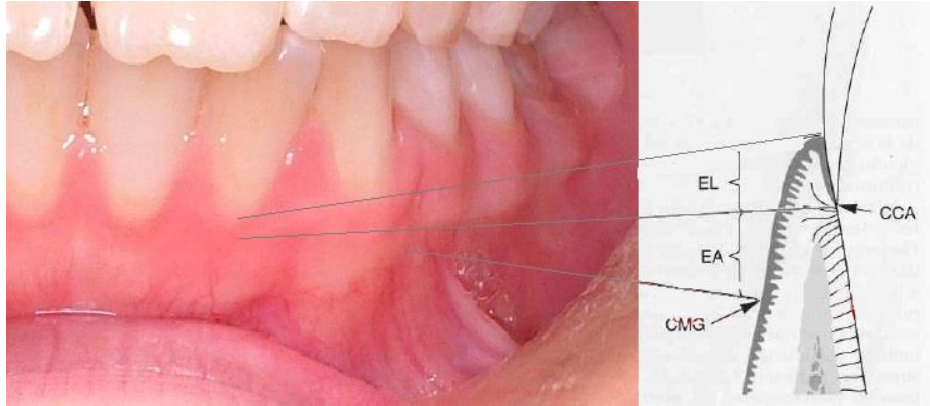


Figura 1. Posición de la encía libre (EL), encía adherida (EA), conexión mucogingival (CMG) y conexión cemento adamantina en un periodonto sano. Fuente: Lindhe J. Periodontología Clínica e Implantología 4ª edición

Durante los exámenes clínicos se observó que el surco gingival solo se encuentra en un 30 a 40% de los adultos. Generalmente es más pronunciado en la superficie vestibular de los dientes y se observa más frecuentemente en la zona de los molares inferiores y premolares superiores (6), el surco gingival se define como el espacio o surco poco profundo con forma de “V” ubicado entre el diente y la encía, el surco consta de un espacio superficial coronal a la inserción del epitelio de unión y está limitado por el diente de un lado y por el epitelio del surco del otro, el margen gingival se define como la extensión en dirección coronal del surco gingival (15), por su morfología el entorno del surco gingival provee un hábitat adecuado para el establecimiento de microflora mixta predominantemente anaerobia (16).

La mucosa alveolar que presenta un tono más oscuro se ubica en la zona más apical a la unión mucogingival y se une con poca firmeza al hueso alveolar y es móvil respecto al tejido subyacente.

### ***2.1.1.2 Anatomía Microscópica***

La encía presenta estructuras epiteliales y tejido conectivo, el epitelio puede diferenciarse en:

- Epitelio bucal el cual apunta hacia la cavidad bucal y no entra en contacto con los dientes.
- Epitelio del surco que se encuentra entre el diente y el surco, pero no contacta con el esmalte de las piezas dentarias.
- Epitelio de unión que genera la unión entre los dientes y la encía (6).

La porción límite entre el epitelio bucal y el tejido conectivo subyacente tiene una forma ondulada, donde se proyectan papilas desde el tejido conectivo denominadas papilas coriales y se separan entre sí por crestas epiteliales conocidas como papilas dérmicas.

El epitelio que conforma la encía es epitelio estratificado queratinizado y se divide en 4 estratos o capas que son conocidas así: estrato basal (el más interno), estrato espinoso (justo sobre el estrato basal), estrato granuloso (sobre el estrato basal) y estrato corneo (el más externo) [ver Figura 2].

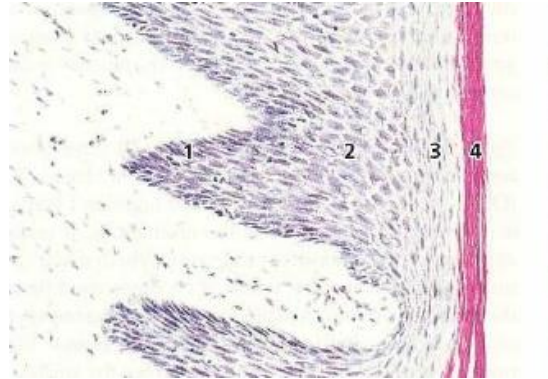


Figura 2. Ubicación de los estratos del epitelio de la encía, estrato basal (1), estrato espinoso (2), estrato granuloso (3), estrato corneo (4) Fuente: Lindhe J. *periodontología Clínica e Implantología 4ª edición*

Las células que conforman el estrato basal son cilíndricas o cúbicas y son las que están en contacto directo con la membrana basal ya que estas se pueden dividir permiten renovar el epitelio por eso este estrato muchas veces es llamado como estrato germinativo; el estrato espinoso está formado por gran cantidad de capas de células grandes y poliédricas que presentan prominencias citoplasmáticas dándoles aspecto de espigas, normalmente son alrededor de 20 capas, el estrato granuloso presenta cuerpos electrodensos de queratohialina y gránulos de glucógeno que se encargan de sintetizar queratina, por último el estrato corneo presenta células llenas de queratina y que han perdido todos los componentes para su función como célula habitual.

El epitelio de unión presenta una superficie libre en el fondo del surco gingival este se renueva constantemente por las células de su capa basal y por ultimo las células del epitelio del surco son cúbicas y tiene superficie queratinizada [ver Figura 3]. Teniendo en cuenta los 3 epitelios las células de mayor tamaño y los mayores espacios intercelulares se encuentran en el epitelio de unión, pero tienen la menor cantidad de desmosomas (6).

La lamina propia está conformada mayormente por tejido conectivo que contiene fibras de colágeno, fibroblastos, vasos sanguíneos y nervios todos dentro de una sustancia fundamental amorfa conocida como matriz extracelular, por tanto contiene gran cantidad de células que tienen características diferentes entre sí como los fibroblastos que se encargan de producir fibras fundamentales en el tejido conectivo, también presenta mastocitos que se encarga de la producción de gran parte de los componentes que hacen parte de la matriz extracelular como sustancias vasoactivas que permiten el control del flujo vascular del tejido, los macrófagos tienen funciones de síntesis y fagocíticas estos aumentan cuando el tejido está inflamado lo cual veremos más adelante en el capítulo sobre la enfermedad periodontal, además de estos tipos de células también

se encuentran células inflamatorias de diferentes tipos como neutrófilos, linfocitos y plasmocitos (17).

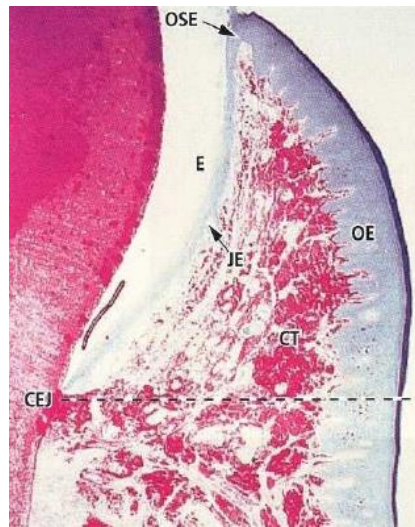


Figura 3. Ubicación a nivel microscópica del epitelio bucal (OE), epitelio de unión (JE) epitelio del surco (OSE), tejido conectivo (CT) y el esmalte (E) Fuente: Lindhe J. *periodontología Clínica e Implantología* 4ª edición

Las fibras producidas son de 3 tipos: las fibras colágenas que predominan en el tejido conectivo son el componente más importante del periodonto estas se agrupan en haces y dan consistencia al tejido, las fibras de reticulina son argirófilas y están mayormente en el tejido más cercano a la membrana basal y a los vasos sanguíneos, las fibras de oxitalano son muy pocas en la encía, son fibrillas largas y delgadas, las fibras elásticas están vinculadas directamente con los vasos sanguíneos (18).

La matriz del tejido conectivo es formada gracias a los fibroblastos que se encargan de aportar la mayor parte de sus componentes, aunque no puede olvidarse que los mastocitos también ayudan y otros componentes se derivan de la sangre, esta matriz conforma el medio ambiente en el cual se encuentran las células del tejido conectivo por tanto allí se presentan todos los procesos vitales de las células sus principales componentes son los proteoglicanos y las glucoproteínas (6).

### 2.1.2 Ligamento Periodontal

El segundo componente del periodonto que se analizara es el ligamento periodontal, el cual está conformado por tejido blando que particularmente es altamente vascularizado y celular que se encuentra rodeando las raíces de los dientes y tiene la función de conectar el cemento radicular a través de fibras con la pared del alveolo; en sentido coronal limita con la lámina propia. Se encuentra ubicado entre las raíces de las piezas dentales y el hueso alveolar, la porción más coronal del hueso alveolar se denomina cresta alveolar, este ligamento se encarga de distribuir en las

apófisis alveolares las fuerzas generadas durante el proceso de masticación, también da cierto grado de movilidad a los dientes que varía según el estado del ligamento (14).

Los haces de fibras del ligamento se pueden clasificar según su posición en fibras crestalveolares, fibras horizontales, fibras oblicuas y fibras apicales, las fibras principales del ligamento se desarrollan en el momento que erupcionan los dientes y poco a poco se desarrollan fibras orientadas apicalmente, la orientación de estas fibras no es estable y se modifican constantemente mientras el proceso de erupción del diente se efectúa, inicialmente las fibras son delgadas y pequeñas, con el pasar del tiempo las fibras aumentan en cantidad y espesor, en el momento que el diente termina de erupcionar y entra en función las fibras se organizan en haces (6).

Las células que conforman el ligamento son: fibroblastos, osteoblastos, cementoblastos, osteoclastos, células epiteliales y fibras nerviosas.

### **2.1.3 Cemento Radicular**

El cemento es uno de los tejidos que conforman el diente, es mineralizado, especializado y se encuentra recubriendo la porción radicular de cada uno de los dientes, es muy similar al tejido óseo, difieren puesto que el cemento no presenta terminaciones nerviosas, vasos sanguíneos ni vasos linfáticos por tanto tampoco presenta remodelado óseo, contiene fibras colágenas dentro de una matriz orgánica cuyo contenido mineral es principalmente hidroxapatita, tiene varias funciones: permite la inserción de las fibras del ligamento periodontal y ayuda en el proceso reparativo cuando la raíz dental ha sido fracturada o dañada (6).

Se pueden distinguir 3 tipos de cemento, el cemento acelular que se encuentra en la porción coronal y media de la raíz del diente y se constituye fundamentalmente por fibras de Sharpey, el cemento celular mixto se ubica en el tercio más apical de la raíz y en la zona de las furcaciones, conformado principalmente por fibras extrínsecas e intrínsecas y por último el cemento celular con fibras intrínsecas que se localiza en las lagunas de resorción y contiene además de las fibras intrínsecas a los cementocitos (19).

### **2.1.4 Hueso Alveolar**

Es la porción ósea del maxilar superior e inferior que se encarga de formar y sostener los alveolos de las piezas dentales, se desarrolla a partir de células del saco dentario y de células independientes al desarrollo de los dientes. En conjunto con el cemento y el ligamento alveolar conforman el aparato de inserción del diente y se encargan de distribuir y absorber las fuerzas generadas durante los procesos de masticación y contactos entre las piezas dentales.

Las paredes alveolares están conformadas por hueso cortical y la zona intermedia de los alveolos está compuesta de hueso esponjoso que conforma la mayor parte de los tabiques interdentes, el hueso compacto tiene numerosos conductos o perforaciones para el paso de vasos sanguíneos,

vasos linfáticos y fibras nerviosas denominados conductos de Volkmann, que permiten a su vez la inserción de las fibras de Sharpey. El hueso alveolar se encuentra en constante renovación según la funcionalidad del individuo, la erupción dental y la migración de los dientes con el fin de compensar los movimientos dentales (6,14).

### **2.1.5 Irrigación Sanguínea y Nerviosa**

La arteria alveolar superior e inferior dan nacimiento a una rama vascular denominada arteria dental que justo antes de ingresar al alveolo se ramifica formando la arteria intraseptal, de la arteria intraseptal se derivan ramas perforantes que se insertan en el hueso a través de los conductos en varios niveles del alveolo, estas ramas se unen en el espacio periodontal con pequeños vasos sanguíneos que tienen origen en la porción apical del ligamento periodontal y con otras ramas terminales que se originaron en la arteria intraseptal, esta emite 2 ramas que irrigan la región apical del ligamento periodontal y luego ingresa en el conducto radicular (6).

Los vasos linfáticos conforman una red amplia en el tejido conectivo que se encargan de drenar la linfa desde el líquido tisular, transmitiéndola a vasos de mayor calibre y la llevan a los ganglios linfáticos para ser drenada antes de ingresar al torrente sanguíneo, desde este punto de vista cada sección de la boca drena en diferentes ganglios linfáticos de la siguiente manera: la encía de la región de incisivos inferiores y los dientes incisivos inferiores drenan hacia los ganglios submentonianos, la porción palatina de la encía en los dientes superiores drena hacia los ganglios cervicales profundos, la porción vestibular junto con la encía de la región de premolares y molares inferiores drena hacia los ganglios submandibulares, todos los dientes restantes y tejidos periodontales adyacentes a excepción de los terceros molares e incisivos inferiores drenan en los ganglios submandibulares, y los terceros molares drenan al ganglio yugulodigástrico (6,17).

En el periodonto se localizan receptores de dolor, presión y tacto, estos llegan por medio del nervio trigémino y sus ramos terminales, estos receptores permiten identificar las fuerzas ejercidas sobre los dientes durante la oclusión, y junto con los propioceptores de los músculos y tendones se encargan de regular los movimientos de masticación y la fuerza necesaria para ejercerlos. Tener en cuenta la anatomía del periodonto es fundamental para poder entender en que consiste la enfermedad periodontal y cómo evoluciona como se describe en el siguiente capítulo (6,17).

## **2.2 Enfermedad Periodontal**

La enfermedad periodontal inflamatoria pertenece a las enfermedades crónicas multifactoriales, donde las alteraciones del periodonto son resultado de la capacidad reducida del huésped, estas se expresan desde una mínima inflamación gingival hasta la pérdida de grandes proporciones de hueso de la cresta alveolar. La enfermedad periodontal se considera un proceso infeccioso de la encía y del aparato de inserción adyacente, es producida por microorganismos al colonizar el área supra y subgingival, se caracteriza por una pérdida estructural del aparato de inserción, aunque es

producida por determinadas bacterias éstas no son suficientes para que se produzca la enfermedad, siendo necesaria la presencia de un huésped susceptible (20).

La Gingivitis es el proceso inflamatorio de las encías, por la acumulación de placa bacteriana en el tercio cervical de los dientes y el surco gingival, si bien la gingivitis es reversible según las condiciones de salud y cuidado oral del individuo esta puede evolucionar y convertirse en enfermedad periodontal. Para Botero y Bedoya la enfermedad periodontal es una enfermedad infecto-inflamatoria que puede generar la pérdida de todas las piezas dentales y que su tratamiento está basado en controlar la infección y así eliminar la inflamación, Lindhe también afirma que la consecuencia final de la enfermedad periodontal es la pérdida de los dientes y que debe ser considerada como un problema mayor de salud pública (6,8).

La enfermedad periodontal inicia cuando las bacterias empiezan la producción de factores de virulencia que entran en contacto con las células del epitelio del surco y del epitelio de unión, en el epitelio de unión se producen citoquinas proinflamatorias y defensinas, en particular las defensinas se encargan de dañar la superficie de las bacterias ayudando a su eliminación, producen IL-1 TNF $\alpha$  que permiten aumentar el calibre de los vasos sanguíneos y la manifestación de proteínas que se encargan de la adhesión celular, también producen IL-8 que tiene actividad quimiotáctica sobre los PMN, los cuales llegan al sitio donde hay acumulo de bacterias acumulándose en el tejido conectivo junto al surco alterando de esta manera el tejido conectivo junto al epitelio de unión, Gran cantidad de los PMN llegan a espacios intercelulares del epitelio de unión ocasionando su desgranulación, lo cual libera reactivos de oxígeno, catepsina G, defensinas, serinproteasas y otras enzimas que se encargan de destruir las bacterias pero al mismo tiempo producen daño en el tejido. Después se estimula la respuesta inmune adaptativa y llegan a este tejido los linfocitos T CD4 y linfocitos B colaborando con la resolución del proceso inflamatorio (21,22).

CLASSIFICATION OF PERIODONTAL AND PERI-IMPLANT DISEASES AND CONDITIONS 2017										
Periodontal Diseases and Conditions										
Periodontal Health, Gingival Diseases and Conditions <a href="#">Chapple, Mealey, et al. 2018 Consensus Rept link</a> <a href="#">Trombelli et al. 2018 Case Definitions link</a>			Periodontitis <a href="#">Papapanou, Sanz et al. 2018 Consensus Rept link</a> <a href="#">Jepsen, Caton et al. 2018 Consensus Rept link</a> <a href="#">Tonetti, Greenwell, Kornman. 2018 Case Definitions link</a>			Other Conditions Affecting the Periodontium <a href="#">Jepsen, Caton et al. 2018 Consensus Rept link</a> <a href="#">Papapanou, Sanz et al. 2018 Consensus Rept link</a>				
Periodontal Health and Gingival Health	Gingivitis: Dental Biofilm-Induced	Gingival Diseases: Non-Dental Biofilm-Induced	Necrotizing Periodontal Diseases	Periodontitis	Periodontitis as a Manifestation of Systemic Disease	Systemic diseases or conditions affecting the periodontal supporting tissues	Periodontal Abscesses and Endodontic-Periodontal Lesions	Mucogingival Deformities and Conditions	Traumatic Occlusal Forces	Tooth and Prosthesis Related Factors

Figura 4. Clasificación Condiciones Periodontales. Fuente: Workshop 2018.

5 a 7 días después de ser estimulados los linfocitos alcanzan su mayor punto de activación, lo cual es indispensable para lograr mantener la salud periodontal ya que los linfocitos T CD4 generan diferentes citoquinas que ayudan a mejorar la actividad de los macrófagos y linfocitos B que se

encargan de producir anticuerpos como IgG e IgA, de esta manera si el proceso de inflamación no se detiene se convierte en crónico y produce degradación de los tejidos de soporte generando de esta manera la aparición de la bolsa periodontal, posteriormente la pérdida de inserción y finalmente la pérdida de tejido óseo (8).

La enfermedad periodontal que se analizara tiene como causante principal un agente bacteriano en la placa de los dientes, pero puede verse modificada por factores sistémicos del paciente de allí que sea considerada una enfermedad multifactorial.

### **2.2.1 Gingivitis**

Como su nombre lo indica se refiere al proceso de inflamación de la encía, es la etapa inicial de la enfermedad periodontal y se caracteriza por que esta etapa no afecta significativamente los tejidos que dan soporte a los dientes, entre sus signos característicos se encuentran la inflamación, el tono más rojo de la encía en la zona afectada y el sangrado al realizar el sondaje periodontal, también puede llegar a presentarse agrandamiento gingival relacionado a edemas, desplazando el margen coronal dando una profundidad de sondaje mayor lo cual es denominado pseudobolsa, la profundidad de sondaje debe estar entre 1-3 mm, de 4 mm en adelante se considera bolsa periodontal, los sondajes entre 3-3.9mm deben analizarse muy cuidadosamente para descartar la presencia de pseudobolsas y la pérdida de altura de la cresta ósea alveolar (8,23).

La gingivitis puede llegar a generar sesgos en el sondaje periodontal y no permitir una detección adecuada de la enfermedad periodontal por tanto para hacer un diagnóstico preciso es necesario apoyarse en radiografías para observar si hay pérdida de la altura ósea, la gingivitis puede afectar a periodontos que estén en condiciones normales y a periodontos que presenten pérdida de altura, incluso puede presentarse aumento excesivo del fluido crevicular produciendo supuración, aumentando la movilidad y generando dolor, cuando afecta menos del 30% de las piezas dentales se considera gingivitis localizada si afecta más cantidad de dientes se denomina gingivitis generalizada (8,24).

### **2.2.2 Periodontitis**

En la periodontitis se presenta inflamación de la encía e inflamación en los tejidos que dan soporte a los dientes afectando de manera agresiva al tejido conectivo gingival, el ligamento periodontal, el cemento radicular y el hueso alveolar, es visible el sangrado al sondaje, profundidad de sondaje mayor o igual a 4 mm ( $\geq 4$ ) es decir presencia de bolsas periodontales, además puede observarse recesión gingival, supuración, aumento de la movilidad de las piezas dentales y dolor (8).

El análisis de esta evidencia ha dado pie a que el seminario de 2017 desarrolle un esbozo de una nueva clasificación para la periodontitis. En los últimos 3 siglos la clasificación de la periodontitis ha variado repetidamente en búsqueda de ordenarla con la evidencia científica renovada. Allí se concordó que, de acuerdo con el conocimiento actual sobre la fisiopatología, pueden identificarse

tres formas de periodontitis: periodontitis necrosante, periodontitis como manifestación de enfermedades sistémicas y las formas de la enfermedad previamente reconocidas como “crónica” o “agresiva”, ahora agrupadas bajo una sola categoría, “periodontitis” (25,26).

Durante la revisión se definió una categorización con base en un sistema de estadificación multidimensional y de clasificación que pueda ser adaptada con el tiempo a medida que brote nueva evidencia (26). Esta depende de la severidad de la enfermedad en su presentación y la complejidad del manejo de la enfermedad, adicionalmente brinda información complementaria acerca de las características biológicas de la enfermedad, incluyendo un análisis basado en la historia de la tasa de progresión de la enfermedad, la evaluación del riesgo a mayor progresión, resultados deficientes anticipados del tratamiento y la evaluación del riesgo de que la enfermedad o su tratamiento puedan afectar negativamente la salud general del paciente [ver Figura 4].

La estadificación involucra cuatro categorías (estadio 1 a 4) y es determinada después de considerar diversas variables, incluyendo la pérdida de inserción clínica, cantidad y porcentaje de pérdida ósea, profundidad al sondaje, presencia y extensión de defectos óseos angulares e involucración de la furcación, movilidad y pérdida dentales debido a periodontitis. La clasificación incluye tres niveles (grado A- riesgo bajo, grado B- riesgo moderado, grado C- riesgo alto para la progresión) e integra, además de los aspectos relacionados con la progresión de la periodontitis, el

Periodontitis stage		Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV
Severity	Interdental CAL at site of greatest loss	1 to 2 mm	3 to 4 mm	≥5 mm	≥5 mm
	Radiographic bone loss	Coronal third (<15%)	Coronal third (15% to 33%)	Extending to middle or apical third of the root	Extending to middle or apical third of the root
	Tooth loss	No tooth loss due to periodontitis		Tooth loss due to periodontitis of ≤4 teeth	Tooth loss due to periodontitis of ≥5 teeth
Complexity	Local	Maximum probing depth ≤4 mm Mostly horizontal bone loss	Maximum probing depth ≤5 mm Mostly horizontal bone loss	In addition to stage II complexity: Probing depth ≥6 mm Vertical bone loss ≥3 mm Furcation involvement Class II or III Moderate ridge defect	In addition to stage III complexity: Need for complex rehabilitation due to: Masticatory dysfunction Secondary occlusal trauma (tooth mobility degree ≥2) Severe ridge defect Bite collapse, drifting, flaring Less than 20 remaining teeth (10 opposing pairs)
		For each stage, describe extent as localized (<30% of teeth involved), generalized, or molar/incisor pattern			
Extent and distribution	Add to stage as descriptor	For each stage, describe extent as localized (<30% of teeth involved), generalized, or molar/incisor pattern			

Figura 5. Clasificación de la periodontitis según las etapas definidas por la gravedad (según el nivel de inserción clínica interdental, pérdida ósea radiográfica y pérdida de dientes), complejidad, extensión y distribución. Fuente: Workshop 2018

estado de salud general y otras exposiciones tales como el tabaquismo o el nivel de control

metabólico en la diabetes. Por ende, la clasificación le permite al clínico incorporar los factores individuales del paciente en el diagnóstico, los cuales son cruciales para el manejo integral del caso. Una descripción completa del esquema de la nueva clasificación para la periodontitis puede verse en la Figura 5 (25,26).

### 2.3 Periodontograma y registro de la condición periodontal

El Periodontograma es un instrumento que representa de una manera gráfica el estado periodontal del paciente. Este documento básicamente diligencia los valores obtenidos en el sondaje periodontal y representa el compromiso del tejido gingival, además aporta información necesaria para constituir un diagnóstico, pronóstico y una estrategia de tratamiento periodontal (27).

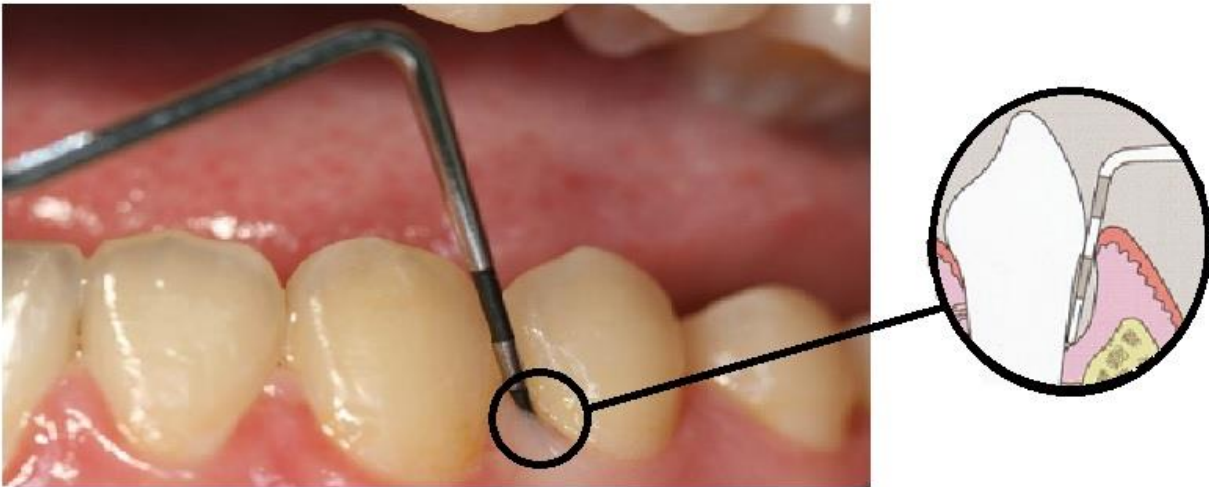


Figura 6. Realización del sondaje periodontal. Fuente: Elaboración Propia

El periodontograma está planteado para simbolizar detalladamente por medio de un gráfico lo observado en el paciente durante el examen periodontal básico inicial, tanto a lo largo del tratamiento como al finalizar la terapia y luego en el proceso de mantenimiento. Su uso admite a los odontólogos y periodoncistas plantear un pronóstico en cuanto a la evolución de la enfermedad periodontal y el éxito del tratamiento plateado. Su ejecución viene seguida por el cálculo del índice de placa y de la probabilidad de sangrado (8).

Los periodoncistas suelen apoyarse en radiografías panorámicas para ejecutar el periodontograma puesto que aporta información valiosa acerca de si existe o no una pérdida ósea de importancia y por lo tanto así poder otorgar un diagnóstico adecuado y un tratamiento oportuno.

Para que el periodontograma sea correctamente tramitado se deben analizar determinantes importantes teniendo en cuenta lo siguientes parámetros:

**Profundidad al Sondaje (PS):** Examina el espacio del surco periodontal, usando un solo plano con una medida lineal enfocado en seis zonas de los dientes, 3 en la cara vestibular del diente y 3 por la cara palatina o lingual según sea el maxilar o la mandíbula, estas son: disto vestibular, luego se pasa a vestibular, y finalmente mesiovestibular; por palatino o lingual tenemos distolingual/palatino, luego palatino/lingual, y finalmente mesiopalatino/lingual. Sin embargo, corresponde ser calculada detalladamente en milímetros, teniendo como punto de partida el margen gingival, el cual casi siempre concuerda con la Unión Amelocementaria (UAC) o levemente en dirección coronal a esta. Cuando el borde está apical a la (UAC), se designa una regresión del tejido marginal y este es una de las consecuencias de la pérdida de la inserción [ver Figura 6] (8).

**Margen Gingival:** Siempre depende de un punto fijo de referenciación (UAC), es preciso delimitar el nuevo punto de referencia cuando este no se pueda hallar. Es preciso registrar cuál fue el punto de referencia utilizado, ya sea una restauración, el margen de una corona o incluso el borde oclusal del diente. Cuando la recesión es vestibular es viable trazar una línea imaginaria desde las superficies próximas más aún si compromete abfracciones (8).

**Nivel de Inserción Clínica (NIC):** Corresponde al grado de la pérdida de fijación del diente, también debe ser detallado cuidadosamente diente por diente, ya que de esta medida depende de la longitud total radicular. Por ende, no es igual un NIC de 5 mm en un canino superior a esta misma medida en un central inferior. La evaluación minuciosa de cada diente nos va a revelar de forma individual el estado próximo de soporte periodontal (8).

Para calcular el NIC, se debe tener en cuenta:

- Si el margen está en dirección coronal a la UAC, se le resta la PS.
- Si el margen está al mismo nivel de la UAC, el NIC es igual a la PS.
- Si el margen está en dirección apical a la UAC, se adiciona la PS y el margen.

La medida del nivel de inserción alude a las fibras de tejido conectivo Gingival que se insertan en el cemento radicular por medio de las fibras de Sharpey. Es una medida lineal que es constante a 1.07 mm aproximadamente coronal a la cresta ósea.

**Línea Mucogingival (LMG):** Es de utilidad medir la cantidad de Encía Queratinizada (EQ) o de Encía Insertada (EI). En el trayecto que entre el margen gingival y la línea Mucogingival. Se cree que el exceso de encía aumentada por la edad es consecuente al fenómeno de erupción pasiva. Esto indica que al tener abundante EQ no es sinónimo de tener exceso de EI y aunque la encía parezca tener una altura normal, puede no existir EI (8).

**Movilidad Dental:** La movilidad dental se calcula recurriendo a dos instrumentos de composición metálica con los cuales se aplica presión en sentido vestibulo-lingual.

Grado 0: movilidad fisiológica, se encuentra entre 0.1-0.2 mm en dirección horizontal.

Grado 1: movimiento horizontal hasta de 1 mm.

Grado 2: movimiento horizontal de más de 1 mm.

Grado 3: movimiento en todos los sentidos tanto horizontal, vertical e intrusivo mayor a 2mm.

Es ineludible situar buena atención a la movilidad dental cuando es patológica, ya que se acrecienta gradualmente con el pasar del tiempo. Luego del tratamiento adecuado, la movilidad disminuye un poco, dando como resultado la movilidad residual que tiene que ser monitoreada con férulas (28).

Sangrado al sondaje y supuración: Se señala en los lugares determinados que muestren estos signos por medio un círculo encima el número en el encasillado de sondaje, en color rojo cuando se debe a sangrado al sondaje y en color amarillo cuando se trata de una supuración. Si se manifiestan ambos signos, predomina marcar el círculo propio a supuración (29).

Para diligenciar el formato del periodontograma se debe contar con lápices de colores: rojo, azul, negro, verde y amarillo para poder graficar como se denota a continuación [ver tabla 1] (27):

*Tabla 1. Uso de los colores en el Periodontograma*

Color	Utilidad
Rojo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dibujar el margen gingival</li> <li>• Remarcar áreas de inflamación gingival</li> <li>• Marcar los puntos sangrantes</li> <li>• Borde defectuoso de restauraciones</li> <li>• Dibujar un círculo que indica fistula</li> <li>• Endodoncia (Se pinta de acuerdo al estrado radiográfico)</li> <li>• Furcas (Se dibuja un círculo en la furca afectada)</li> <li>• Lesión periapical</li> <li>• Caries</li> </ul>
Negro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcar las bolas periodontales</li> <li>• Colorear dientes ausentes (Colorearlo completamente)</li> <li>• Dibujar la posición del diente incluido sin colorearlo</li> <li>• Impactación de alimentos (Flecha en dirección al margen)</li> <li>• Diastemas (Dos líneas verticales paralelas)</li> <li>• Desgaste dental por atrición, abrasión, bruxismo</li> <li>• Fractura dental</li> </ul>
Azul	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colorear restauraciones de amalgama</li> <li>• Colorear la corona de dientes con prótesis fija</li> <li>• Flecha que indica la migración, rotación y extrusión de un diente</li> <li>• Prótesis parcial removible dibujando el gancho sobre el diente pilar</li> <li>• Implante</li> <li>• Colorear dientes y pónicos de una prótesis provisional</li> <li>• Prótesis total (Se escribirá en las casillas de mediciones)</li> </ul>
Verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dibujar línea Mucogingival</li> </ul>
Amarillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supuración al sondaje (Se dibuja un punto en el lugar afectado)</li> </ul>

## 2.4 Sonda Periodontal

Es un instrumento odontológico indispensable para determinar y diagnosticar la enfermedad periodontal, su uso está ligado a la valoración de la profundidad del surco, y determinar las bolsas periodontales, el compromiso de la furca y el nivel de inserción epitelial. Esta sonda mide la distancia que hay entre la base de la bolsa, a la línea de referencia, que por lo general es el margen gingival o la unión amelocementaria (30). Su estructura ha sido modificada a través del tiempo en cuanto a forma, diámetro y marcación, hasta llegar a la tecnología electrónica de hoy en día. Lo que ha permitido mejorar la precisión y el uso del instrumento. Es fundamental en la valoración inicial del paciente en consulta de periodoncia, y permite el seguir eficazmente la evolución de la enfermedad periodontal del paciente (10).

Las sondas periodontales difieren en la presentación de su porción transversal y en las marcas milimétricas. El final de la estructura de una sonda no puede ser afilada para no lesionar el tejido gingival por lo que suelen ser rectangulares (planas), ovales o redondas en su sección transversal, aunque todas deben tener poco grosor para permitir su fácil introducción en el surco o la bolsa. También pueden ser troncocónicas y punta roma, o con un final en punta de bolita. La porción activa calibrada está enumerada en milímetros dividida en segmentos variables para favorecer la lectura de las medidas de la profundidad del surco gingival.

En la actualidad se cuentan con distintos tipos de sondas periodontales, en nuestro medio la sonda periodontal de Williams, la sonda Carolina del Norte, la sonda de Nabers y la sonda WHO (World Health Organization) son las más utilizadas (29).

La sonda de Williams tiene un diseño con dos extremos uno cónico redondeado y otro plano, esta calibrada en milímetros de esta manera: 1,2,3 – 5 – 7,8,9,10. Forma un ángulo de 45° entre el cuerpo y el mango de la sonda. Esta sonda debe ser posicionada lo más paralela a la superficie dental ejecutando un trayecto con movimientos circulares del área evaluada, siempre con la punta en conexión con la superficie radicular (29).

La estructura de la sonda de Nabers tiene una forma determinada para la medición del daño de la furca y examinar su forma; cada entrada de la furca se evalúa por individual introduciendo la sonda horizontalmente entre ambas raíces; Presenta un extremo activo curvo calibrado ideal para localizar furcaciones mesial y distal de los dientes superiores, puesto que los dientes vecinos permiten que el acceso de las sondas rectas sea mucho más difícil (30).

La sonda WHO Hu-Friedy fue estructurada por Emslie en 1980. Tiene una punta con forma de pelota con un diámetro de 0,5 mm continuo de una escala con un diámetro menor que la punta, aumenta en los 5 mm medidos a 0,5 mm y a los 10 mm acrecienta a 0,7 mm de diámetro. Esta sonda ha sido utilizada para calcular la profundidad de sondaje y la apreciación de la disposición al sangrado en la enfermedad periodontal para estudios epidemiológicos. Esta sonda para 1991 y 1996 fue destacada como una de las que reconocía mejor la profundidad de sondaje. Otras sondas periodontales no menos importantes, pero si mucho menos utilizadas son: sonda Glickman, sonda de Michigan, sonda de Cattoni, sonda de Marquis, sonda Parallel (paralela), sonda plástica llamada Plast-o-probe, sonda Vivacare TPS, sondas electrónicas (28).

La sonda de Carolina de Norte presenta una calibración cada milímetro a través de bandas marcadas, la cual se torna un poco más gruesa a nivel de los 3 y los 5 mm, es la más utilizada en las investigaciones clínicas, de las sondas existentes es una de las que tiene mayor estandarización por lo tanto permite una mayor rigurosidad en las evaluaciones y facilita las mediciones de cada milímetro(31).

El sondaje de los tejidos periodontales permite valorar la destrucción de los mismos. La técnica consiste en medir si hay presente o no una bolsa periodontal, la sonda debe ser insertada suave y lentamente con una presión no máxima a 20 o 25 gramos paralela al eje vertical del diente para después desplazar en forma circular en torno a la superficie de cada diente revelando su configuración y las áreas más profundas a la penetración (30).

La Sociedad Española de Periodoncia y Osteointegración (SEPA), planteo una guía clínica de detección de pacientes con enfermedades periodontales. La idea es mejorar la práctica de la Periodoncia. Se enfatizó en la valoración periodontal exhaustiva como un requerimiento principal en la práctica de todo examen dental. La guía cuenta con códigos que contienen criterios específicos para cada grado de la enfermedad periodontal y aporta recomendaciones para cada caso [ver tabla 2] (32).

*Tabla 2. Guía Propuesta por la Sociedad Española de Periodoncia para el diagnóstico de la enfermedad periodontal*

<b>CÓDIGO 0</b>	<b>CÓDIGO 1</b>	<b>CÓDIGO 2</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen bolsas que midan igual a 4 mm o de mayor profundidad</li> <li>• No se evidencian cálculo u obturaciones exuberantes.</li> <li>• No se presenta sangrado después del sondaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen bolsas que midan igual a 4 mm o de mayor profundidad</li> <li>• No se evidencian cálculo u obturaciones exuberantes.</li> <li>• Surge sangrado después del sondaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen bolsas que midan igual a 4 mm o de mayor profundidad</li> <li>• Se percibe cálculo u otros elementos de detención de placa como obturaciones exuberantes.</li> </ul>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No necesita terapia o tratamiento</li> <li>• Volver a reiterar el EPB al año.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicaciones de higiene dental y detartraje gingival.</li> <li>• Rehacer el EPB al año.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicaciones de higiene dental y detartraje gingival.</li> <li>• Detartraje en los lugares específicos y eliminar las obturaciones exuberantes.</li> <li>• Al año volver hacer el EPB.</li> </ul>
<b>CÓDIGO 3</b>	<b>CÓDIGO 4</b>	<b>CÓDIGO *</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La Profundidad del sondaje se encuentra entre 4 y 6 mm en uno o varios dientes del sextante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La profundidad del sondaje se encuentra igual a 6 mm en uno o varios dientes del sextante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La profundidad del sondaje se encuentra mayor a 6 mm en uno o varios dientes del sextante</li> </ul>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>

- Detartraje dental completa y raspado radicular en los dientes con código 3.
- Reanalizar y examinar los resultados en dientes con código 3 a los 3 meses.
- Reiterar EPB después de 6 meses.
- Examen periodontal completo tanto al inicio como tras el tratamiento. Se deberán realizar series radiográficas completas.
- En casos de mayor complejidad, se puede considerar remitir al paciente para valoración por un periodoncista.

## 2.5 Sondas Periodontales Digitales

En el capítulo anterior se observó la importancia de la sonda periodontal en el diagnóstico de las patologías periodontales, estos instrumentos son muy exactos si se combinan con práctica y una excelente técnica de manejo, las sondas digitales se basan en ejercer una presión determinada en los tejidos para así disminuir la variación en el sondaje periodontal entre uno y otro profesional, estas nuevas sondas permiten tomar la medida periodontal y transmitirla directamente a un computador que se encarga de almacenar los datos, procesarlos y realizar el diagnóstico según los datos recibidos (9).

La fuerza necesaria para realizar el sondaje varía según el tejido periodontal y las condiciones de salud del individuo estas sondas tratan de eliminar este factor y dar un resultado exacto para el diagnóstico de la enfermedad periodontal, entre las sondas digitales tenemos las siguientes:

### 2.5.1 Sonda Florida



Figura 7. Componentes básicos de la Sonda Florida. Fuente: [www.floridaprobe.com](http://www.floridaprobe.com)

En la Universidad de Florida en el año 1988 comenzó el desarrollo de una sonda electrónica bajo la dirección de Gibbs (33).

Esta sonda inicialmente presentaba un extremo pulido y semiesférico de 0,4 mm de diámetro, con la cual se realiza el sondaje, los datos obtenidos se transmiten directamente al computador al presionar un pedal, el cual a su vez también permite registrar si hay puntos de sangrado u otras

variaciones que se registran en el periodontograma, los incrementos que permite registrar la sonda florida están en 0,1 mm mejorando la eficiencia clínica al disminuir considerablemente la posibilidad de errores. Básicamente tiene una conformación de 3 piezas, la sonda para el registro de la salud periodontal, el pedal para transmitir el dato y el computador que almacena los datos [ver Figura 7].

### **2.5.2 Periprobe**

Esta sonda periodontal se basa en la detección de la unión amelocementaria, la punta es retraída por medio de una fuerza controlada, según la cantidad de avance de la punta sobre el diente esta podrá adquirir una velocidad determinada cuando atraviesa la unión amelocementaria y cuando alcanza el fondo del surco, cuando se alcanza una presión determinada producto de la resistencia de los tejidos al avance de la sonda, la sonda identifica que ha llegado al fondo del surco y de manera inmediata se devuelve, los datos captados por los sensores son capturados por medio de un microcontrolador y este los transforma en variables entendibles para el profesional (9).

Esta sonda no transmite los datos a un ordenador, sino que los muestra directamente en el instrumento su reproducibilidad es muy buena aproximadamente 0,03mm entre un examinador y otro lo cual le da una alta correlación en sus medidas.

### **2.5.3 Interprobe**

Nuevos sistemas para el sondaje se fueron desarrollando en el año 1994, apareciendo un nuevo sistema que presentaba una unidad de control, una pieza de mano, 2 tarjetas de memoria, una impresora, pedal y puntas que eran desechables, esta sonda denominada Interprobe presenta un filamento plástico de 0,55 mm redondeado, la punta de esta sonda se introduce hasta que la cubierta plástica contacte con el margen gingival, en medio de este trayecto la punta llega hasta el fondo del surco, un sensor óptico en la pieza de mano registra la profundidad de sondaje escaneando la porción de la sonda que queda en el surco, los datos obtenidos se registran en el computador al presionar el pedal y se almacenan en las tarjetas de memoria, con estas tarjetas de memoria se pueden imprimir, esta sonda tiene un rango de medida de 0-10 mm con incrementos mínimos de 0,5 mm y presenta una fuerza de sondaje estándar es de 30g. Su punta es flexible por lo cual en bolsas profundas se puede doblar y dificultar la medición (9).

El análisis de estas 3 sondas, presenta los parámetros básicos de las sondas periodontales digitales y la evolución de la periodoncia en general en término de dispositivos para determinar la enfermedad periodontal y sirven como base para entender el desarrollo de este proyecto. El siguiente capítulo presentara el software ADT periodontal desarrollado en la USTA en todos sus aspectos, ya que es un parámetro clave para el desarrollo de este proyecto.

## 2.6 ADT Periodontal

El software ADT periodontal (Ayuda Diagnostica al Tratamiento Periodontal) es una herramienta tecnológica de gran ayuda para el diagnóstico odontológico en las clínicas de la USTA. Al realizar la instalación se debe dar doble clic sobre su icono para ejecutarlo en donde aparecerá el inicio del software [ver Figura 8].

Para utilizar el software por primera vez debe realizarse el procedimiento de registro en este paso se diligencian cada uno de los datos personales y posteriormente se debe dar clic en solicitar contraseña, al correo de la Universidad llegara la información con la contraseña generada para que este usuario puede inscribirse en la plataforma (12).

El usuario proseguirá a consultar y corroborar la contraseña con el personal establecido para esta actividad. Inmediatamente se cuenta con la contraseña, se inicia sesión ingresando la cedula y contraseña.

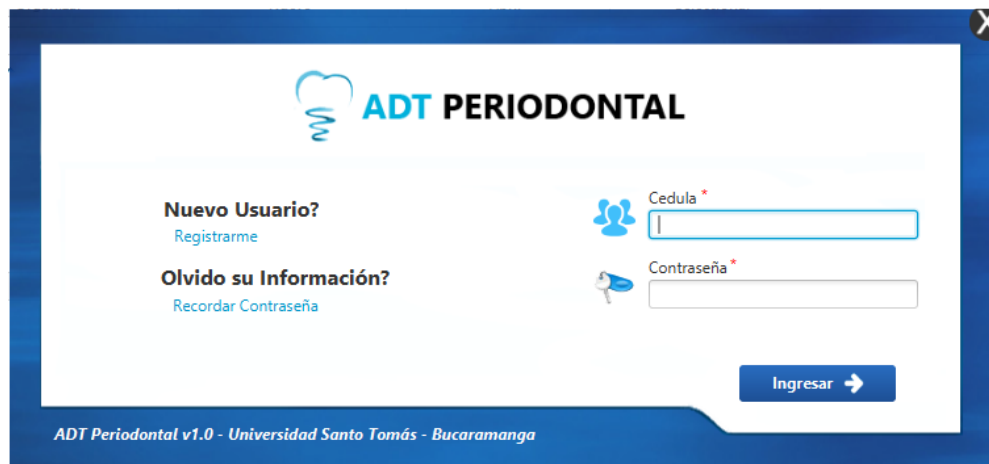


Figura 8. Pantalla inicial del software ADT Periodontal Fuente: Manual de Usuario ADT Periodontal

La pantalla de bienvenida es fácil de utilizar, el primer paso consiste en ubicar el icono de agregar paciente, en esta ventana colocar los datos del paciente e incluso puede adicionarse una foto para complementar toda la información [ver Figura 9] (12).



Figura 9. Pantalla de Bienvenida del ADT Periodontal Fuente: Manual de Usuario ADT Periodontal

Esto permite abrir el ítem de anamnesis que se encuentran ubicados al lado izquierdo debajo de datos personales, permitiendo continuar con el registro de la historia clínica [ver Figura 10].

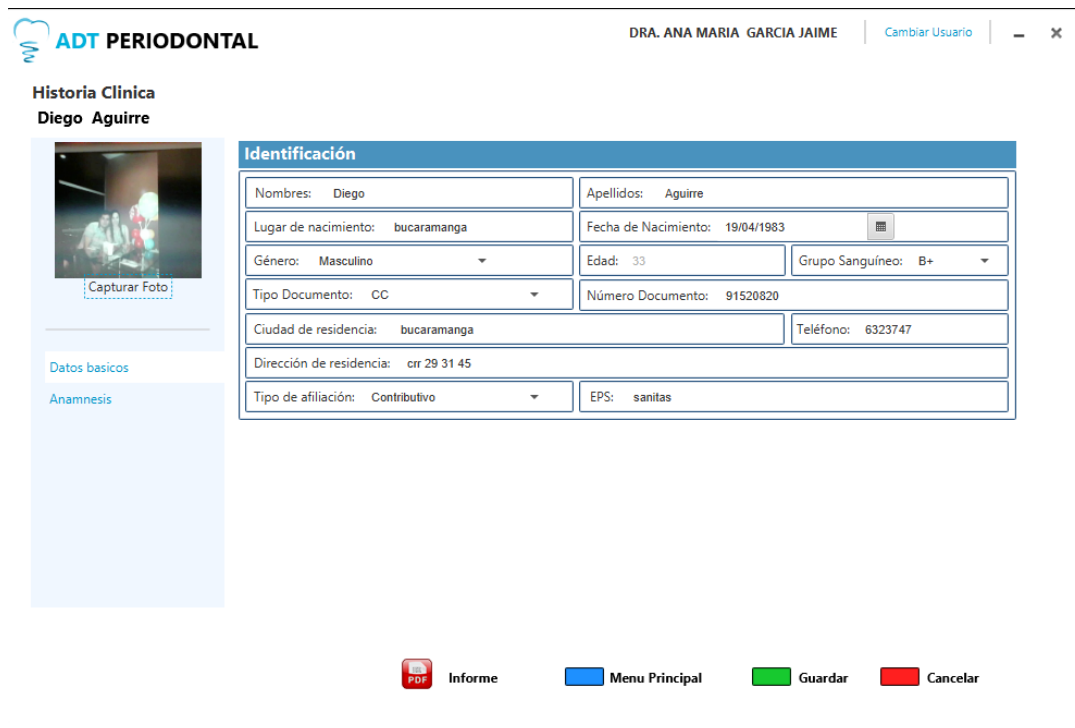


Figura 10. Historia clínica en ADT Periodontal Fuente: Manual de Usuario ADT Periodontal

Para el registro del periodontograma se debe volver al menú principal y dar clic sobre el icono correspondiente, aparecerá un recuadro verde que nos permitirá crear un nuevo periodontograma. En el cual se introducen los datos dependiendo del sondaje periodontal, ubicándose en el diente y dando clic sobre el aparece un recuadro que permitirá diligenciar valores [ver Figura 11] (12).

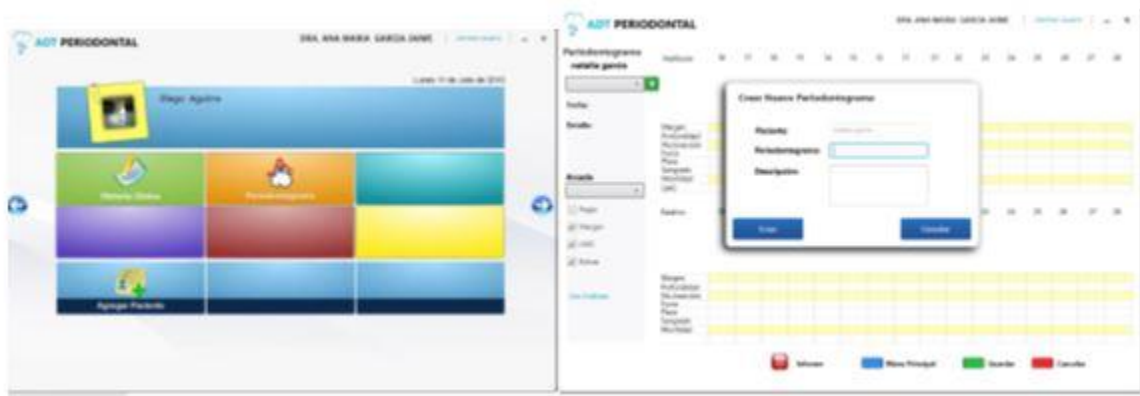


Figura 11. Inicio del periodontograma. Fuente: Manual de Usuario ADT Periodontal

Cuando ya todos los datos estén diligenciados se da clic en guardar. Este software permite el uso de diferentes alternativas como lo son: agregar margen, LMG (Línea Muco Gingival), bolsas, quitar regla, entre otras, además se cuenta con la opción de ver índices, el software calcula tres índices: el índice de Silness y Loe, índice de severidad y extensión y por último el CIP (índice de necesidad de tratamiento periodontal) (12).

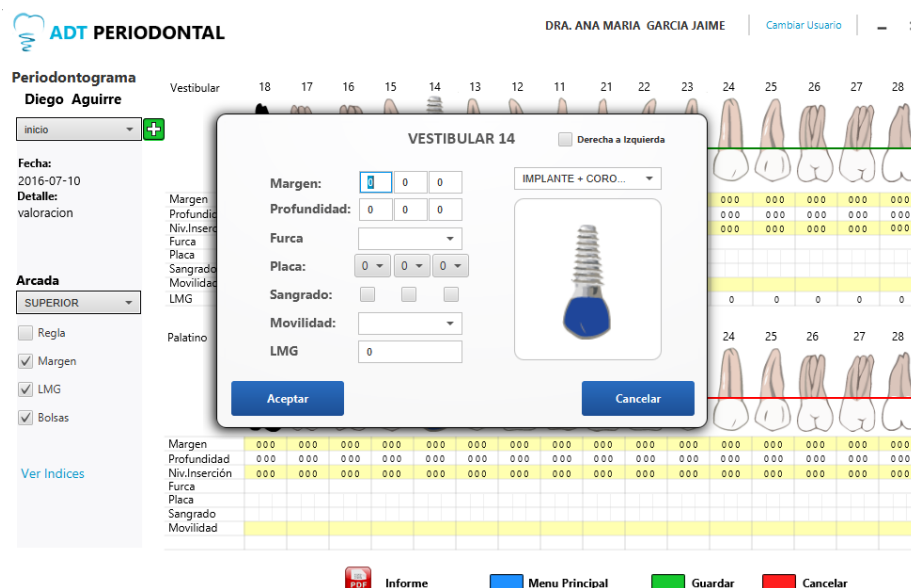


Figura 12. Registro de datos en ADT Periodontal Fuente: Manual de Usuario ADT Periodontal

Finalmente, el software permite la generación de un archivo en formato PDF (Portable Document Format) con el periodontograma y el diagnóstico periodontal del paciente [ver Figura 12], sin embargo, la necesidad de ingresar los datos uno por uno lo hace un proceso tedioso y lento, lo cual con el diseño de la sonda periodontal digital se convertirá en un sistema más eficiente, el desarrollo del diseño de la sonda se realizará a través de procesos CAD que se explicaran en el siguiente capítulo (12).

## 2.7 Diseño Asistido por Computador (CAD)

El diseño es un proceso que plantea soluciones para problemas encontrados por los seres humanos en su búsqueda de adaptación al medio y recursos que los rodean, buscando satisfacer sus necesidades y mejorando sus condiciones de vida, ya sea reemplazando totalmente sus actividades u optimizándolas (34).

La aplicación del CAD en ingeniería conlleva gran cantidad de pasos como son: elaboración de cuadros sinópticos, elaboración de diagramas, representación de piezas para su diseño y fabricación, esta representación puede ser tridimensional e incluso puede ser representación de modelos dinámicos en multimedia, etc. El campo de aplicación del CAD abarca todas las áreas en las que la elaboración de nuevas herramientas permite evolucionar su trabajo y mejorar los procedimientos como en el campo odontológico (34).

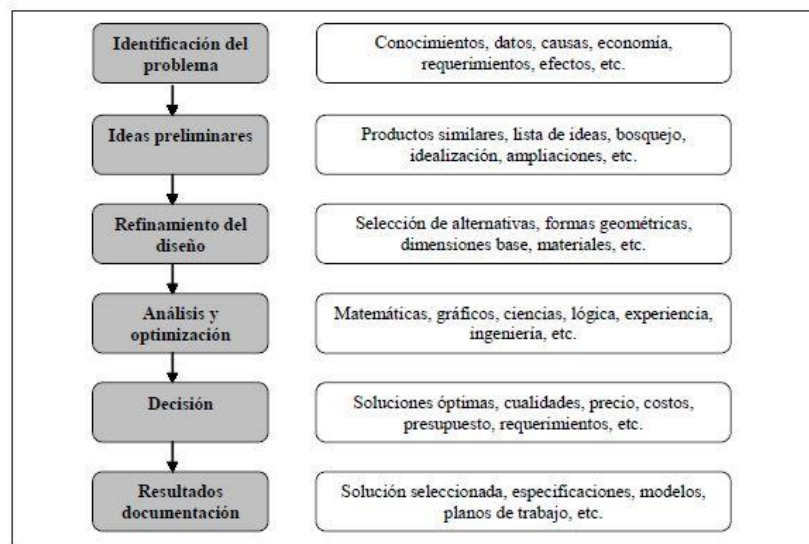


Figura 13. Pasos en el desarrollo de un diseño. Fuente: Diseño Asistido por Computador.

El diseño plantea una serie de pasos para la adquisición de productos, todo inicia con la definición, en este paso se deben especificar todas y cada una de las propiedades del producto junto a las cualidades que debe presentar, inmediatamente después se debe generar un modelo del sistema, el cual debe cumplir con todas las características esperadas en la definición del producto, seguidamente se realiza el gráfico de detalle que es un conjunto de documentos que describen el

funcionamiento del producto, deben ser detallados e incluir planos que permitan posteriormente la realización de un prototipo, una vez construido el prototipo, se deben realizar ensayos del producto y finalmente documentarlo [ver Figura 13] (35).

El desarrollo de un sistema CAD se basa en la utilización de herramientas para la representación en 3d del producto antes de la fabricación del prototipo, este método permite una realización rápida de los planos y documentos para su construcción, existen numerosos softwares que pueden utilizarse para el desarrollo de nuevos instrumentos, de los cuales analizaremos el programa Solid Edge ST® (Solid Edge; Siemens PLM Software: TX, USA) que se utilizara para la realización de este proyecto.

### 2.7.1 Solid Edge ST

Solid Edge ST es un software desarrollado por Siemens que ofrece un portafolio de herramientas amplio, fáciles de adquirir y manejar utilizadas con el objetivo de desarrollar nuevos instrumentos y productos, combina la velocidad y simplicidad del modelado con el control del diseño paramétrico, permite el desarrollo de planos, estructuras 3d, nuevos mecanismos, simulaciones de funcionalidad de mecanismos, simulaciones de resistencias de materiales, etc. [ver Figura 14]

Entre sus principales características se pueden mencionar:

- Facilita amplia gama de diseños de productos
- Permite la generación de prototipos virtuales
- Acelera el trabajo
- Permite la impresión de diseños 3d
- Facilita la gestión de datos
- Presenta alto rendimiento

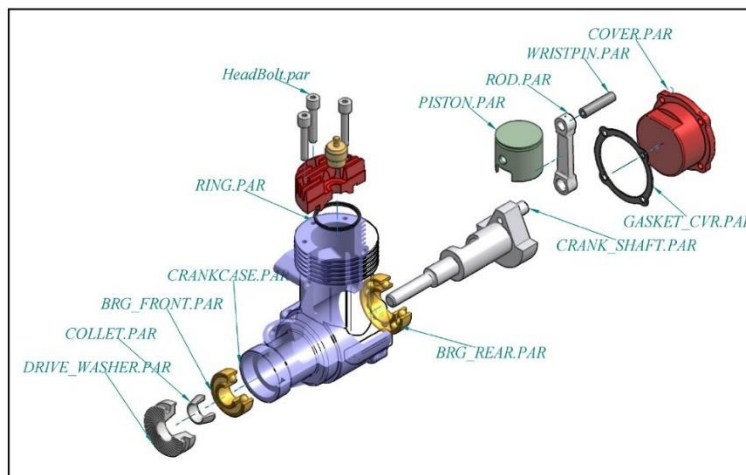


Figura 14. Ejemplo de un elemento diseñado en Solid Edge ST. Fuente: Siemens

Solid Edge es un software que permite el desarrollo de instrumentos de manera fácil, rápida y precisa; por tanto, es un programa que permite realizar un desarrollo integro de una sonda periodontal digital.

### 3. Objetivos

#### 3.1 Objetivo General

Diseñar una sonda periodontal digital compatible con el software ADT Periodontal diseñado en postgrado de periodoncia de la USTA.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Realizar una revisión sistemática de patentes de sondas periodontales digitales existentes en el mercado actual que oriente el diseño de la sonda.
- Esquematizar y seleccionar los componentes a utilizar para el desarrollo de la sonda periodontal digital de la USTA.
- Diseñar a través del programa Solid Edge ST la sonda periodontal digital de la USTA compatible con el software ADT Periodontal desarrollado en postgrado de periodoncia teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la revisión sistemática.
- Proyectar el sistema de comunicación y la forma de enlace entre la sonda periodontal y el software ADT Periodontal desarrollado en el programa de postgrado de la USTA.

### 4. Método

#### 4.1 Tipo de estudio

Se realizó una revisión sistemática de las patentes de sondas periodontales digitales existentes con el fin de sintetizar la información científica con el fin de orientar el desarrollo de un nuevo instrumento electrónico para detección de enfermedad periodontal en la USTA (36). A través de búsquedas estructuradas en diferentes fuentes para identificar patentes relevantes que aporten datos para el desarrollo del nuevo instrumento.

#### 4.2 Selección y descripción de la población

##### 4.2.1 Población

Se tuvo en cuenta todas las patentes existentes de sondas periodontales digitales a las cuales se tenga acceso a través de cuatro bases de datos electrónicas: *Google Patents*, *Derwen Innovation*, *Espacenet Patent Search*, y *National Institute of Industrial Property*.

La ecuación para búsqueda de patentes es la siguiente: *"electronic" AND "periodontal" AND "probe" AND "pocket"* limitada entre el año 1970 hasta el 2018. Debido al comportamiento de la búsqueda debieron modificarse para cada una de las bases de datos propuestas de la siguiente manera:

En Google Patents se utilizó: (((*"electronic" AND "periodontal" AND "probe" AND "pocket"*))), en Derwen Innovation (*"electronic" AND "periodontal" AND "probe"*), en Espacenet Patent Search se utilizará la ecuación: (*"periodontal" AND "probe"*) y en National Institute of Industrial Property: (*"periodontal" AND "probe"*).

#### **4.2.2 Muestra y Tipo de Muestreo**

La muestra estuvo constituida por 21 patentes encontradas con la ecuación de búsqueda previamente definida que cumplían con los criterios de inclusión presentados a continuación.

Para efectos del presente estudio no se realiza ninguna técnica de muestreo.

#### **4.2.3 Criterios de Elegibilidad**

En la presente revisión se incluyó todos los estudios relacionados con patentes que cumplieran con los siguientes criterios:

- Tener una descripción detallada del instrumento y sus características de funcionamiento.
- Presentar un dibujo o gráfica que oriente sobre sus componentes.
- Corresponder a sondas capaces de transmitir datos a un ordenador o que puedan adecuarse para esta función.
- Patentes publicadas en el periodo comprendido entre los años 1970 y 2018.

Se excluyeron de este estudio todas aquellas patentes que no cumplan en conjunto todos los criterios de inclusión o se encontraran en idiomas diferentes al español e inglés.

### **4.3 Variables**

- Nombre de la Patente

Definición conceptual: Designación o denominación verbal que se le da a una persona, animal, cosa, o concepto tangible o intangible, concreto o abstracto, para distinguirlo de otros.

Definición operacional: Nombre de la patente de la sonda periodontal, que figura en el documento publicado.

Naturaleza y escala de medición: Cualitativa, nominal.

Valor que asume: Nombre de la Patente.

- Código de la patente

Definición conceptual: Clave alfanumérica única que identifica un objeto.

Definición operacional: Numero de registro asignado a la patente de la sonda periodontal que figura en el documento publicado.

Naturaleza y escala de medición: Cualitativa, nominal.

Valor que asume: Número de registro de la patente.

- Inventor

Definición conceptual: Persona que idea, crea, concibe, construye o desarrolla algo que no existía antes.

Definición operacional: Persona encargada del desarrollo de la patente que aparece registrado en las patentes a revisar.

Naturaleza y escala de medición: Cualitativa, nominal.

Valor que asume: Nombre del autor.

- Apoderado

Definición conceptual: Persona o entidad que tiene poderes para representarla y proceder en su nombre.

Definición operacional: Compañía o institución que cuenta con los derechos de autor y se encuentra registrado en la patente a revisar.

Naturaleza y escala de medición: Cualitativa, nominal.

Valor que asume: Nombre de la compañía o institución dueña de la patente.

- Fecha de patentación

Definición conceptual: Indicación de tiempo orientada a definir un día único, en general en referencia al calendario gregoriano.

Definición operacional: Fecha en que la Patente fue registrada para protección de derechos de autor registrada en la patente a revisar.

Naturaleza y escala de medición: Cualitativa, ordinal.

Valor que asume: Fecha de aprobación de la patente.

- Descripción General

Definición conceptual: Representación de alguien o algo a través del lenguaje, definir algo dando una idea general.

Definición operacional: Descripción detallada de la estructura y funcionamiento de la sonda periodontal.

Naturaleza y escala de medición: Cualitativa, nominal.

Valor que asume: Descripción del instrumento en la patente.

- Componentes

Definición conceptual: Partes o instrumentos que hacen parte de un mecanismo o máquina.

Definición operacional: Cantidad de componentes descritos y explicados en la patente a revisar.

Naturaleza y escala de medición: Cuantitativa y cualitativa, razón y nominal.

Valor que asume: Número de componentes enunciados y la descripción de los mismos.

- Mecanismo de detección

Definición conceptual: Sistema principal que activa el funcionamiento de un equipo.

Definición operacional: Principal método de registro o toma de datos para el funcionamiento del instrumento de la patente a revisar.

Naturaleza y escala de medición: Cualitativa, nominal.

Valor que asume: Principal mecanismo de funcionamiento de la sonda periodontal.

- Dimensiones

Definición conceptual: Es una medida topológica del tamaño de sus propiedades de recubrimiento.

Definición operacional: Medida o tamaño en mm de la pieza de mano de la sonda periodontal reportado en la Patente a revisar.

Naturaleza y escala de medición: Cuantitativa, razón.

Valor que asume: Medidas de la pieza de mano de la sonda periodontal reportado en la patente.

- País de la patente

Definición conceptual: Comunidad social con una organización política común y un territorio y órganos de gobierno propios que es soberana e independiente políticamente de otras comunidades.

Definición operacional: País de desarrollo de la Patente a revisar.

Naturaleza y escala de medición: Cualitativa, nominal.

Valor que asume: País en el cual es reportada la patente.

- Fecha caducidad de la Patente

Definición conceptual: Indicación de tiempo orientada a definir un día único, en general en referencia al calendario gregoriano.

Definición operacional: Fecha en que la patente pierde su protección de derechos de autor.

Naturaleza y escala de medición: Cualitativa, ordinal.

Valor que asume: Fecha de culminación de los derechos de autor de la patente.

#### **4.4 Instrumento Recolector de Información**

La información de las patentes analizadas de las cuatro bases de datos seleccionadas se recopiló y almacenó en una plantilla de Excel® (Excel 2016; Microsoft Corporation, Redmont: WA, USA) previamente diseñada por los investigadores, en donde se almacenaron de manera organizada y detallada las principales variables de interés para permitir una comparación, revisión y análisis desde el punto de vista estructural y funcional.

#### **4.5 Procedimientos**

Uno de los investigadores realizó la búsqueda de patentes en las bases de datos: *Derwen Innovation*, *Google Patents*, *Derwen Innovation*, *Espacenet Patent Search* y *National Institute of Industrial Property* realizando combinaciones con cada uno de los términos: “*periodontic*”, “*probe*”, “*probing*”, “*measuring*”, “*electronic*”, “*device*”, “*instrument*”, “*disease*” se analizaron los títulos de las patentes y se confirmó que coincidieran con los criterios de búsqueda, allí se efectuó una selección inicial.

Posteriormente se descargaron las patentes cuyos títulos contenían los rasgos necesarios para su análisis, se procedió a leer cuidadosamente los resúmenes de las patentes para confirmar si se trataban de dispositivos de medición de enfermedad periodontal electrónicos con capacidad de transmitir datos a un computador o que se pudieran adaptar para esta función, posteriormente se

examinó su principal mecanismo de funcionamiento y se clasificaron según su mecanismo de detección principal, es decir qué tipo de sensores utilizan, esto se registró en formato de recolección de información de Microsoft Excel 2016® (Excel 2016; Microsoft Corporation, Redmont: WA, USA) previamente diseñado por los investigadores, el cual contenía las variables de interés principal.

Así mismo, el segundo investigador realizó el duplicado de la búsqueda y extracción de datos con los mismos parámetros del primer investigador y tomó el registro en otra hoja de cálculo, se llevó a cabo una comparación entre los libros y se observó si coincidían totalmente o si era necesario estudiar detalladamente las patentes para incluirlas o excluirlas del trabajo, en lo cual un tercer investigador leyó e intervino para esos documentos que generaron disparidad y se decidió en consenso si se incluían en el estudio; en base a esto se consideraron los componentes de cada uno de los instrumentos registrados en las patentes y el tamaño de los mismos, confrontando las características de los dispositivos de medición examinados entre si teniendo en cuenta sus variables, de este análisis se obtuvieron las pautas para realizar un diseño que se adapte a los componentes locales con el objetivo de desarrollar una nueva herramienta de medición compatible con el software periodontal de la USTA. El desarrollo del diseño se ejecutó en el software Solid Edge ST2® (Solid Edge; Siemens PLM Software: TX, USA), se tuvieron en cuenta los materiales reportados en la patente, la forma estructural, el mecanismo de funcionamiento y la forma de realizar la medición con el instrumento, posteriormente se seleccionaron como base las estructuras de las sondas que se determinaron como las más adecuadas para la integración con el software ADT Periodontal de la USTA teniendo en cuenta los componentes que pueden adquirirse localmente para su desarrollo, su funcionalidad y la de forma estructural más práctica para su uso.

La revisión sistemática para este trabajo se realizó siguiendo los pasos de la guía PRISMA con el fin de obtener un buen resultado y desde allí se procedió a la realización del diseño.

El diseño del instrumento se inició con la exploración de los módulos y sensores electrónicos para el desarrollo de la sonda en el medio local, se descargaron los datasheet (ficha de características u hoja de características que es un documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente) de estos dispositivos con el fin de obtener los datos de funcionamiento y las dimensiones de cada una de las unidades seleccionadas, se procedió a realizar el esquema 3D de cada uno de los componentes seleccionados en el software de diseño Solid Edge ST2® (Solid Edge; Siemens PLM Software: TX, USA) con sus respectivas medidas, se dibujaron posteriormente cada una de las estructuras mecánicas de la pieza de mano y el pedal que formaron parte de la sonda electrónica; al tener todos los componentes estructurales y electrónicos, se agruparon en un diseño conjunto que dio forma a la sonda periodontal propuesta para la integración con el software ADT Periodontal.

Finalmente se procedió a generar los planos de la pieza de mano para la sonda periodontal y se anexó la descripción de sus componentes para complementar el diseño de la sonda, por último, se elaboraron planos auxiliares del instrumento desde cada una de las vistas necesarias para que una persona capacitada sea capaz de entenderlo y fabricarlo partiendo de estos.

#### **4.6 Análisis descriptivo de los documentos**

Se realizó un análisis descriptivo de las patentes obteniendo promedios acerca de los principales mecanismos de funcionamiento, el tipo de mecanismo de medición, las fechas de registro de las patentes. Lo cual permitió observar tendencias acerca del desarrollo de estos instrumentos analizando cualitativamente cada una de las variables seleccionadas para el estudio. Así mismo se realizaron descripciones a través de frecuencias absolutas y relativas para otras variables de interés. Adicionalmente, se realizó una descripción narrativa de los hallazgos encontrados en los estudios de patentes. Finalmente, se realizó una descripción narrativa de los hallazgos encontrados en los estudios de patentes.

#### **4.7 Consideraciones éticas**

Este estudio contó con la aprobación del comité de investigación de la USTA; además se consultó normatividad nacional e internacional con respecto a documentos patentados de instrumentos y protección de derechos de autor registrados en el Convenio de Berna, el tratado de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI y la ley 565 del 2000 del Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia y el convenio referencial (37). También se contempló toda la normativa existente en Colombia para la protección de derechos de autor catalogado en el artículo 61 de la Constitución Nacional de Colombia, la ley 23 de 1982 en sus artículos 1 y 2, la ley 44 de 1993 en el capítulo II artículo 6 y capítulo IV artículo 51, y la ley 599 del 2000 en sus artículos 270, 271 y 272.

El estudio; se puede catalogar como una investigación con obras protegidas por derechos de autor según lo establecido en el artículo 2 del capítulo I de la ley 23 de 1982 del Ministerio de Educación de Colombia (38). Esta investigación se basó en el principio de beneficencia ya que permitió el desarrollo de una nueva herramienta con la cual se detectara la enfermedad periodontal apropiadamente en los pacientes que asistan a consulta odontológica en la USTA permitiendo la realización de un tratamiento oportuno, también se cumplió el principio de no maleficencia ya que este nuevo instrumento permitirá a los operarios realizar mediciones de profundidades del surco gingival evitando lesionar los tejidos periodontales por el exceso de aplicación de fuerza.

Los derechos de autor de la patente diseñada en este trabajo serán cedidos a la USTA para que continúe con el proceso de elaboración y puesta a punto del instrumento; para que a futuro sea utilizada en las clínicas odontológicas para mejorar la atención a los pacientes.

## 5. Resultados

La búsqueda se realizó siguiendo la ecuación propuesta en la metodología, arrojando aproximadamente 250 resultados por base de datos, de las cuales 21 patentes se incluyeron en la revisión, dado que cumplieron con los criterios de inclusión y fueron analizadas en el presente estudio, el protocolo de selección en cada base de datos puede observarse en el mapa [ver Figura 15].

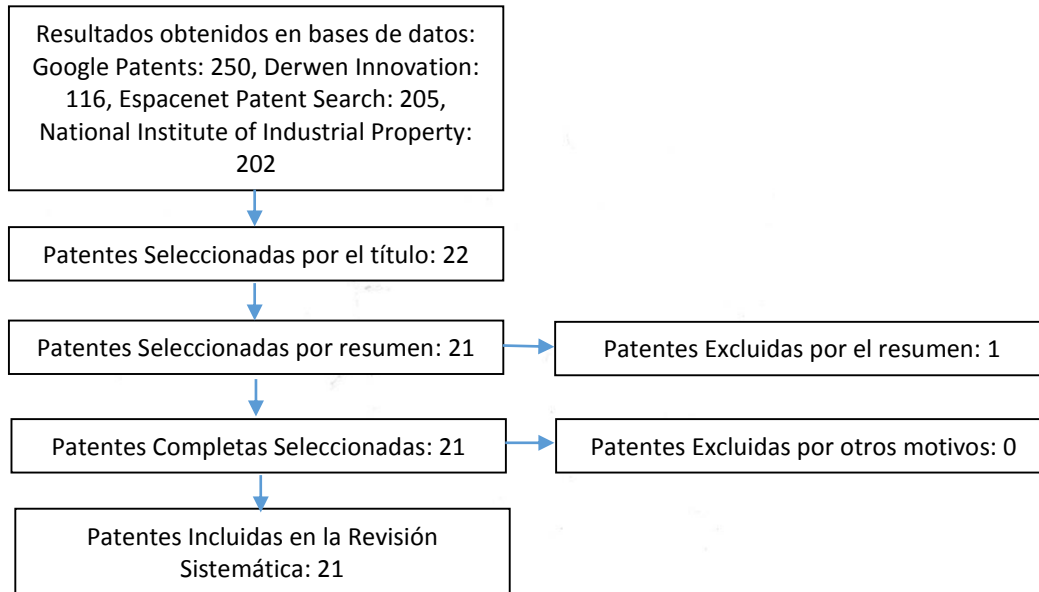


Figura 15. Diagrama de selección de las patentes para el estudio.

En la tabla 3 se pueden observar datos característicos adquiridos de las 21 patentes incluidas en la revisión, el 90% (n=19) de las patentes revisadas referían sondas de 3ª generación y el 10% (n=2) eran sondas de 5ª generación.

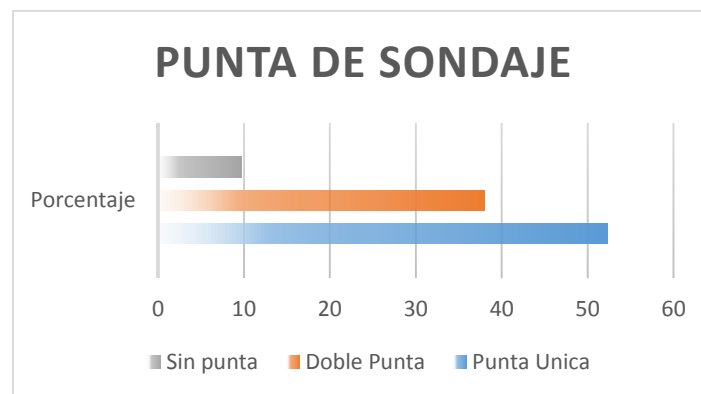


Figura 16. Tipo de punta en sondas patentadas. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las características de la punta, el 52.3% (n=11) presentaban una punta individual que se encargaba de realizar la medición de la profundidad de surco con mecanismos predeterminados, el 38% (n=8) presentaban una punta doble o con doble cubierta para la medición de la profundidad del surco gingival determinando la diferencia de desplazamiento entre las mismas y finalmente el 9.7% (n=2) no presentaba ningún tipo de punta para el registro de la profundidad del surco gingival [ver Figura 16].

Así mismo, las sondas realizaban ya sea medida de presión de sondaje o profundidad de surco gingival y algunas realizaban ambas mediciones, el 81% (n=17) correspondían a sondas con capacidad de lectura de la profundidad del surco gingival, el 9.5% (n=2) eran sondas que realizaban la medida de la presión de sondaje y el 9.5% (n=2) restante representa a las sondas con la capacidad de registrar la presión de sondaje y la profundidad del surco gingival.

La medida de presión en el 9.5% (n=2) de las patentes, que registraban esta variable lo realizaban por medio de un sensor piezoeléctrico de fuerza, el 4.7% (n=1) utilizaba un medidor de tensión y el 4.7% (n=1) restante lo efectuaba con un sensor separable magnetizado. De igual forma, el 28.5% (n=6) de las sondas que registraban profundidad del surco lo hacían a través de sensores optoelectrónico, el 23.8% (n=5) por medio de un encoder, el 14.2% (n=3) utilizaban transductor de desplazamiento inductivo, el 9.5% (n=2) con sensores ultrasónicos, el 4.7% (n=1) manejaba un transformador lineal variable, el 4.7% (n=1) media a través de un potenciómetro y el 4.7% (n=1) restante lo realizaba por medio de sensores táctiles [ver Figura 17].

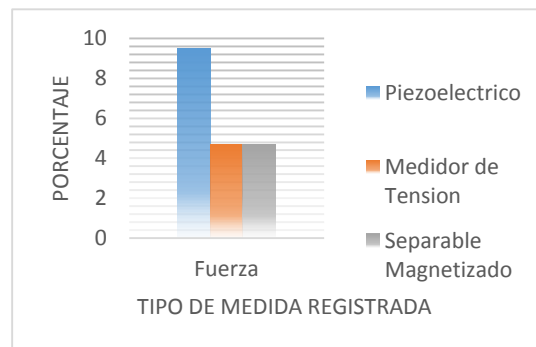


Figura 17. Sensores de presión utilizados en las sondas analizadas. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el 80.9% (n=17) de las sondas registraban solo profundidad de surco gingival, el 9.5% (n=2) reconocían presión de sondaje y el 9.5% (n=2) restantes captaban ambas variables.

La identificación de los componentes primordiales para una sonda periodontal digital proyecto 5 elementos: El cuerpo de la sonda o pieza de mano, los sensores de presión o distancia, un microcontrolador o dispositivo capaz de transformar la medida tomada por los sensores y transformarla a valores que podemos identificar, un sistema de enlace o transferencia de datos que puede estar regulado a través de un pulsador o pedal y un equipo electrónico capaz de almacenar los registros generados por el instrumento de medición [ver Figura 18] (39,40,41,42,43,44).

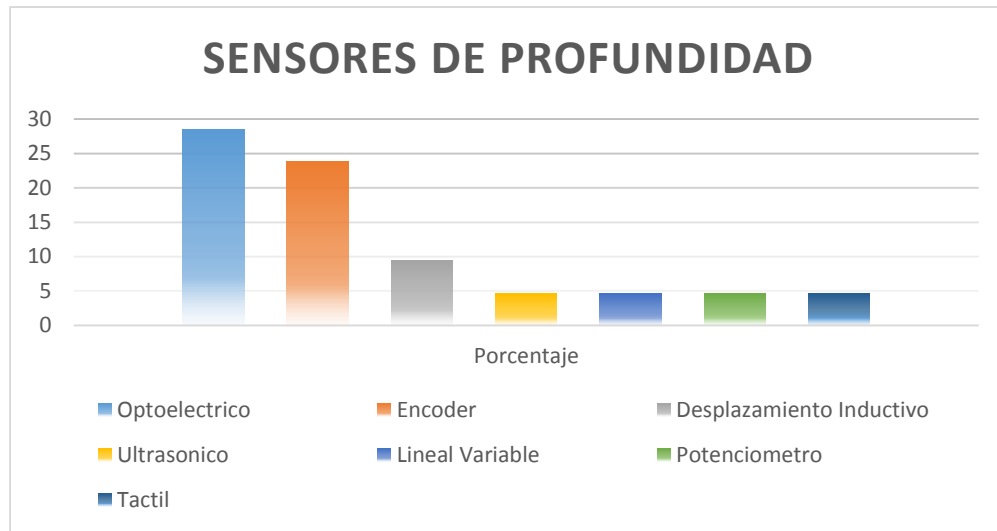


Figura 18. Sensores de profundidad utilizados en las sondas analizadas. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 3 presenta un resumen de las patentes incluidas en el estudio, incluye datos como el autor, el representante legal o dueño de los derechos de autor del instrumento diseñado, el país de desarrollo de la patente, la descripción del funcionamiento de cada una de las patentes, el tipo de medición que realiza y los elementos utilizados para su respectiva medición.

Se encuentra organizada según la funcionalidad de las patentes, inicialmente están las sondas periodontales que tienen la capacidad solo de registrar la profundidad del surco gingival seguido de las patentes que permiten registrar solo la presión de sondaje y finalmente las patentes que registran ambas mediciones.

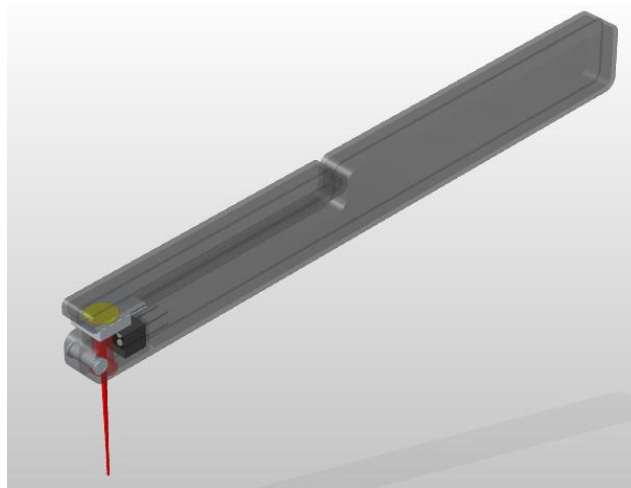


Figura 19. Esquema base del diseño de sonda periodontal dibujado en el Solid Edge ST10. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las características de las patentes analizadas se desarrolló un nuevo instrumento para registrar la ubicación del margen gingival, se realiza de manera manual con ayuda

de la punta del instrumento basado en la sonda Carolina del Norte, la profundidad del surco gingival y la presencia de afecciones como la gingivitis de forma semiautónoma. Este nuevo diseño presenta la característica del control de la fuerza ejercida por el operador de forma que indique cuando la presión ejercida por el operador es superior a la presión límite que puede soportar el periodonto sin lesionarse.

El diseño que puede observarse en la Figura 19, consta de un cuerpo con un brazo estático y un brazo móvil, que permite el registro de la profundidad del surco periodontal y transmitirlo de manera rápida al software ADT Periodontal desarrollado en postgrado de periodoncia.

Para realizar esta estructura se inició con una fase de prediseño, escogiendo las partes más básicas y con mejor funcionalidad de las patentes incluidas en la revisión sistemática; realizando así dos bosquejos, finiquitando como resultado el siguiente diseño [ver Figura 19]:

La sonda tiene un brazo móvil que es llevado a posición inicial gracias a un resorte horizontal que ejerce una presión determinada en la punta de la sonda, de esta manera se realiza el control de la presión ejercida por el operador, este brazo móvil en su extremo presenta un acople con un sensor de presión, el sensor de presión detecta la presión ejercida por la sonda, indicándolo a través de un led, si el led se encuentra en color amarillo significa que la presión aun no es la correcta y por tanto la punta de la sonda no ha llegado al fondo del surco, si el led ilumina en color verde la presión es la adecuada para la medición y si se encuentra en color rojo indica que se está ejerciendo una fuerza excesiva que puede llegar a lesionar los tejidos.

El acople permite que la punta de la sonda sea intercambiable de tal forma que un operador que deba realizar sondaje en varios pacientes solo necesite cambiar la punta del instrumento por una nueva que se encuentre estéril y así continuar su trabajo, esta característica permite intercambiar la punta por puntas especiales para medidas muy específicas.

La punta del instrumento se basó en la punta de una sonda carolina del norte, tomando unas medidas similares y con bandas negras en su cuerpo separadas por 1 mm de distancia de tal manera que permite al operador utilizar el instrumento y al mismo tiempo identificar visualmente la correcta medición del fondo de surco periodontal.

La medida del margen gingival debe realizarse manualmente antes de presionar el pedal para la transmisión de datos, haciendo uso de la demarcación de la punta de la sonda y ajustando la perilla que se encuentra en uno de sus lados, la cual permite ajustar su valor desde -10 mm hasta 5 mm, por tanto, esta medición depende de la experticia del operador.

El registro de la profundidad del surco, se realiza a través de un sensor fotoeléctrico, que se encarga de registrar el paso de cada una de las líneas milimetradas existentes en la punta de la sonda, de igual manera la sonda presenta un acople que puede bloquear las 2 puntas; permitiendo utilizarse de forma manual como una sonda carolina del norte en caso de falla del sistema de cómputo o falta de energía eléctrica que impida su correcto funcionamiento.

Tabla 3. Resumen Documentos Patentados de Sondas Periodontales

Autor/Año	Código/Nombre	País/Apoderado	Descripción	Componentes Principales	Mecanismo de Medición	Medida realizada/ Tipo de Sensores
<b>Sondas de Registro de Profundidad del Surco Gingival</b>						
Ariff et al. 2006(45)	US20060270935 AI ULTRASONIC PERIODONTA	Estados Unidos Prioimagin Inc.	Un sistema que rellena el surco gingival con un líquido capaz de propagar ondas de sonido dentro del surco, genera un pulso de onda y registra su retorno logrando de esta manera determinar la profundidad del surco gingival a través de un algoritmo computacional.	Cuerpo de la sonda, transductor de ultrasonido, receptor ultrasónico, procesador.	Sensor generador y receptor de onda de sonido que transmite a través del líquido que la sonda inyecta en el surco gingival.	Profundidad de surco gingival (sensor ultrasónico).
Ioannidis et al. 2014(46)	US20140120492A1 PERIODONTAL PROBE WITH TOUCH SENSING	Estados Unidos NA	Una sonda periodontal para medir la profundidad de bolsas periodontales utilizando un sensor táctil, la sonda incluye una pieza de mano con una punta que ingresa al surco gingival, la punta contiene un sensor táctil lector localizado, tanto adentro como en el exterior de la punta para medir la superficie de contacto de la misma con el tejido periodontal determinando así la profundidad del surco gingival.	Cuerpo de la sonda, punta de la sonda, sensor, microcontrolador	Sensor táctil que registra la cantidad de contacto con el tejido gingival determinando la profundidad del surco gingival.	Profundidad de surco gingival (sensor táctil)
Gibbs et al. 2009(39)	US20090298005A1 SINGLE USE PERIODONTAL PROBE	Estados Unidos NA	Una sonda periodontal para medir la profundidad del surco gingival conectada a un dispositivo de almacenamiento capaz de realizar un registro visual permanente de la profundidad de sondaje, está compuesta por un cuerpo delgado con una punta de sondeo móvil y un sensor de desplazamiento conectado de forma inalámbrica a un sistema que recibe y guarda los datos de sondaje.	Cuerpo de la sonda, punta de la sonda, transmisor inalámbrico, sensor, sistema de recolección y almacenamiento de datos	Sensor de desplazamiento que varía su posición según la posición de la punta, la punta de desliza a través de una cubierta donde se encuentra el sensor que realiza el registro de la profundidad del surco gingival.	Profundidad de surco gingival (sensor de desplazamiento inductivo).

<i>Beckman et al. 1991(47)</i>	<b>US495403A</b> PERIODONTAL PROBE	<b>Estados Unidos</b> Bausch & Lomb Professional Dental Products Inc.	Una sonda periodontal con una disposición secuencial que está conectada a un sensor en un extremo fijo, un elemento de fibra retraible dentro de la porción de la punta permite medir la profundidad del surco gingival, la porción del sensor genera una señal eléctrica que nos indica la posición de la punta y el extremo fijo determinando así la profundidad del sondaje, igualmente la punta tiene una serie de bandas de colores para que el operador pueda observar la profundidad del sondaje.	Cuerpo de la sonda, punta de la sonda, sistema de resorte, sensor	Sensor que registra la deformación y desplazamiento del resorte al profundizar la punta de la sonda en el surco gingival.	Profundidad del surco gingival (sensor de desplazamiento tipo encoder).
<i>Hirschfeld et al. 1988(41)</i>	<b>US4791940A</b> ELECTRONIC PERIODONTAL PROBE WITH A CONSTANT FORCE APPLIER	<b>Estados Unidos</b> Florida Probe Corporation	Una sonda para registrar la medida de la profundidad del surco gingival, tiene una punta simple con un resorte de tensión conectada a través de un transductor al aparato de registro, la sonda presenta un brazo móvil corto y fácil de limpiar fijado al cuerpo de la sonda, donde la punta de la sonda actúa aplicando una presión constante, la punta de la sonda ejerce presión en el fondo del surco gingival, y el brazo auxiliar el margen gingival registrando la medida de profundidad del surco, a través de un transductor que registra el desplazamiento mecánico y lo transmite con la activación de un pedal que transmite los datos a un computador que los registra e imprime.	Cuerpo de la sonda, punta de la sonda, brazo móvil, sensor, pedal, sistema de recolección de datos	Sensor de desplazamiento que registra la diferencia de distancia entre la punta fija y la punta del brazo móvil de la sonda.	Profundidad del surco gingival (sensor de desplazamiento: encoder o potenciómetro).
<i>Rose 2002(40)</i>	<b>US6413220B1</b> SURFACE ACOUSTIC WAVE PERIODONTAL PROBE AND METHOD OF DETECTING	<b>Estados Unidos</b> NA	Una sonda ultrasónica para medir la profundidad del surco periodontal, consiste en una sonda que presenta en su cabeza un transductor ultrasónico, la sonda genera un pulso de onda acústico que es transmitido a través de un acople con un ángulo de incidencia determinado para permitir la refracción, por medio de un algoritmo determina la profundidad de sondaje y pérdida de nivel de inserción dependiendo del retardo en la refracción del pulso.	Cuerpo de la sonda, Generador de pulso ultrasónico, CPU con algoritmo de detección, pedal	Sensor generador y receptor de onda de pulso ultrasónica.	Profundidad del surco gingival (sensor ultrasónico).

<i>Low et al. 1990(42)</i>	<b>WO1990011046A1</b> PERIODONTAL PROBE WITH DISC	Estados Unidos NA	Una sonda periodontal para la medida de la distancia desde una superficie oclusal del diente hasta el fondo del surco gingival, a través de un disco móvil montado sobre la punta de sondaje, registra la profundidad del surco según la posición del disco en la superficie del diente y la punta de la sonda en el fondo del surco.	Cuerpo de la sonda, punta de la sonda, disco, sensor, microcontrolador, pedal	Posición del disco móvil que genera en el sensor una señal eléctrica que registra el desplazamiento de la punta dentro del surco gingival.	Profundidad del surco gingival (transductor electrónico de desplazamiento).
<i>Murphy 1992(49)</i>	<b>US5144753A</b> PROBE INSTRUMENT	Estados Unidos NA	Un instrumento de sonda para medir la profundidad de una variedad de materiales, que incluye, entre otros, tejido humano, incluye un cuerpo, una sonda adaptada de forma móvil dentro de una cobertura que se incluye de forma móvil dentro del mango, un sensor de desplazamiento y un sensor de fuerza. La punta de la sonda está alineada con el extremo frontal de la funda inicialmente en una posición de referencia. El extremo frontal de la funda está apoyado en el borde de la bolsa, al aplicar fuerza al mango provoca que la sonda salga de la funda y entre más en la bolsa hasta que la punta de la sonda contacta con el fondo de la bolsa. El sensor de desplazamiento genera una primera señal de salida indicativa de la profundidad de la medida, y el sensor de fuerza genera una segunda señal de salida indicativa de la fuerza de la sonda contra el fondo del bolsillo.	Cuerpo de la sonda, punta de sondaje, sensor, microcontrolador	Sensor de desplazamiento que marca la diferencia entre 2 referencias, la punta de sondaje y la cobertura de referencia. El sensor de desplazamiento registra la profundidad cuando el sensor de fuerza indica la presión adecuada.	Profundidad del surco gingival (sensor de desplazamiento inductivo).
<i>Pippin et al. 1987 (48)</i>	<b>US4708647A</b> PERIODONTAL PROBE INSTRUMENT	Estados Unidos The Curators of the University of Missouri	Una sonda periodontal para la medición de la profundidad del surco gingival y bolsas periodontales. La sonda se extiende desde una pieza de mano que contiene una porción transparente que se puede insertar en el surco gingival. Una fibra óptica se extiende a través de la sonda y puede retraerse hasta que su extremo final es apenas visible en la línea mucogingival, un potenciómetro que es accionado por el mecanismo de retracción de las fibras genera una señal eléctrica con un voltaje proporcional a la posición de la fibra determinando así la medida de profundidad del surco gingival. La señal es utilizada para visualizar a través de un display e imprimir la medida registrada.	Cuerpo de la Sonda, punta de la sonda, sistema de fibras táctiles, potenciómetro, microcontrolador	Fibras extendidas que captan la presión y transmiten a un potenciómetro que genera una señal de voltaje proporcional a la profundidad de medida del surco.	Profundidad del surco gingival (potenciómetro).

Ackerman et al. 1987(52)	<b>US4665621A</b> MEASURING PROBE	<b>Estados Unidos</b> Jerome B. Ackerman	Un aparato para medir la distancia entre dos puntos en un paciente sometido a un diagnóstico o tratamiento dental que incluye un alojamiento en un extremo que puede colocarse adyacente a un primer punto. Un aparato de medición de distancia está acoplado a la carcasa y proporciona una señal de salida representando de la distancia entre los dos puntos. Un analizador sensible a la señal de salida determina la distancia. El actuador de la sonda se puede activar manualmente. Se puede proporcionar un mecanismo de fricción para asegurar que se utiliza una fuerza predeterminada para mover la sonda de modo que se mejore la precisión de la medición	Cuerpo de sonda, punta de sonda, funda, sensor, microcontrolador	Diferencia entre el desplazamiento de la punta de la sonda y la posición de la funda.	Profundidad del surco gingival (encoder).
Rzewinski et al. 1987(51)	<b>EP0296520A2</b> RECORDING PERIO PROBE	<b>Estados Unidos</b> Dentsply International Inc.	Un aparato para medir la profundidad de una bolsa periodontal, comprende una pieza de mano que tiene una funda y un conjunto de punta de sonda asociado a la misma. La polarización significa contactos y polariza la punta de la sonda hacia un extremo de la funda de modo que la punta de la sonda se extiende desde la funda. Cuando se realiza una medición, la punta de la sonda se empuja dentro de la funda y el movimiento de la punta de la sonda se traslada a través de los medios de conexión a un dispositivo para medir el movimiento de la punta de la sonda.	Cuerpo de la sonda, punta de la sonda, sensor, microcontrolador	Sensor de desplazamiento que calcula la medida según el desplazamiento de la punta de sondaje respecto a la sonda.	Profundidad del surco gingival (sensores optoelectrico distribuidos en la punta de la sonda).
Jeffcoat et al. 1994(50)	<b>US5318442A</b> PERIODONTAL PROBE	<b>Estados Unidos</b> Research Models Inc.	Una sonda periodontal automatizada utiliza un dispositivo lógico para controlar el motor de accionamiento de una varilla de sonda extensible. El movimiento de la varilla de la sonda es medible y la fuerza aplicada a la varilla es cuantificable, por lo tanto, el dispositivo permite una repetición exacta de los procedimientos de prueba en los tejidos periodontales y permite un estudio preciso de las bolsas de encías que pueden mostrarse o registrarse. Además, el dispositivo puede calibrarse para causar una incomodidad mínima para el paciente.	Cuerpo de la sonda, punta de la sonda, sensor, microcontrolador	Medición del desplazamiento del motor que genera un voltaje que nos da la profundidad de sondaje.	Profundidad del surco gingival (encoder).

*Jeffcoat et al. 1985(54)*

*Prinz 1986(53)*

<b>CA1294008C</b>	PERIODONTAL PROBE WITH PRESSURED PISTON AND MOVEMENT MONITOR	<b>Estados Unidos</b> Foster-Miller Inc.	El aparato de análisis periodontal incluye una pieza de mano que tiene una punta de sondaje, un alojamiento de sonda que tiene un canal de guía dentro de la pieza de mano que está dispuesto para el movimiento alternativo con la punta del miembro de sonda que se extiende desde el canal, medios de aplicación de fuerza para mover alternativamente el miembro de sonda alojamiento, y medios de transductor en la carcasa para monitorizar el movimiento del miembro de sonda y detectar perturbaciones en el movimiento de la sonda causadas por el CEJ y proporcionar señales de salida indicativas a este respecto	Cuerpo de la sonda, punta de la sonda, canal de desplazamiento, sensor, microcontrolador	Desplazamiento de la punta de la sonda dentro del canal ubicado en la pieza de mano de la sonda.	Profundidad del surco gingival (transformador lineal variable).
<b>WO1988004159A1</b>	DENTAL INSTRUMENT	<b>Estados Unidos</b> Dextrodent Diagnostics Limited	Un instrumento dental para medir la profundidad del surco gingival comprende un alojamiento alargado y un brazo activador montado de manera pivotante en un extremo del alojamiento y acoplado operativamente a una sonda en su otro extremo. La sonda se extiende a través de la carcasa generalmente perpendicularmente al eje longitudinal de la carcasa. Un dispositivo sensor optoelectrónico detecta el movimiento relativo entre la sonda y la carcasa, y esto se convierte en una pantalla visual en una unidad indicadora.	Cuerpo de sonda, punta de la sonda, brazo pivote, sensor, controlador	Sensor optoeléctrico que detecta el desplazamiento de la punta de sondaje por medio del brazo pivote.	Profundidad del surco gingival (sensor optoeléctrico).

*Hourmand et al. 2009(56)*

*Matoba et al.1999(55)*

<p><b>US20090098504A1</b>                  PERIODONTAL POCKET DEPTH                  RECORDER</p>	<p><b>US5993209A</b>                  PERIODONTAL POCKET MEASUREMENT                  APPARATUS</p>	<p><b>Estados Unidos</b>                  Advanced Embedded Technologies</p>	<p><b>Japón</b>                  Kabushiki Kaisha Morita Seisakusho</p>	<p>Una sonda periodontal para medir y registrar profundidades de bolsas periodontales de forma fácil y económica por una persona. Las profundidades del bolsillo se miden al leer las marcas inscritas en el cabezal del instrumento y los datos se introducen en la sonda a través de un interruptor giratorio y un interruptor de botón integrado. Los datos se muestran en la sonda para comentarios visuales. La sonda también incluye voz para comentarios de audio y comandos para guiar al operador a través del examen dental. Una vez completado el examen dental, la sonda se coloca en una estación de acoplamiento y los datos se transfieren a una computadora personal (PC) para su análisis.</p>	<p>El aparato de medición de bolsa periodontal comprende una pieza de mano principal provista de una cubierta que cubre la porción del extremo delantero del mismo, un miembro de operación en la cubierta puede deslizarse en la dirección longitudinal del miembro de cubierta, un manguito flexible unido al miembro de operación se proyecta desde el extremo delantero del miembro de cubierta, y una sonda unida a la cubierta que pasa a través del manguito se puede exponer en su punta desde la punta del manguito, se caracteriza porque la unidad de la pieza de mano principal está provista de medios de activación para empujar una parte móvil que incluye el miembro de operación y la manga hacia el extremo frontal. Con esta estructura, la operación se puede realizar fácilmente cuando se mide la profundidad de una bolsa periodontal de un paciente al detectar la diferencia posicional entre la punta de la sonda y la punta del manguito cuando la punta de la sonda se inserta en la parte inferior del surco periodontal y la punta de la manga se hacen contacto con la franja superior de la encía.</p>	<p>Cuerpo de sonda, punta de sonda, display, microcontrolador, perilla de registro, sensor, botón.</p>	<p>Cuerpo de la sonda, punta de la sonda, sensor, mango deslizable, controlador</p>	<p>Registro manual a través del giro de la perilla y activación del botón de registro.</p>	<p>Diferencia del desplazamiento entre la punta de sondaje y la punta del mango deslizable.</p>	<p>Profundidad del surco gingival (encoder que registra el giro de la perilla).</p>	<p>Profundidad del surco gingival (sensor optoeléctrico).</p>
---	---	--	---	---	---	--	---	--	---	---	---

<p>Heikka 2014(57)</p>	<p><b>EP2896385B1</b> PERIODONTAL PROBE</p>	<p><b>Estados Unidos</b> Oulu University of Applied Sciences</p>	<p>Una sonda periodontal para medir la profundidad del surco gingival. La sonda periodontal comprende una porción de mango y una parte de sonda y un paso que se extiende desde la porción de mango a través de la porción de sonda. Dicha sonda periodontal comprende además medios de medición que se extienden en el conducto dentro de la sonda periodontal desde la porción de mango a través de la porción de sonda y al menos parcialmente fuera de la porción de sonda de modo que una parte de los medios de medición fuera de la porción de sonda se inserte en el bolsillo de la encía.</p>	<p>Punta de sonda, cuerpo de la sonda, sensor, controlador</p>	<p>Registro del desplazamiento a través del sensor magnético de desplazamiento ubicado en la sección interna de la sonda.</p>	<p>Profundidad del surco gingival (acelerómetro o sensor optoeléctrico).</p>
<p><b>Sondas para el registro de presión de sondaje</b></p>						
<p>Yeaple 1979(58)</p>	<p><b>US4340069A</b> FORCE-SENSITIVE PROBE AND METHOD OF USE</p>	<p><b>Estados Unidos</b> Yeaple Corp.</p>	<p>Una sonda sensible a la presión y un método de uso para aplicar manualmente una fuerza de sondeo predeterminada a un objeto tal como el fondo del surco gingival, por ejemplo. La sonda tiene un miembro magnetizable, y una palanca móvil que tiene una punta de sonda en un extremo. La palanca y el miembro tienen superficies cooperantes, respectivamente. El miembro está magnetizado para mantener la palanca en una posición normalmente "enganchada" en la que las superficies, se mantienen enganchadas con una fuerza magnética preestablecida. Cuando una fuerza de sondeo predeterminada aplicada manualmente al fondo de una cavidad periodontal a través de la punta de la sonda supera la fuerza magnética preestablecida, la palanca se mueve a una posición "desacoplada" en la que las superficies, se desengranan.</p>	<p>Cuerpo de sonda, punta de sonda, funda magnética, sensor, microcontrolador</p>	<p>Diferencia de distancia entre la punta de la sonda y la funda magnética.</p>	<p>Presión de sondaje (sensor de presión piezoeléctrico).</p>
<p>Simmonds et al. 2012(59)</p>	<p><b>US20120220903A1</b> PERIODONTAL FORCE PROBE</p>	<p><b>Estados Unidos</b> NA</p>	<p>Un aparato para caracterización de material que incluye una sonda para aplicar una fuerza a una sección definida de tejido biológico. El aparato también incluye un sensor para registrar la fuerza aplicada sobre el tejido biológico por la sonda, incluye una interfaz de transmisión de datos para transmitir la fuerza registrada a un procesador de datos.</p>	<p>Cuerpo de sonda, punta de sonda, sistema de registro de fuerza, controlador</p>	<p>Registra la deformación del cuerpo receptor de fuerza para determinar la presión de sondaje.</p>	<p>Presión de sondaje (medidor de tensión).</p>

**Sondas para el registro de presión y profundidad de sondaje**

<i>Murphy et al. 1990(44)</i>	<b>US4904184A</b> PERIODONTAL PROBE INSTRUMENT	<b>Estados Unidos</b> NA	<p>Un instrumento de medición de profundidad de surco gingival y bolsas periodontales, en la encía adyacente al diente, consta de una pieza de mano en la cual se desplaza un sensor y una punta de sondeo, la punta de sondeo dispone de un extremo externo y se encuentra adyacente y paralelo al sensor de desplazamiento. Una punta del sensor de desplazamiento está alineada con el extremo externo del elemento de la sonda en una primera posición. Un transductor de presión en el mango genera una señal de salida, cuando se moviliza hasta una segunda posición indicando la profundidad del surco gingival, un circuito lógico se encarga de codificar la señal y transmitirla a un computador.</p>	<p>Punta de la sonda, sensor, cuerpo de la pieza de mano, mango para el sensor, led indicador, botón, transductor.</p>	<p>Diferencia entre el registro de los sensores de las 2 puntas de la sonda.</p>	<p>Profundidad del surco gingival (transductor de desplazamiento óptico), presión de sondaje (sensor piezoeléctrico de fuerza).</p>
<i>Gott et al. 1989(43)</i>	<b>US4823809A</b> PERIODONTAL PROBE SYSTEM	<b>Estados Unidos</b> Oricon Corporation	<p>Una sonda periodontal para la medición, registró y visualización de la profundidad del surco gingival contiene una punta larga con un arreglo de medida que realiza la medición de la profundidad del surco gingival. Un sensor de presión en la punta de la sonda indica la presión a la cual está actuando, un sistema procesador está conectado recolectando la presión y profundidad de sondaje, la medición es realizada insertando la punta de la sonda dentro del surco gingival e incrementando gradualmente la presión, con determinada presión el aparato registra las señales recibidas y las convierte en la medida correspondiente a la profundidad del surco y nivel de inserción.</p>	<p>Cuerpo de la sonda, punta de la sonda, sensores, display, computador.</p>	<p>Sensor optoelectrico que determina la profundidad del surco periodontal según la cantidad de luz que llega a la porción que permanece fuera del surco gingival el cual toma el registro en el momento que el sensor de presión determina la presión adecuada de sondaje.</p>	<p>Profundidad del surco gingival (sensor optoelectrico), fuerza de presión ejercida (sensor de presión sin especificar).</p>

## 6. Discusión

En esta investigación se determinaron las características de las sondas periodontales, obteniendo el diseño de una sonda periodontal electrónica, por medio de una revisión sistemática de patentes de este tipo de instrumentos, el cual es compatible con el software ADT periodontal; diseñado en postgrado de periodoncia de la USTA y dicha sonda se puede construir con componentes comercializados a nivel local.

La presente revisión es una de las primeras llevadas a cabo en el país en torno a patentes de sondas periodontales, por tratarse de un proyecto innovador en la materia es necesario darle la importancia que se merece; al observar las 21 patentes que cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incluidas en la revisión. La mayoría de las patentes revisadas se referían a sondas de 3ª generación las cuales tienen la capacidad de registrar de forma automática los datos de profundidad del fondo del surco y transmitirlos a un ordenador, las sondas restantes se clasificaban como sondas de 5ª generación donde se evita tener elementos invasivos para el registro de las variables periodontales (31).

El análisis y la determinación de las características de las sondas periodontales fue complejo, debido a que los documentos utilizados para este estudio, están protegidos con fines de desarrollo cómo se encuentra consignado en la ley 565 del 2000 proclamada por el ministerio de relaciones exteriores (37); por tanto, las características primordiales como medidas de los instrumentos eran mantenidas en secreto con el fin de proteger su confidencialidad, y solo las patentes de Pippin y col., Low y col & Gibbs y col registraban medidas de algunos de sus componentes (39,48).

La sonda periodontal manual utilizada comúnmente para el registro de la profundidad del surco gingival requiere de una punta para realizar su función; sin embargo, se logró determinar que, la punta de sondaje no es una característica indispensable para una sonda periodontal digital, pero su ausencia determina la necesidad de crear algoritmos computacionales muy complejos para determinar la profundidad del surco gingival, como puede observarse en las patentes de Ariff y col. & Rose (40,45).

Igualmente, uno de los inconvenientes más frecuentes al realizar el examen periodontal es el exceso de presión cuando sobrepasa los 25g causando un traumatismo o una hemorragia, al igual que practicar sondeos repetitivos lo cual genera molestias y deterioro a la salud de los pacientes (60,61); por tanto el control de presión que es efectuado por el instrumento propuesto ayudara a tener un adecuado diagnóstico periodontal, control sobre la fuerza ejercida y por consiguiente una evaluación más completa de la salud oral de los pacientes.

Al transcurrir el tiempo, las sondas periodontales han ido evolucionando, siendo cada día instrumentos más rápidos, eficientes y exactos que permiten manejar una reproducibilidad más alta del registro de la salud periodontal de los individuos analizados (62), por lo que el desarrollo de este instrumento está a la vanguardia de la tecnología aplicada en el campo de la odontología y permitirá el progreso de esta área, permitiendo realizar un diagnóstico concreto de la salud periodontal del paciente.

Los instrumentos para el registro del estado periodontal pueden clasificarse en 2 grandes grupos, las de medida unidimensional y las de medida multidimensional, Pihlstrom en 1992 propuso una clasificación para estos instrumentos por generaciones donde las sondas comunes se clasifican como de primera generación, las que tienen la capacidad de control de fuerza son la segunda generación y las automáticas que permiten el control de la presión, hacen parte de la tercera generación (63). Sin embargo, esta clasificación no tenía en cuenta los dispositivos de medición multidimensional para registrar el estado periodontal como se propone en el estudio de Watts (64). Por tanto, se tuvo en cuenta la clasificación que incluye las sondas multidimensionales de cuarta generación, que tienen la capacidad de generar un mapa 2D (2 dimensiones) completo del periodonto del paciente y quinta generación las sondas que realizan un mapeo 3D (3 dimensiones) sin necesidad de punta periodontal.

Teniendo en cuenta esta clasificación y los diversos factores que modifican la medición de la profundidad del surco periodontal, que dependen del tipo de sonda utilizada, el intervalo de medición, la fuerza de sondeo, los puntos de referencia, la forma de la raíz, etc. (65). No se puede evaluar una sonda de una generación respecto a otra generación, sin embargo las sondas de tercera generación tienen ciertas ventajas sobre las demás sondas respecto a facilidad de uso y reproducibilidad, aunque normalmente son utilizadas para investigación, es así como en diversos estudios por ejemplo el de Perry y col, quienes demostraron que el uso de sondas periodontales digitales aumenta el tiempo de examen clínico del periodonto de un paciente y que no hay diferencia entre la medida registrada por las mismas y por las sondas manuales (66), en la práctica clínica el eliminar el registro manual de las medidas registradas aumentara la eficiencia, reproducibilidad de las mediciones y velocidad de diagnóstico de la enfermedad periodontal, el cual fue uno de los propósitos por los cuales se diseñó la presente sonda.

Las sondas electrónicas están más indicadas para su empleo en estudios de investigación, debido a que son capaces de detectar cambios en el nivel de inserción de menos de 0,5 mm, mientras que con las sondas convencionales solo se pueden registrar cambios de más de 2 mm (9) además se puede denotar lo encontrado en el estudio de Gabathuler y col, donde se demuestra que las variaciones en la fuerza de sondeo son evidentes entre diferentes examinadores y también con un solo examinador (67). Los desarrollos más recientes en el campo de la periodontología ofrecen una determinación libre de errores de la profundidad del surco gingival y el nivel de inserción clínica en una etapa muy temprana, con más investigación e innovación, el surgimiento de nuevas sondas periodontales puede resolver los retos actuales y nuevos que puedan surgir en diagnóstico periodontal.

Todas las patentes analizadas estaban compuestas por una serie de elementos principales para su funcionamiento como son: cuerpo de la sonda o pieza de mano (estructura fundamental que contiene todos los componentes necesarios para el funcionamiento de la sonda periodontal), elemento receptor de datos (sensores o dispositivos capaces de determinar las medidas necesarias), elemento transductor (dispositivo con la capacidad de transformar la medida del sensor y expresarla en datos que son comprensibles en términos humanos y transmitirlos). Sin embargo, algunas patentes (39,40,41,42,43,44) presentaban elementos extras como son: elemento de almacenamiento (sistema de recolección de datos que tiene la capacidad de recogerlos y

almacenarlos para su análisis) en este caso este sistema de recolección es el software ADT Periodontal desarrollado en postgrado de periodoncia y sistema de transmisión de datos o control de transmisión de datos (pedal o pulsador que se encargaba de transmitir los datos de forma que sin su activación estos datos no se registran).

Los parámetros anteriormente mencionados junto a las descripciones de funcionamiento de las patentes observadas guiaron el desarrollo de este nuevo instrumento, generando el diseño de una nueva sonda periodontal el cual es presentado en este trabajo como puede observarse en el apéndice C.

Aramburu y col. en su artículo sondas electrónicas en periodoncia presento 4 tipos de sondas electrónicas que se comercializaban en la época de las cuales actualmente solo la sonda Florida se comercializa, siendo un instrumento de excelente comportamiento para el registro periodontal, este diseño se basó en grandes rasgos respecto a la sonda florida debido a que cuenta con una pieza de mano, un pedal, un interconector, un computador y un sensor, capaz de transfigurar las medidas lineales obtenidas con la sonda en valores digitalizados reconocibles por el ordenador (9) por tanto estos elementos se tuvieron en cuenta en el desarrollo del diseño del instrumento propuesto.

No existen trabajos similares en los cuales se haya realizado una revisión sistemática de patentes de sondas periodontales con el fin de diseñar un nuevo instrumento para este propósito, inclusive no se dispone de una guía exclusiva para el desarrollo de una revisión sistemática en este tipo de documentos, sin embargo, se siguieron los parámetros generales para llevar a cabo la presente revisión lo más cercano posible a lo propuesto por la guía PRISMA. Por consiguiente, tampoco existe una guía para evaluar la calidad de este tipo de diseño de carácter tecnológico e innovador.

Es limitada la literatura científica que aborda esta temática en nuestro país, dado el carácter innovador del presente proyecto, Gran cantidad de patentes encontradas para este estudio se encontraban en japonés, mandarín, alemán y otros idiomas pertenecientes a países que están a la vanguardia de avances tecnológicos en esta disciplina, por tanto, este estudio estuvo limitado por la poca bibliografía que se logró analizar en idiomas español o inglés. Y se convierte en una necesidad incluir las patentes en otros idiomas con el fin de aumentar el margen de opciones para el desarrollo de nuevos sistemas. Otra limitación de este estudio fue la protección y el secreto de los componentes utilizados o propuestos por los autores de las patentes para el desarrollo de sondas periodontales ya que los dispositivos que utilizaban para el registro de las variables no eran especificados.

Es importante verificar que el diseño presentado en este trabajo tiene la capacidad de funcionar adecuadamente con el software ADT Periodontal, así como la incorporación a futuro de nuevas características o modificaciones que permitan una función más sencilla, estable y rápida.

Finalmente, el desarrollo de este instrumento va a permitir una medición ágil, un manejo y una recolección rápida de datos, debido a la transmisión automática de los datos hacia el ordenador reduciendo de manera significativa los tiempos de trabajo para determinar el diagnóstico y estado periodontal del paciente (68) .

## 6.1 Conclusiones

El desarrollo de una sonda periodontal digital compatible con el software ADT periodontal basada en una revisión sistemática, permitió diseñar un instrumento innovador capaz de registrar de forma autónoma la profundidad del surco gingival ajustando la presión ejercida que brindará beneficios a las clínicas odontológicas de la USTA, permitiendo mejorar la eficiencia, reproducibilidad y velocidad del diagnóstico periodontal.

Se realizó una revisión sistemática que incluyó 21 patentes la cual permitió establecer los parámetros básicos para la elaboración del diseño de una sonda periodontal digital, estableció los componentes básicos para su funcionamiento como son: cuerpo, sensores, transductores, sistema de transmisión y sistema de almacenamiento. Así mismo las características más adecuadas para integrarse al diseño elaborado en este trabajo.

Se seleccionaron los componentes necesarios para la construcción de la sonda buscando que estos pudiesen ser adquiridos en el medio local, teniendo un costo efectivo y un adecuado funcionamiento para el diseño propuesto.

Se diseñó y esquematizó a través del software Solid Edge ST los componentes y estructuras necesarias para la elaboración de la sonda periodontal propuesta permitiendo observar en forma digital el instrumento que se presentó en este trabajo.

Se proyectó un enlace entre la sonda y el software ADT Periodontal a través de comunicación por protocolo USB, ya que la transmisión de datos en forma de vectores permite enlazar adecuadamente las medidas registradas por la sonda con el software encargado del análisis de estas medidas.

## 6.2 Recomendaciones

Para investigaciones a futuro se debería tener en consideración la ampliación de lenguajes para la incorporación de patentes en estudios similares ya que patentes en idiomas como mandarín, japonés, alemán no se tuvieron en cuenta y estos países son grandes innovadores ubicándose a la vanguardia en la tecnología, sería de gran importancia analizar los avances que podrían tener referente al tema. Adicionalmente, deberían tenerse en cuenta características de otros instrumentos que pueden llegar a nutrir el diseño como el caso de los exploradores apicales utilizados para endodoncia, los cuales tienen un sistema de funcionamiento que permitirán extender las opciones para el registro de la profundidad del surco gingival.

Del mismo modo motivar a investigar más sobre esta temática para enriquecer la literatura para que así se pueda perfeccionar y crear nuevos diseños aún mejores. Se debe incrementar las capacitaciones a los estudiantes y profesionales de la odontología en el uso de la sonda para poder dar un diagnóstico más exacto y obtener un progreso en la experticia respecto a la utilidad de la sonda. Es indispensable evaluar el diseño de sonda propuesto a través de un prototipo que podría

desarrollarse en la facultad de Ingeniería Mecatronica de la USTA para lograr una configuración adecuada antes de iniciar su utilización en pacientes.

## 7. Referencias Bibliográficas

1. Fuenzalida R, Hernandez C, Pérez J. Alteraciones Estructurales y Funcionales del Sistema Estomatognático. Rev. Areté. 2017; 17(1):29-35. URL disponible en: <https://revistas.iberoamericana.edu.co/index.php/ripsicologia/index>
2. Cazau P. La importancia de la investigación en la formación del odontólogo. Rev. Ateneo Argent. Odontol 2013;51(2):63-66.
3. American Academy of Periodontology: Glossary of periodontic terms. [internet]. 1986 [fecha de acceso: 29 de enero del 2018] (105). URL disponible en: <https://members.perio.org/libraries/glossary?ssopc=1>
4. Recinos J. El examen periodontal completo. Periodontology 2000. 2004;34:22-33.
5. SEPA. Examen periodontal Básico [internet]. 2016 [fecha de acceso: 29 de enero del 2018] (18). URL disponible en: [https://www.sepa.es/web\\_update/wp-content/uploads/2017/04/EPB-2017.pdf](https://www.sepa.es/web_update/wp-content/uploads/2017/04/EPB-2017.pdf)
6. Lindhe J, Lang NP, Karring T. Clinical Periodontology and Implant Dentistry. 4th Ed. Wiley; 2009.
7. Mejia A, Ramirez D, Vargas C, Estupiñan A. Propuesta de sonda periodontal didáctica para la realización del sondaje periodontal en prácticas de simulación odontológica de pregrado de la Fundación Universitaria del Areandina. 2006
8. Botero JE, Bedoya E. Determinantes del Diagnóstico Periodontal. Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral 2010;3(2):94-99.
9. Aramburu JAP, Calvo PJL, Climent MH. Sondas electrónicas en periodoncia. Periodoncia y Osteointegración 2003;13(3):197-210.
10. Adrianzen Acurio CA, Coz Fano MA, Noriega Castañeda J. Evaluación del sondaje in vitro con cuatro sondas periodontales manuales, considerando el factor experiencia del examinador. Revista Estomatológica Herediana. 2014;20(3):119.
11. Renatus A. Evaluation of an Electronic Periodontal Probe Versus a Manual Probe. Jour Clin Diag Res, 2016;10(11):3-7.
12. Jaime M, Anaya M. Evaluación del software periodontal para ayuda diagnóstica en las clínicas de la universidad santo tomas. Universidad Santo Tomás 2017.
13. Mallo-Pérez L, Sanz-Serrulla J. Progreso en el arte y ciencia dental y bucal: Del ingenio a la tecnología. RCOE;9(6):667-681.
14. Casillas APV, Ocampo BRY, Arrieta CAM. Periodontología e implantología. Medica panamericana;2016.
15. Carranza FA, Newman MG, Takei HH, Klokkevold PR. Carranza: Periodontología clínica. McGraw-Hill Interamericana; 2010.
16. Aimutis WR. Functional Dairy Products: Woodhead Publishing; 2007. p. 134-162.
17. Harpenau LA, Kao RT, Lundergan WP. Periodoncia e implantología dental de Hall: Toma de decisiones. Editorial El Manual Moderno; 2014.
18. Beemsterboer PL, Perry DA, Essex G. Periodontología para el higienista dental. Elsevier; 2014.
19. Sociedad Española de Periodoncia, y Osteointegración. Manual SEPA de periodoncia y terapéutica de implantes: fundamentos y guía práctica. Editorial Médica Panamericana; 2005.

20. Pajukoski H, Meurman JH, Snellman-Gröhn S, Sulkava R. Oral health in hospitalized and nonhospitalized community-dwelling elderly patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88(4):437-443.
21. Kornman KS, Page RC, Tonetti MS. The host response to the microbial challenge in periodontitis: assembling the players. *Periodontol* 2000 1997;14:33-53.
22. Choi EY, Santoso S, Chavakis T. Mechanisms of neutrophil transendothelial migration. *Front Biosci (Landmark Ed)* 2009;14:1596-1605.
23. Matuliene G, Pjetursson BE, Salvi GE, Schmidlin K, Brägger U, Zwahlen M, et al. Influence of residual pockets on progression of periodontitis and tooth loss: results after 11 years of maintenance. *J Clin Periodontol* 2008;35(8):685-695.
24. Nanci A, Bosshardt DD. Structure of periodontal tissues in health and disease. *Periodontol* 2000. 2006;40:11-28.
25. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *Journal of Clinical Periodontology* 2018;45(S20):S161.
26. Dorri M. Periodontal diseases: New classification for periodontal diseases. *BDJ* 2018;26;225(8):686.
27. Esquivel J. Manual de llenado del Periodontograma. [internet] 2010 [fecha de acceso: 26 de junio del 2018] (9). URL disponible en: <https://es.scribd.com/doc/104561623/Manual-de-llenado-del-Periodontograma>.
28. Clasificación de las bolsas periodontales y sondeo periodontal. [internet] 2014 [fecha de acceso: 25 de enero del 2018] (92). URL disponible en: <https://es.slideshare.net/estephaniagr/clasificacion-de-las-bolsas-periodontales-y-sondeo-periodontal-2>.
29. Restrepo E. instructivo periodontograma. [internet] 2015 [fecha de acceso: 26 de enero del 2018] (1) [fecha de acceso: 26 de enero del 2018]. URL disponible en: [https://sepa.es/periodontograma/MANUAL\\_PERIODONTOGRAMA.pdf](https://sepa.es/periodontograma/MANUAL_PERIODONTOGRAMA.pdf).
30. García AP, Bregante GS, Castellá JE, Plana NV. Instrumental básico en periodoncia. *Periodoncia y Osteointegración* 2003;13(1):45-56.
31. Ramachandra SS, Mehta DS, Sandesh N, Baliga V, Amarnath J. Periodontal probing systems: a review of available equipment. *Compendium of continuing education in dentistry* 2011 Mar;32(2):71.
32. Sepa. Guía de diagnóstico y tratamiento periodontal. [internet] 2012 [fecha de acceso: 28 de enero del 2018]. URL disponible en: [https://sepa.es/images/stories/SEPA/ESTAR\\_al\\_DIA/Guia%20de%20Tratamiento%20Periodontal.pdf](https://sepa.es/images/stories/SEPA/ESTAR_al_DIA/Guia%20de%20Tratamiento%20Periodontal.pdf).
33. Gibbs CH, Hirschfeld JW, Lee JG, Low SB, Magnusson I, Thousand RR, et al. Description and clinical evaluation of a new computerized periodontal probe--the Florida probe. *J Clin Periodontol* 1988;15(2):137-144.
34. Rojas Lazo O, Rojas Rojas L. Diseño asistido por computador. *Industrial Data* 2014;9(1):7.
35. Torres JC. Diseño Asistido por ordenador. Universidad Nueva Granada
36. González I, Tia G, Alonso-Coello P. Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Rev Esp Cardiol* 2011;64(08):688-696.
37. Ley 565 de 2000. Propiedad Intelectual. Ministerio de Relaciones Exteriores. (2000)
38. Ley 23 de 1982. Derechos de autor. Ministerio de Educación. (1982)

39. Gibbs C, inventor. Florida Probe Corp., apoderado. Single Use Periodontal Probe. Patente Estados Unidos US20090298005A1. 2009 Dic 03.
40. Rose E, inventor. Emery S. Rose, apoderado. Surface acoustic wave periodontal probe and method of detecting periodontal disease. Patente Estados Unidos US6413220B1. 2002 Jul 02.
41. Hirschfeld J, inventor. Florida Probe Corp, apoderado. Electronic periodontal probe with a constant force applicer. Patente Estados Unidos US4791940A. 1988 Dec 20.
42. Low S, inventor. Low Samuel B, Hirschfeld John W, Gibbs Charles H, Lee James G, apoderado. Periodontal probe with disc. Patente Estados Unidos 1990 Oct 04.
43. Gott K, inventor. Orincon Corp, apoderado. Periodontal probe system. Patente Estados Unidos US4823809A. 1989 Abr 25.
44. Murphy G, inventor. Murphy Gordon J, Ceisel Robert J, apoderado. Periodontal probe instrument. Patente Estados Unidos US4904184A 1990 Feb 02.
45. Ariff G, inventor. Perioimaging Inc, apoderado. Ultrasonic periodontal device and method of using. Patente Estados Unidos US20060270935A1. 2006 Nov 30.
46. Ioannidis N, inventor. Nektarios Ioannidis, Demetrios Argyrios Margaritis, apoderado. Periodontal probe with touch sensing. Patente Estados Unidos US20140120492A1. 2014 May 01.
47. Beckman R, inventor. Bausch and Lomb Professional Dental Products Inc, apoderado. Periodontal probe. Patente Estados Unidos US4995403A. 1991 Feb 26.
48. Pippin D, inventor. University of Missouri System, assignee. Periodontal probe instrument. Patente Estados Unidos US4708647A. 1987 Nov 24.
49. Murphy G, inventor. CEISEL ROBERT J, apoderado. Probe instrument. Patente Estados Unidos US5144753A. 1992 Sep 08.
50. Jeffcoat M, inventor. Research Models Inc, apoderado. Periodontal probe. Patente Estados Unidos 1994 Jun 07.
51. Rzewinski L, inventor. Dentsply International Inc, apoderado. Recording perio probe. Patente Europa EP0296520A2. 1989 Nov 23.
52. Ackerman J, inventor. Ackerman J, apoderado. Measuring probe. Patente Estados Unidos US4665621A. 1987 May 19.
53. Prinz J, inventor. Dextrodent Diagnostics Limited, apoderado. Dental instrument. Patente Mundial WO1988004159A1. 1988 Jun 16.
54. Doherty B, inventor. Foster-Miller Inc, apoderado. Periodontal probe with pressured piston and movement monitor. Patente Canadá CA1294008C. 1992 Ene 07.
55. Matoba K, inventor. J Morita Manufaturing Corp, apoderado. Periodontal pocket measurement apparatus. Patente Estados Unidos US5993209A. 1999 Nov 30.
56. Hourmand B, inventor. ADVANCED EMBEDDED Technology, apoderado. Periodontal pocket depth recorder. Patente Estados Unidos US20090098504A1. 2009 Abr 16.
57. Heikka H, inventor. Oulu Univ Of Applied Sciences, Oulu University of Applied Sciences, apoderado. Periodontal probe. Patente Europa EP2896385B1. 2015 Jul 22.
58. Yeaple R, inventor. Yeaple Corp, apoderado. Force-sensitive probe and method of use. Patente Estados Unidos US4340069A. 1982 Jul 20.
59. Simmonds B, inventor. Evollution IP Holdings Inc, apoderado. Periodontal force probe. Patente Estados Unidos US20120220903A1. 2012 Ago 30.
60. Polson AM, Caton JG. Current status of bleeding in the diagnosis of periodontal diseases. *J Periodontol* 1985;56(11):1-3.

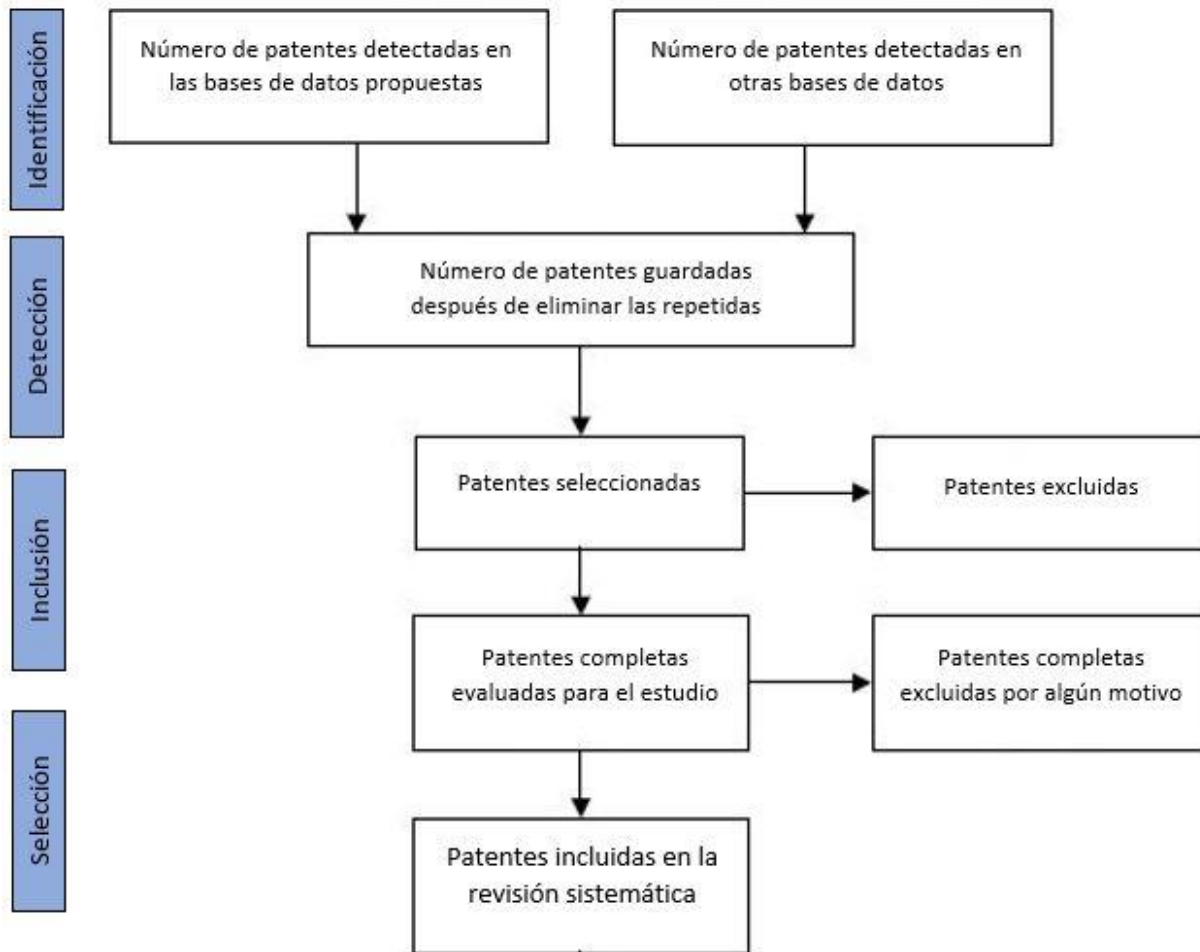
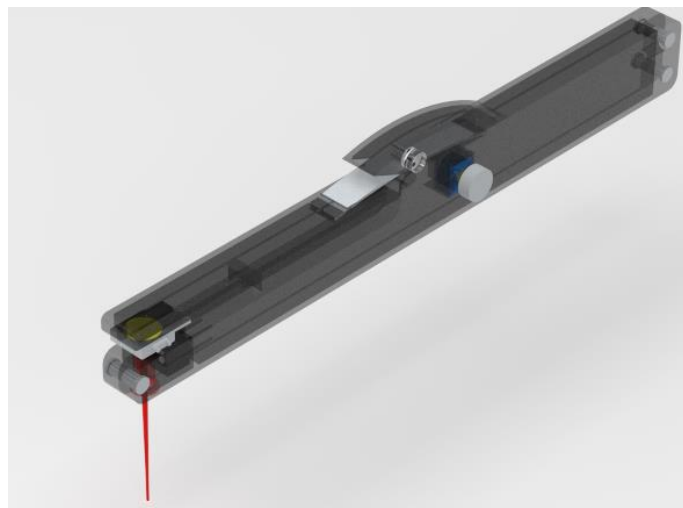
61. Lang NP, Adler R, Joss A, Nyman S. Absence of bleeding on probing. An indicator of periodontal stability. *J Clin Periodontol* 1990;17(10):714-721.
62. Al Shayeb, Kwthar Nassar A, Turner W, Gillam DG. Periodontal probing: a review. *Primary dental journal* 2014;3(3):25-29.
63. Pihlstrom BL. Measurement of attachment level in clinical trials: probing methods. *J Periodontol* 1992;63(12):1072-1077.
64. Watts TL, Beards Cf, Ewing PD, Leeman S. Periodontal disease activity: a development strategy for its investigation by means of accurate 3-dimensional clinical measurement. *J Clin Periodontol* 1995;22(3):201-207.
65. Listgarten MA. Normal development, structure, physiology and repair of gingival epithelium. *Oral Sci Rev* 1972;1:3-67.
66. Perry DA, Taggart EJ, Leung A, Newburn E. Comparison of a conventional probe with electronic and manual pressure-regulated probes. *J Periodontol* 1994;65(10):908-913.
67. Gabathuler H, Hassell T. A pressure-sensitive periodontal probe. *Helv Odontol Acta* 1971;15(2):114-117.
68. Gupta N, Rath SK, Lohra P. Comparative evaluation of accuracy of periodontal probing depth and attachment levels using a Florida probe versus traditional probes. *Med J Armed Forces India* 2015;71(4):352-358.

## Apéndices

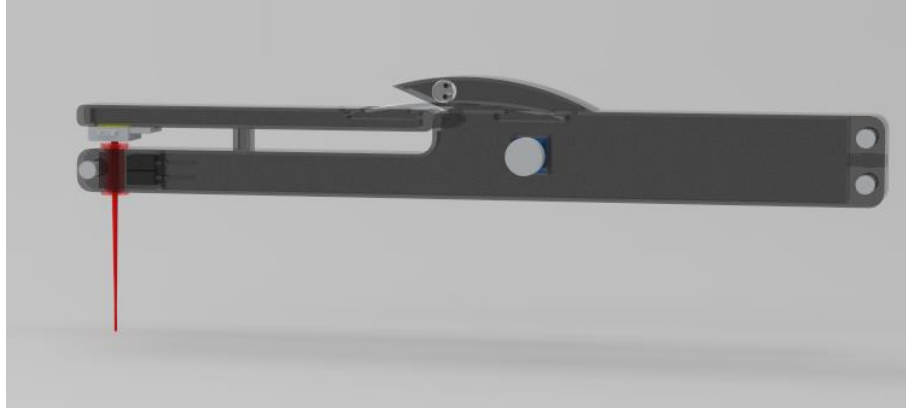
### Apéndice A. Descripción de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Clasificación	Valor que asume
Nombre de la Patente	Designación o denominación verbal que se le da a una persona, animal, cosa, o concepto tangible o intangible, concreto o abstracto, para distinguirlo de otros	Nombre de la patente de la sonda periodontal	Cualitativa Nominal	Nombre de la patente
Código de la Patente	Clave alfanumérica única que identifica un objeto	Número de registro asignado a la Patente de la sonda periodontal que figura en el documento publicado.	Cualitativa Nominal	Número de registro de la patente
Inventor	Persona que idea, crea, concibe, construye o desarrolla algo que no existía antes.	Persona encargada del desarrollo de la patente	Cualitativa Nominal	Nombre del autor
Apoderado	Persona o entidad que tiene poderes para representarla y proceder en su nombre	Compañía o Institución que cuenta con los derechos de autor de la patente a revisar	Cualitativa Nominal	Nombre de la compañía o institución dueña de la patente
Fecha	Indicación de tiempo orientada a definir un día único, en general en referencia al calendario gregoriano.	Fecha en que la patente fue registrada para protección de derechos de autor	Cualitativa Ordinal	Fecha de la patente

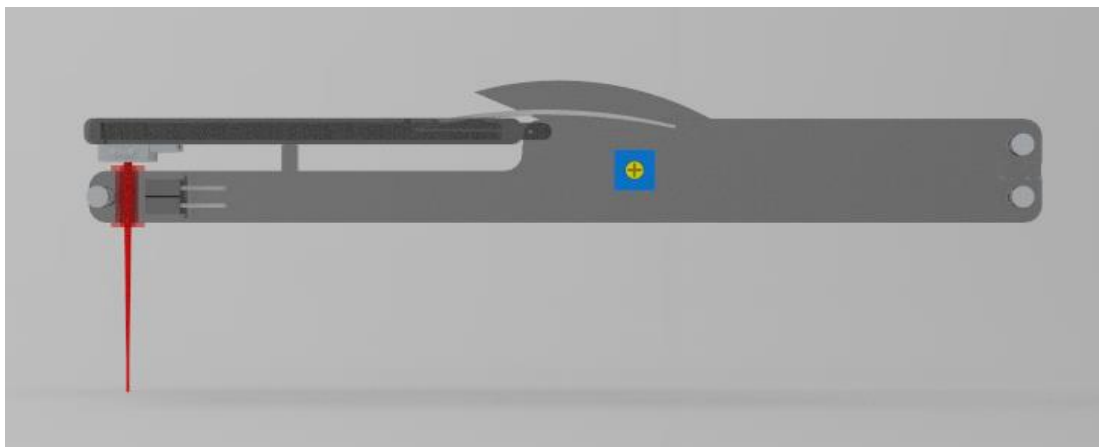
Descripción	Representación de alguien o algo a través del lenguaje, definir algo dando una idea general.	Descripción detallada del funcionamiento de la sonda periodontal	Cualitativa	Descripción del instrumento en la patente.
Componentes	Partes o instrumentos que hacen parte de un mecanismo o máquina.	Cantidad de componentes descritos y explicados en la patente a revisar	Cuantitativa, Razón	Número de Componentes enunciados
Dimensiones	Es una medida topológica del tamaño de sus propiedades de recubrimiento.	Medida o tamaño de la pieza de mano de la sonda periodontal reportado en la patente a revisar	Cuantitativa, Razón	Medidas de la pieza de mano de la sonda periodontal reportado en la patente
Mecanismo de detección	Sistema principal que activa el funcionamiento de un equipo	Principal método de registro o toma de datos para el funcionamiento del instrumento de la patente a revisar	Cualitativa, Nominal	Principal mecanismo de funcionamiento de la sonda periodontal.
País de la Patente	Comunidad social con una organización política común y un territorio y órganos de gobierno propios que es soberana e independiente políticamente de otras comunidades.	País de desarrollo de la patente a revisar	Cualitativa, Nominal	País de registro de la patente
Fecha caducidad de la patente	Indicación de tiempo orientada a definir un día único, en general en referencia al calendario gregoriano.	Fecha en que la patente pierde su protección de derechos de autor.	Cualitativa, Ordinal	Fecha de culminación de los derechos de autor de la patente

**Apéndice B. Modelo de selección de documentos incluidos en el trabajo****Apéndice C. Sonda periodontal Periousta**

La sonda periodontal diseñada para este proyecto está conformada por una pieza de mano, un pedal y se complementa con el computador que tenga el software ADT Periodontal, entre sus principales funciones están, el registro de la profundidad del surco periodontal, registro del nivel de inserción de la encía y control de la presión ejercida durante el sondaje. Logrando así una determinación acertada de la salud periodontal de los pacientes examinados.



La pieza de mano de la sonda está conformada por un brazo móvil que se despliega de la estructura principal a través de un sistema que permite su rotación, sobre este se encuentra un acople que permite el cambio de la punta de sondaje cuando sea necesario, este acople tiene una sección fija y una sección móvil que es deslizante sobre una guía. A su vez al interior del acople de la punta se encuentran 2 sensores piezoeléctricos de presión que permiten determinar cuando la presión ejercida es mayor a la que puede soportar el periodonto sin lesionarse; en la parte posterior tiene una abertura que permite el ingreso de un extremo del resorte horizontal que se encarga de generar 15 gramos de presión constante en la punta de sondaje; este brazo móvil se conecta a el cuerpo principal de la sonda a través de un rodamiento, el cuerpo principal contiene un acople para el otro extremo del resorte horizontal consiguiendo así mantener una presión constante sobre la punta del instrumento.



En la vista abierta puede observarse el sensor optoelectrico que se encarga de determinar la profundidad del surco gingival y el primer que se encarga de registrar el nivel de inserción de la encía marginal, en la sección anterior del cuerpo de la sonda hay un acople que permite el deslizamiento de la punta de sondaje el cual es abierto en la zona donde contacta con el sensor optoelectrico para permitir su funcionamiento, el acople permite que la punta de sondaje no se deslice en direcciones inequívocas y nos da el punto guía para la medida de la profundidad del surco, otro objetivo de este acople es mejorar la luminosidad cerca a la punta creando un área por el cual fluya más fácilmente la luz. Sobre el extremo del cuerpo que contacta con el brazo móvil se encuentra un tope cuya función es no permitir que el brazo móvil se desplace más allá de la posición inicial y se genere deterioro en el acople de la punta y los sensores piezoeléctricos.

El trimmer lleva sobre si una perilla que se encarga de registrar la posición del margen gingival, esta perilla es ubicada por el operador de la sonda permitiendo registrar margen gingival desde una recesión gingival de -10 mm a una inflamación gingival de 5 mm, este trimmer esta adosado al cuerpo de la sonda por medio de una estructura inmersa de tamaño exacto.

Superior al cuerpo principal se encuentra una carcasa que se encarga de cubrir el resorte horizontal, esta carcasa en su porción delantera contiene una estructura que limita el movimiento del brazo móvil con el fin de evitar el desacople total que puede llegar a destruir el instrumento, igualmente en la porción izquierda se encuentra un led indicador multicolor, cuya finalidad es registrar y señalar al operador si la fuerza que se está ejerciendo sobre el periodonto es excesiva, este led indica en color amarillo si aún no ha llegado al fondo del surco gingival, verde si está en el fondo del surco y la presión es adecuada y rojo si la presión es excesiva. Los esquemas presentados carecen del cableado para permitir una mejor comprensión de cada uno de los componentes que lo conforman.

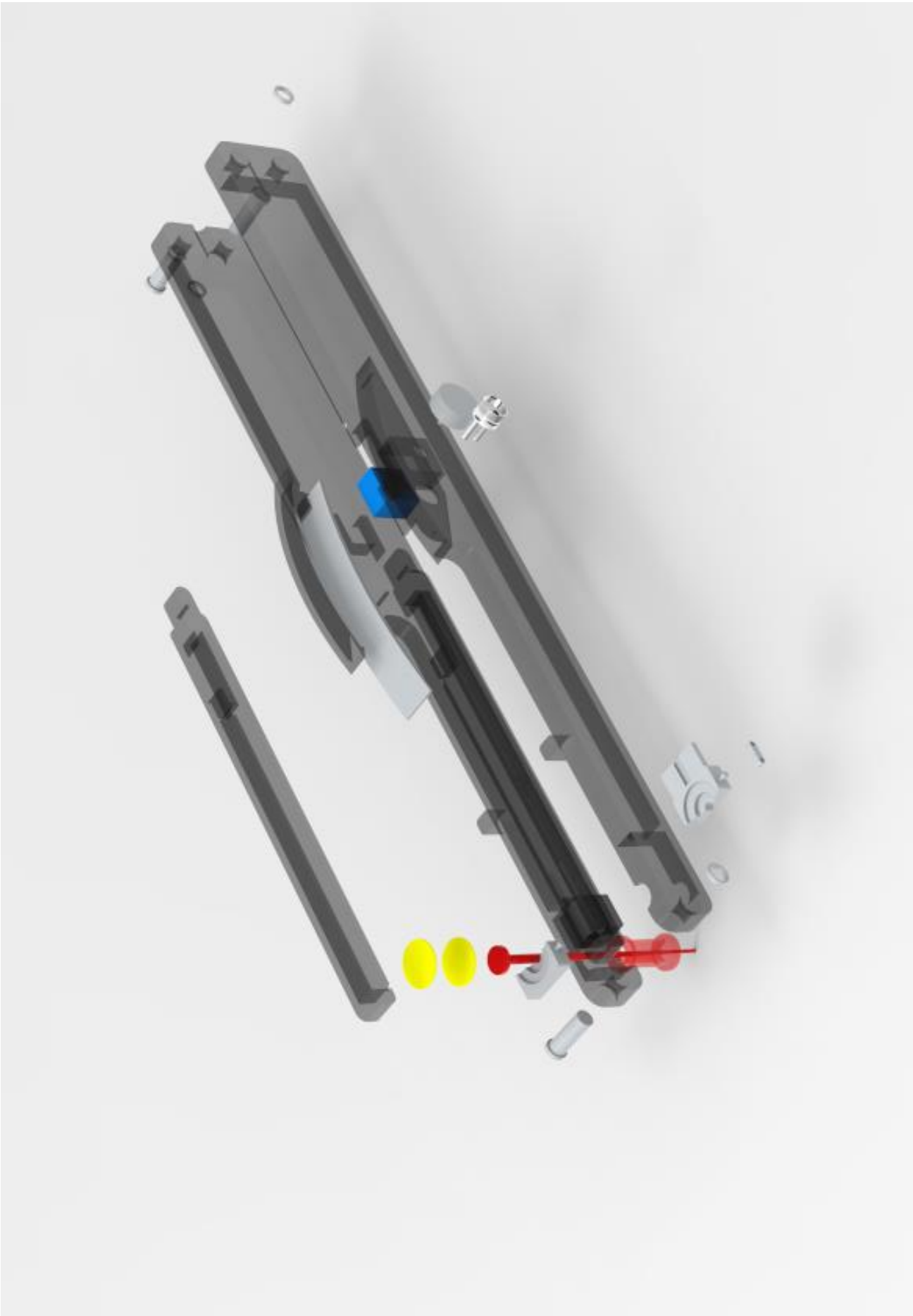
### **Funcionamiento Base**

Al introducir la punta de la sonda, el brazo móvil retrocede según la presión ejercida, la cual es detectada por los sensores piezoeléctricos y enviaran un comando al microcontrolador que activara el led, si la fuerza es adecuada el led se prenderá en color verde, si esta es baja indicará color amarillo lo que quiere decir que no ha llegado al fondo del surco, y si rojo indica que se está aplicando una fuerza excesiva y debe realizarse un movimiento de retiro de la sonda. Una vez el margen este en el acople del brazo principal y el indicador está en verde el operador presionara el pedal para la transmisión del dato. Antes de presionar el pedal el operador debe ubicar la perilla según la ubicación del margen gingival, por defecto esta perilla está en 0.

Si se encuentra un hallazgo diferente a la medida del surco gingival, se debe presionar el botón 1 del pedal para registrarlo, luego seleccionar el tipo de hallazgo con el botón 2 y finalmente el botón 3 confirma el envío de datos y la ubicación en el siguiente punto de medición.

Al presionar el pulsador del pedal, según la medida determinada por el sensor de distancia genera el vector de datos y se envía al software.

El sistema no cambia al siguiente diente sin confirmación a través del pedal.



### **Botones del Pedal**

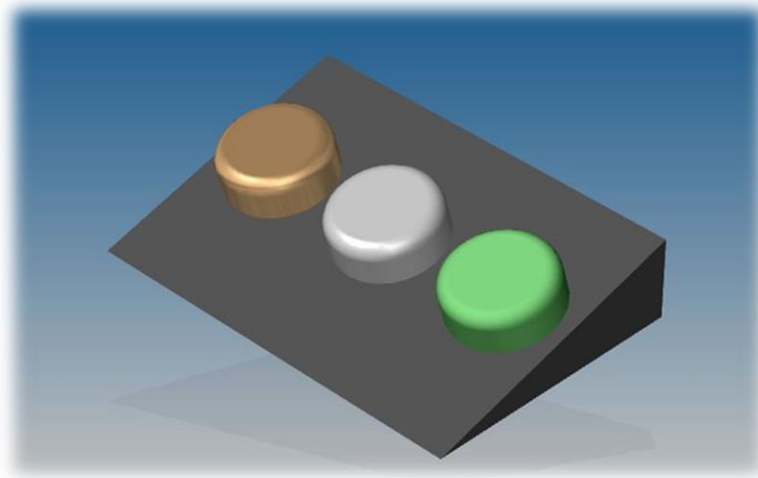
Botón 1: Activa registro de hallazgo periodontal

Botón 2: Selección de registro a enviar

Botón 3: Confirmación de envío de datos

Si se presiona el botón 1 se abre el sistema de hallazgo periodontal, luego debe con el botón 2 seleccionar el tipo de hallazgo y por último el 3 para confirmar si no hay hallazgo solo se presiona el 3.

### **Pedal**



Presenta 3 botones y se activa con el pie cada uno de ellos son:

Botón 1 (Bronce): Activo registro de hallazgo periodontal

Botón 2 (Plata): Selección de registro a enviar

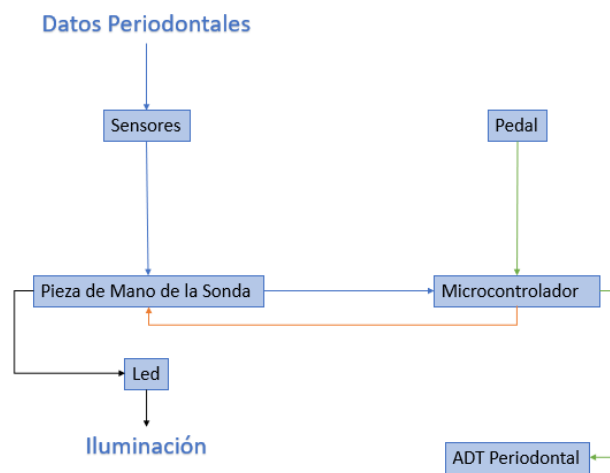
Botón 3 (Verde): Confirmación de envío de datos

### **Forma de envío de datos**

El protocolo para envío de datos seleccionado es el protocolo USB, es un protocolo cableado que permite la transmisión de información a en vectores (datos encadenados en forma de tabla), por tanto, permite transmitir toda la información a través de un microcontrolador desde la sonda hacia el software ADT Periodontal el esquema de transmisión es el siguiente:

Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4
Medida de profundidad	Hallazgo	Código Hallazgo	Diente o Posición de sondaje del diente
Medida en milímetro de profundidad surco	Código hallazgo	0 punto de sangrado	
1-12 mm	0-NO	1 fistula	
	1-Hallazgo	2 núcleo	
		3 ....	
		.	

Un vistazo al sistema general puede verse en el siguiente gráfico:



En resumen: La sonda capta los datos a través de los sensores, los transmite al microcontrolador este va activando los indicadores led y recibiendo los datos constantemente, en el momento que el pedal se activa los transmite al software a través de USB.