



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**UTILIDAD E IMPORTANCIA DE LA SECUENCIA WRAP EN RM EN  
PACIENTES CON MATERIAL DE OSTEOSÍNTESIS**

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**PROFESIONAL ASOCIADO EN IMAGENOLÓGÍA**

PRESENTA

**SAÚL JOREL PORTILLO MUÑOZ**

ASESOR EXPERTO: CARLOS LEONEL RODRÍGUEZ PALACIOS

MEDICO ESPECIALISTA EN RADIOLOGÍA E IMAGEN

ASESORA METODOLÓGICA: KARLA LUCIA HERRERA OLVERA

MEDICO ESPECIALISTA EN RADIOLOGÍA E IMAGEN

PUEBLA, PUEBLA A 12 DE JULIO DEL 2022

## ÍNDICE

Resumen	3
Abstract	3
Introducción	3
1. Antecedentes	4
1.1 Antecedentes generales	5
1.1.1 Artificios por movimiento	9
1.1.2 Penumbra geométrica de los rayos X por falta de linealidad	10
1.1.3 Artefactos por error de estabilidad	11
1.1.4 Endurecimiento del haz de rayos	12
1.2 Antecedentes específicos	13
1.2.1 Artefactos de tipo Wrap	15
1.2.2 Evaluación radiológica de los elementos de osteosíntesis	19
1.2.3 Secuencia WRAP	21
1.2.4 Aliasing o Wrap Around	27
1.2.5 Aliasing en la dirección de codificación de frecuencia	32
2. Planteamiento del problema	37
3. Objetivos	38
3.1 Objetivo General	38
3.2 Objetivos Particulares	38
4. Materiales y métodos	39
4.1 Diseño del estudio	39
4.2 Ubicación espacio-temporal	39
4.3 Estrategia de trabajo	39

4.4 Muestreo	39
4.4.1 Definición de la unidad de población	40
4.4.2 Selección de la muestra	40
4.4.3 Criterios de selección de las unidades de muestreo	40
4.4.4 Diseño y tipo de muestreo	41
4.4.5 Tamaño de la muestra	41
4.5 Definición de las variables y escalas de medición	41
4.6 Método de recolección de datos	42
4.7 Técnicas y procedimientos	42
4.8 Análisis de datos	42
4.9 Diseño estadístico	42
5. Resultados preliminares	43
8. Discusión	53
9. Conclusión	54
10. Bibliografía	55

## Resumen

**Título:** Utilidad e importancia de la secuencia Wrap en RM en pacientes con material de osteosíntesis.

**Antecedentes:** Los artefactos de imagen son los problemas que con mayor frecuencia enfrentan los técnicos que manejan aparatos de Resonancia Magnética, algunos de estos no pueden evitarse, pues son consecuencia de un error del sistema, sin embargo, algunos otros se evitan cuando se conocen.

**Planteamiento del problema:** ¿Usar las secuencias de WRAP en las RM de pacientes con osteosíntesis permiten obtener imágenes de alta calidad con las que se determine de manera efectiva un diagnóstico?

**Objetivo:** Describir los principales beneficios causados por el uso de las secuencias de WRAP en las RM de pacientes con osteosíntesis para obtener imágenes de alta calidad con las que se determine de manera efectiva un diagnóstico.

**Materiales y métodos:** Estudio del tipo documental y descriptivo.

**Resultados:** Se presentan imágenes de RM con secuencia WRAP aplicados en 4 pacientes diferentes: paciente masculino de 65 años, paciente masculino de 42 años de edad, paciente femenina de 51 años de edad y una paciente femenina de 49 años de edad.

**Discusión:** En los pacientes seleccionados para la demostración de resultados, se usa un resonador de 1,5T sobre el 3T, por ende, el uso del protocolo WRAP se ve limitado a su uso en un bajo número de pacientes. Genera imágenes de alta calidad, con un nivel tolerable de artefactos.

**Conclusión:** Con esta técnica se puede conllevar al aumento del tiempo de repetición, logrando aumentar de esta forma el tiempo de estudio, y se reduce el número de cortes.

## **Abstract**

**Title:** Usefulness and importance of the Wrap sequence in MR in patients with osteosynthesis material.

**Background:** Image artifacts are the problems most frequently faced by technicians who handle Magnetic Resonance devices, some of these cannot be avoided, as they are the consequence of a system error, however, some others are avoided when they are known. There is a very characteristic artifact known as Aliasing or Wrap Around, which has a simple technical solution.

**Statement of the problem:** Does the use of WRAP sequences in the MRI of patients with osteosynthesis allow obtaining high-quality images with which to effectively determine a diagnosis?

**Objective:** To describe the main benefits caused by the use of WRAP sequences in the MRI of patients with osteosynthesis to obtain high-quality images with which to effectively determine a diagnosis.

**Materials and methods:** Documentary and descriptive study.

**Results:** MR images with WRAP sequence applied in 5 different patients are presented: a 65-year-old male patient, a 42-year-old male patient, a 51-year-old female patient and a 49-year-old female patient.

**Discussion:** In the patients selected for the demonstration of results, a 1.5T resonator is used over the 3T, therefore, the use of the WRAP protocol is limited to its use in a small number of patients. Generates high-quality images, with a tolerable level of artifacts.

**Conclusion:** This technique can lead to an increase in repetition time, thus increasing study time, and reducing the number of cuts. Understanding that in those cases in which the artifact only occurs in one direction of the phase, the direction of the phase can be changed, thus avoiding the artifact.

## Introducción

El diagnóstico por imágenes para obtener estudios de calidad, es una herramienta indispensable, para poder realizar diagnósticos precisos, con los que puedan diferenciarse aspectos no diagnosticados con facilidad, a través de esta, se diferencian, describen con certeza los hallazgos y patologías para un seguimiento adecuado. Por lo tanto, es indispensable que las imágenes sean de alta calidad sin ningún tipo de errores, con los que se perjudique el análisis, almacenamiento y la reevaluación del paciente.

Sin embargo, dentro de las imágenes de diagnóstico como la Resonancia Magnética, existen problemáticas graves como los artefactos o artificios, que pueden llegar a alterar la interpretación de las imágenes, logrando simular condiciones patológicas, por ende, en dichos casos debe repetirse el estudio, evitando la existencia de reacciones adversas o informes de patologías inexistentes.

Los artefactos por imagen, son definidos como distorsiones o errores en la imagen que no se relacionan con el área del cuerpo que se está estudiando. Los artefactos por movimiento, son los más comunes en la resonancia magnética, pues se producen por movimientos del paciente. Las secuencias de RM surgen como la combinación de pulsos de radiofrecuencia y de gradientes de campo magnético, que se aplican en periodos de tiempo de manera ordenada y repetida, en donde los tejidos generan respuestas a las secuencias a través de señales que forman las imágenes diagnósticas.

Debido a que, para poder obtener una buena imagen, es necesario el equilibrio de factores que influyen en la calidad de la imagen, como el contraste, la resolución espacial, la relación de la señal y el ruido y el tiempo de adquisición de las imágenes.

En el presente documento, se lleva a cabo una investigación sobre la secuencia Wrap en resonancia magnética en pacientes con material de osteosíntesis, demostrando el funcionamiento y efectividad de la misma, para obtener imágenes de mayor calidad.

# 1. Antecedentes

## 1.1 Antecedentes generales

Los indicios de las resonancias magnéticas (RM) tiene su origen en el año 1971 con el doctor Raymond Damadian que demostró que la resonancia magnética puede ser usada para detectar enfermedades porque diversos tipos de tejidos emiten señales que varían tanto en su duración, en respuesta al campo magnético. Damadian desarrolló el primer equipo de resonancia magnética en el año 1972, y meses posteriores se aplicó una patente para el invento, al que nombró “Aparato y método para detectar tejidos cancerígenos”, dicha patente se otorgó en el año 1974 en Estados Unidos como la primera que surgió en el campo de la resonancia magnética. (1).

Años después, el investigador Paul Lauterbur desarrolló la técnica para generar las primeras imágenes en resonancia magnética en 2 y 3 dimensiones usando gradientes, y publicó la primera en el año 1973. Peter Mansfield, físico de la Universidad de Nottingham en Inglaterra extendió el uso de los gradientes a través de un modelo matemático que hacía posible acelerar el tiempo de captura de imágenes, de horas a solo segundos, y producirlas con una mejor definición (2).

Además, Mansfield y Lauterbur recibieron en el año 2003 el premio Nobel de Medicina por sus descubrimientos en el campo de las imágenes de resonancia magnética. Damadian fue ignorado por la academia sueca, y entonces protestó en el New York Times para recibir atención. Debido al paso de los años, distintas publicaciones demostraron que una gran cantidad de investigadores, contribuyeron al descubrimiento de la resonancia magnética nuclear (RMN) y describieron la física subyacente de la imagen por resonancia magnética, a principios del siglo XX (3).

La imagen de RM se inventó por Paul C. Lauterbur, que desarrolló un mecanismo para codificar la información espacial en una señal de RMN, usando gradientes de campo magnético en septiembre de 1971, y publicó la teoría que la sustenta en

marzo de 1973. Los factores que conducen el contraste de imágenes, se diferencian en los valores de tiempo de relajación de los tejidos, que fueron descritos casi 20 años antes de que el médico y científico Erik Odeblad y Gunnar Lindstrom (3).

Posteriormente en los años 70 y 80 se indicó que Peter Mansfield que perfeccionó las técnicas de adquisición y procesamiento de imágenes por RM, en el año 2003 el y Lauterbur recibieron el Premio Nobel de Fisiología o Medicina por sus contribuciones al desarrollo de la RM. Los primeros escáneres clínicos de RM se instalaron a principios de los años ochenta y en las décadas siguientes se produjo un importante desarrollo de la tecnología, que ha terminado en el uso general de la medicina actual (4).

De forma cronológica se ha expuesto que a principios de los años 90 Peter Basser y Le Bihan, que colaboraban en los NIH y Aaron Filler, Franklyn Howe y sus colegas publicaron las primeras imágenes cerebrales DTI y tractográficas. Joseph Hajnal, Young y Graeme Bydder describieron el uso de la secuencia de pulsos FLAIR para demostrar las regiones de alta señal en la materia blanca normal en el año 1992. Este mismo año John Detre y Alan P Koretsky desarrollaron el etiquetado de espin arterial. En el año 1997 Jurgen R. Reichenbach, E. Mark Haacks y sus colaboradores de la Universidad de Washington, se encararon de desarrollar las imágenes ponderadas de susceptibilidad (1).

Los avances generados en la tecnología de los semiconductores, fueron cruciales para desarrollar la RMN, una práctica que requiere de una alta cantidad de potencia de cálculo, aun cuando la IRM se realiza en la clínica a 1.5 T, los campos más altos, como el de 3 T para imágenes clínicas y, de forma más reciente el de 7T para fines de investigación, que han ganado popularidad por su mayor sensibilidad y resolución. En los laboratorios de investigación, se han realizado estudios en humanos a 9.4 T (2006) y hasta 10,5 T (2019). Por ende, se han realizado estudios en animales no humanos hasta 21,1 T (5).

Por otra parte, en el año 2020 la administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (USFDA) que ofreció la aprobación 510 (k) del sistema de RM

de cabecera de Hyperfine Research. El sistema Hyperfine afirma que cuesta 1/20, consume 1/35 de energía y pesa 1/10 de los sistemas de RM convencionales. Usa una toma de corriente estándar para la alimentación, por lo que actualmente los estudios con imágenes por resonancia magnética (IRM) usan un imán grande y ondas de radio para observar órganos y estructuras, que se ubican en el interior del cuerpo. Los profesionales de la salud, usan dichas imágenes para diagnosticar una variedad de afecciones desde rupturas de ligamentos hasta tumores. Pues las imágenes de resonancia magnética son bastante útiles para examinar el cerebro y la médula espinal (6).

La visualización del futuro, consiste en la construcción de imágenes, por ende, las utilidades de herramientas para adquirir y analizar las imágenes deben ser dominadas para que sean atendidas. La función principal de los estudios de imagen en la medicina, es la de otorgarle al médico la información necesaria para hacer un diagnóstico de la enfermedad del paciente, para poder valorar su respuesta al tratamiento. Los diversos métodos de imagen en medicina son amplios, y los más utilizados suelen ser los Rayos X, el ultrasonido, la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) (5).

A través del diagnóstico por imágenes, se obtienen estudios de calidad, por ende, es indispensable para establecer diagnósticos precisos con los que se diferencie y no se omitan patologías, describiendo de manera certera un hallazgo y realizando su seguimiento adecuado (6).

Por lo tanto, es indispensable que la imagen sea de excelencia sin ningún error, que pueda perjudicar el análisis, almacenamiento y reevaluación. En este sentido, los artefactos o artificios, suelen plantear un grave problema, pues en ocasiones pueden alterar la interpretación de las imágenes, simulando condiciones patológicas, por ende, los estudios se deben repetir si presentan un inconveniente, lo que deriva en disconformidades con el paciente, esperas del médico solicitante, riesgos de aparición de reacciones adversas, dudas diagnósticas, informes de patologías inexistentes y costos (7).

Los artefactos o artificios se definen como distorsiones, adiciones o errores en una imagen que no tienen correlato en el sujeto o región anatómica estudiada (8). Este término, deriva de las palabras latinas artis (artificial) y actum (efecto) y esto requiere un efecto artificial que altera la calidad y fidelidad de una imagen, que en ocasiones encubre una patología o crea hallazgos falsos (9). En las tomografías computarizadas (TC) y en la resonancia magnética (RM) las distorsiones suelen darse en muchas ocasiones.

Los artefactos de imagen son los problemas que con mayor frecuencia enfrentan los técnicos que manejan aparatos de Resonancia Magnética, algunos de estos no pueden evitarse, pues son consecuencia de un error del sistema, sin embargo, algunos otros se evitan cuando se conocen. Existe un artefacto muy característico conocido como Aliasing o Wrap Around, conocido en español como superposición de imágenes en el sentido de la Fase que tiene una solución técnica sencilla (10).

Los artificios surgen como resultado de la interacción entre el paciente y el tomógrafo, se encuentran divididos por su origen, como puede observarse en la tabla 1, sin embargo, se cual sea su naturaleza, se observan como rayas, anillos, ruido y bandas blancas y negras superpuestas (11). En los casos dudosos se recomiendan repeticiones del corte.

Tabla 1. Artefactos en TC

Movimientos del paciente
Presencia de cuerpos extraños/material médico
Errores en las medidas de atenuación de los rayos X
Endurecimiento del haz de rayos X cuando estos traspasan al paciente

Efecto de volumen parcial
Ruido (moteado cuántico)
Mal funcionamiento de los detectores como consecuencia de errores de calibración o balanceo, efectos geométricos
Errores de espiral o “de remolino”
Factores ambientales

Fuente: (12,13).

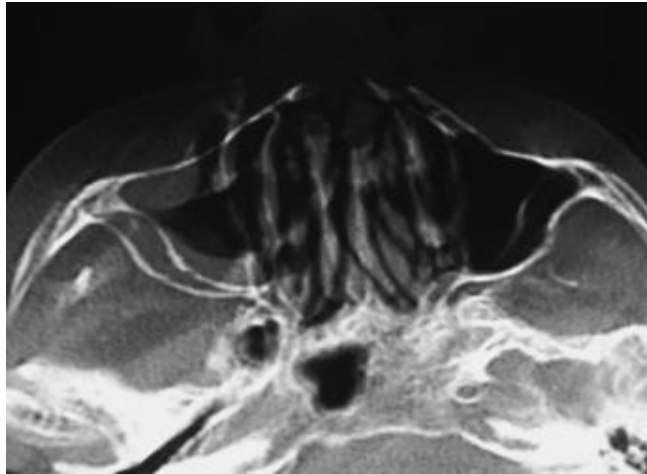
### 1.1.1 Artificios por movimiento

Los artificios por movimiento, son producidos por el paciente, al respirar, por latidos cardiacos, temblor, excitación, nerviosismo, deglución, peristaltismo, entre otros (9). Y pueden aparecer en los escaneos donde se necesita mantener la respiración en especial en los estudios de tórax (14).

Se observan como bandas blancas y negras intercaladas, manchas o lunares negros, pérdida de la resolución, desdoblamiento de los contornos de las diversas estructuras o distorsión de su anatomía (15).

Obsérvese figura 1 que presenta un TC de macizo craneofacial en ventana ósea, corte axial, que se observa en una distorsión de la anatomía normal que genera la apariencia de fantasmas o imágenes que se reiteran de manera difusa. Por ende, son un artefacto por movimiento del paciente.

Figura 1. TC de macizo craneofacial



Fuente: (7).

Este tipo de problemática se soluciona tranquilizando al paciente, y se le explica de forma detallada la forma y duración del estudio, además de las acciones a realizar en caso de mala técnica por movimientos. En aquellos casos de excitación, inestabilidad emocional, o trabajo con población pediátrica, se suelen emplear mecanismos de inmovilización, sedación o contención, para aumentar la comodidad usando métodos de barrido rápido, en especial la tomografía computada multicorte (TCMC) con lo que se reduce la etapa de adquisición y se disminuye el tiempo de apnea (16).

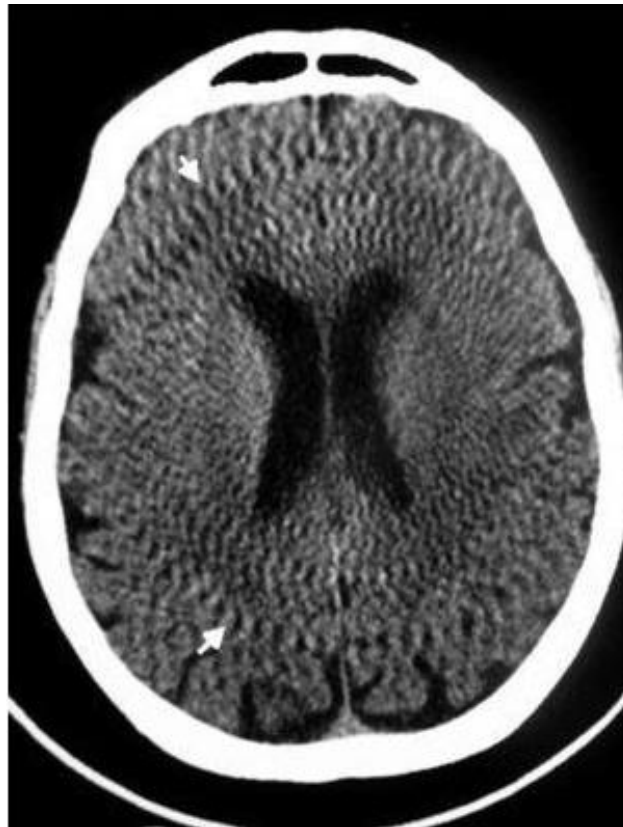
### **1.1.2 Penumbra geométrica de los rayos X por falta de linealidad**

Cuando existe una alineación inadecuada de los rayos X del tubo, con los detectores, se puede llegar a generar una imagen borrosa, que tienen una resolución espacial, severamente limitada (17). Por ende, se observa como una penumbra que se relaciona con la medida del foco, pues entre más pequeño sea, se genera una penumbra geométrica menor. Con un mantenimiento periódico adecuado, y con la calibración del tomógrafo secundaria eficaz, se logra reducir el efecto (18).

### 1.1.3 Artefactos por error de estabilidad

Este tipo de artefactos, surgen por una alteración en la calibración y en el balance de los detectores (19). Cuando estos no están intercalibrados, la proyección individual de cada uno de los anillos de datos, difiere, lo que causa una serie de anillos concéntricos con una intensidad variable, obsérvese la figura 2. Además, aparecen cuando surge un haz de rayos que no se encuentra centrado por encima de los detectores. En dichos casos tanto el mantenimiento como la calibración periódicos del equipo de TC logran evitar su aparición (18).

Figura 2. TC de cerebro, corte axial.



Fuente: (20).

#### 1.1.4 Endurecimiento del haz de rayos

Se generan mediante la absorción preferente de los fotones de baja energía del rayo dentro de los tejidos. Dicho efecto se pronuncia más en áreas con mucha atenuación, tales como el hueso (19), y surge en el momento en que, al atravesar el haz de rayos, las estructuras, pueden encontrar transiciones bastante marcadas de espesor y de densidad (18).

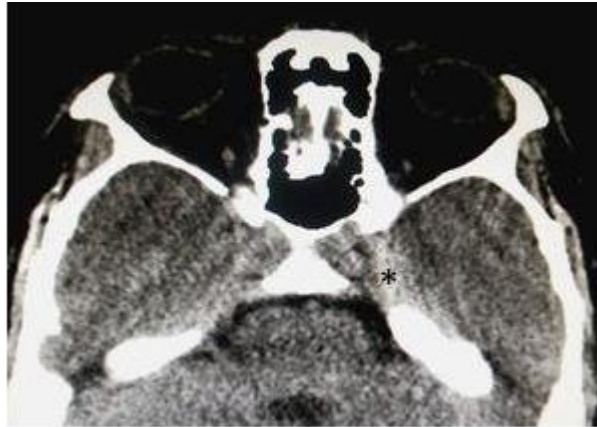
En las figuras 3 y 4 Se detectaron artificios lineales hipodensos, que tienen su origen a nivel de los peñascos y se encuentran extendidos hacia el hueso occipital, debido al endurecimiento del haz de rayos. Pueden apreciarse líneas o bandas espiculadas que están intercaladas, claras y oscura, como parte de una sombra ubicada debajo de las costillas, como un aumento de las sombras espiculadas en el mediastino, en la cintura escapular o en la base del cráneo. (20).

Figura 3. Tc de cerebro corte axial



Fuente: (14).

Figura 4. Tc de cerebro corte axial



Fuente: (15).

En la figura 4, se detectó un artefacto por endurecimiento del haz de rayos, cuando se atravesó el peñasco. Se pueden apreciar como hipodensidades en topografía de los senos cavernosos. Es importante que no se les confunda con sangrados extra o que sean subdulares.

En la actualidad el endurecimiento del haz de rayos, ha logrado desaparecer casi por completo, pues se han implementado filtros metálicos en la salida de la corrección matemática de la curva de atenuación para lograr un sistema mucho más monocromático (17).

## 1.2 Antecedentes específicos

La utilidad e importancia de la secuencia Wrap en RM de los pacientes con material de osteosíntesis, respecto a la práctica profesional, radica en la existencia de una gran variedad de artefactos en imágenes que se producen debido a la interacción entre los equipos y el paciente. Por ende, su utilidad e importancia son aspectos claves por lo que su reconocimiento es importante, pues pueden llegar a

inducir informes erróneos e incluso encubrir una patología, por dicha razón, cuando se detectan, es necesario que se empleen técnicas para su eliminación.

Durante los últimos años, se han desarrollado avances tecnológicos, sin embargo, también existen padecimientos nuevos, como los registrados en los últimos meses como la pandemia de la COVID-19, por ende, es indispensable el diagnóstico por imágenes para obtener estudios de calidad, como algo indispensable para establecer un diagnóstico preciso, diferenciando y sin omitir patologías, describiendo de forma certera un hallazgo para realizar el seguimiento adecuado. Por ende, es imprescindible que la imagen sea de excelencia, sin ningún tipo de errores con los que se perjudique el análisis, almacenamiento y su posterior reevaluación.

Existe una alta variedad de artefactos que llegan a aparecer en las imágenes que se producen por la interacción entre los equipos de imagenología y el paciente. Un artefacto es una distorsión, adición o error en una imagen que no tiene correlato con el sujeto o región anatómica estudiada (11). Por lo que, reconocerlos es muy importante, pues pueden llegar a provocar informes erróneos o encubrir una patología, por lo que, una vez detectados, se deben emplear técnicas para su eliminación.

Este protocolo de investigación, está enfocado en la secuencia Wrap, mismo que se identifica como un artefacto muy característico que se conoce como Aliasing o Wrap Around o Superposición de imágenes en el sentido de la fase, que mantiene una solución técnica sencilla, misma que aparece en las imágenes de IRM (Imágenes por Resonancia Magnética) cuando el Campo de visión (FOV) seleccionado por el técnico es más pequeño que la estructura anatómica que quiere explorar. Surgen en el sentido de la codificación por la fase, y aparece cuando el sistema no desecha la parte de la región anatómica que no cabe dentro del FOV seleccionado. El resultado corresponde a dos recortes superpuestos de mala calidad, que corresponden a la misma estructura anatómica (13).

Cuando se produce el error, este solo puede corregirse si se activan las medidas correctoras oportunas, repitiendo la secuencia. Por ende, esto significa una pérdida de tiempo por desconocimiento (17). Por esta razón esta investigación consiste en abordar en qué consiste la secuencia WRAP, cómo se lleva a cabo y su utilidad en el diagnóstico de enfermedades relacionadas con la ortopedia y traumatología.

### **1.2.1 Artefactos de tipo Wrap**

Los artefactos de tipo Wrap, ocurren cuando algunas partes de los órganos situados fuera del FOV, y dentro del volumen sensible de la bobina, se superponen a la región delimitada por el FOV. En dichos casos el artefacto aparece en el lado contrario al lado en que se encuentran los spins que dan origen a la señal.

Los artefactos de “aliasing” o “Wrap-around” son producidos cada vez que alguna señal variable en el tiempo, se vuelve discreta con una frecuencia de muestreo  $f_c$ , menor del doble de la banda de frecuencias que contiene la señal. Las frecuencias que son mayores que la mitad de ( $f_c/2$ ) se denomina frecuencia de Nyquist) no se distinguen de las más bajas (22).

Por ende, el espectro de frecuencias que se deriva del muestreo discreto de los datos, no incluye valores encima de la frecuencia de Nyquist, pues todas las frecuencias de una señal variable en el tiempo que sobrepasen la de Nyquist vuelven a caer dentro del espectro.

Dentro de las imágenes de Resonancia Magnética, la señal es recibida con coherencia de fase, mientras que las señales cuentan con frecuencias más altas que la de Nyquist no vuelven al espectro, pues se les asigna una frecuencia negativa. El efecto Wrap around corresponde a los objetos que se extienden por fuera del límite de una imagen, es decir, se colocan dentro del límite contrario (22).

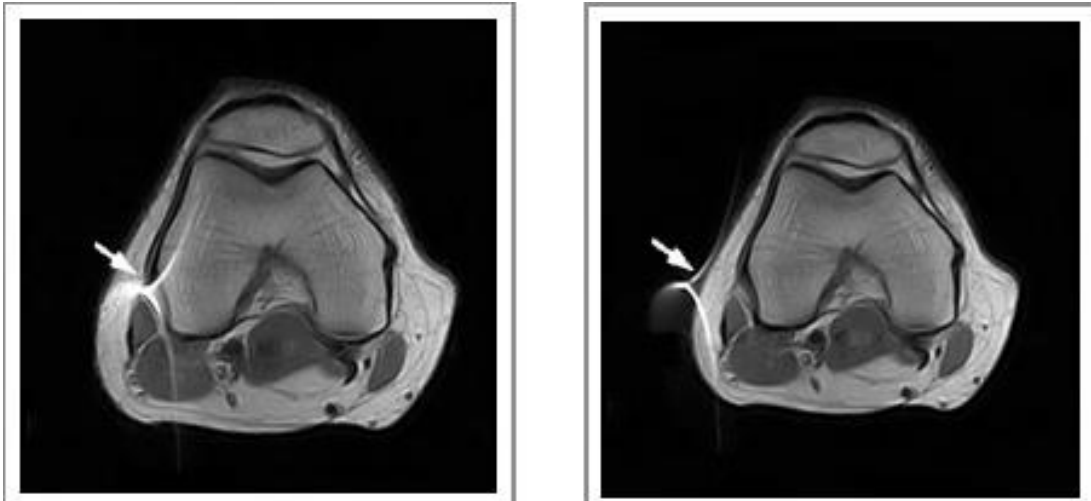
Tabla 2. Señales del efecto Wrap-around

<p>En la dirección de la lectura <math>f_c</math>:</p>	<p>Debería ser como mínimo el doble de la frecuencia de la señal, para evitar que el gradiente de lectura posicione incorrectamente dentro de la imagen visualizada la señal que llega de la región que está fuera del FOV.</p>
<p>En la dirección de la codificación de fase:</p>	<p>Los spins que están dentro del FOV seleccionando pueden desplazarse como máximo 360 grados con respecto al paso de codificación más elevado. Por lo tanto, los spins periféricos con respecto al FOV acumulan un desplazamiento mayor que un ciclo completo (<math>E = D + K \cdot 360</math> grados): se codifican como los que sufren un desplazamiento de grados.</p>
<p>En las imágenes 3D las regiones periféricas del volumen seleccionado:</p>	<p>Se pueden oscurecer cuando el "aliasing" se produce en la dirección de selección del corte. En este caso el fenómeno de "aliasing" es debido a la excitación imperfecta para la selección del volumen 3D.</p>

Fuente: (18).

A continuación, se presenta la figura 2, que corresponde a un artefacto por estructuras anatómicas colocadas fuera del FOV, pero dentro del volumen sensible de la bobina.

Figura 2. Artefacto por estructuras anatómicas colocadas fuera del FOV



Fuente: (18).

Para poder solucionar este tipo de artefacto, es recomendable utilizar un FOV de mayor tamaño donde se incluya toda la región anatómica a examinar. Posteriormente se mantiene la región anatómica que no se examina al menos a 6 cm de distancia de la bobina, en especial para el examen de la rodilla. El sistema dispone de un filtro pasa banda que elimina los efectos “wrap around” en la dirección de la lectura. Al colocar un filtro “anti-wrap-around” puede eliminar este tipo de efectos en la dirección de la codificación (18).

Con respecto a la función de la secuencia que se está implementando, la dirección gradiente de codificación y los parámetros seleccionados, el sistema determina la necesidad de usar este algoritmo. Con el filtro “anti wrap-around” se aumenta el FOV de adquisición para eliminar el artefacto, se aumenta la matriz de adquisición para mantener el mismo tiempo de scan, además garantiza la misma calidad de imagen configurada por el usuario con la selección de los parámetros (22).

Cuando se activa el filtro, la interfaz está avisando al usuario con un mensaje en el entorno de posicionamiento. Si el sistema determina la necesidad de utilizar el filtro y si el número de adquisiciones seleccionado por el usuario fuera demasiado bajo, aparece un mensaje con el que se avisa si se requiere incrementarlo para que pueda activar el filtro (22).

Por otra parte, puede implementarse la técnica de sobremuestreo como una alternativa al filtro “anti wrap-around” para eliminar el defecto en la dirección de la codificación, entonces el usuario puede activar o desactivar la función, que puede funcionar cuando se programa solo una adquisición. El software del sistema elimina de las imágenes 3D una porción considerable de las regiones periféricas, empero, algunos cortes periféricos, llegan a presentar este tipo de artefacto (22).

La figura 3 presenta una imagen sin artefacto “wrap-around” como backfolding al ser colocado en la región anatómica que no se examina, ubicada en la rodilla, a una distancia de 6 cm de la región examinada.

Figura 3. Imagen sin artefacto “wrap-around”



Fuente: (18).

### **1.2.2 Evaluación radiológica de los elementos de osteosíntesis**

El tratamiento de las fracturas óseas, se pueden realizar con procedimientos cerrados o abiertos. Los cerrados están basados en el principio de inmovilización y de tracción con materiales externos, empero los abiertos usan elementos quirúrgicos de fijación interna o externa. Los rayos X (Rx) constituyen la primera y mejor metodología para la evaluación posquirúrgica de los elementos. El conocimiento básico de los materiales usados es necesario para que se consiga una evaluación adecuada y un informe médico correcto (19).

Los rayos X (Rx) son el método de elección, comparados con otros más complejos, empero, la tomografía computada (TC) puede ser usada para los controles en el mediano y largo plazo, como metodología de la segunda elección y la resonancia magnética (RM) para evaluar los elementos reabsorbibles o biodegradables. En los casos posquirúrgicos más complicados se requiere de un abordaje multimetodológico (Rx, TC, RM y ultrasonido). (19).

La radiología realizada en el sistema musculoesquelético, ha vivido cambios sustanciales a partir de la aparición de la resonancia magnética RM, debido a que es una técnica que hace posible una valoración simultánea del hueso y de los tejidos blandos, para poder diagnosticar las lesiones más difíciles de detectar a través de otras pruebas diagnósticas.

Por la alta capacidad de la RM se obtienen imágenes en diversos planos y su alta resolución espacial, es una de las técnicas de imagen más idóneas para estudiar la anatomía de partes del cuerpo como la mano o la muñeca.

Sin embargo, los estudios de resonancia magnética, aplicados en pacientes con material de osteosíntesis, derivan en imágenes de pobre calidad secundaria, a artefactos con una alta susceptibilidad magnética. Obsérvese la figura 4. en donde se puede apreciar la radiografía lateral de rodilla, en una prótesis total de la rodilla derecha con cambios de tipo posquirúrgico reciente.

Figura 4: Radiografía lateral de rodilla



Fuente (22).

De forma progresiva, ha ido en aumento, la necesidad de que se realicen exploraciones en los pacientes con material de osteosíntesis, debido a que, en países como Estados Unidos, la cantidad de prótesis totales en el año 2010, fue correspondiente a 332,000 reemplazos totales cadera, 719,000 prótesis totales de rodilla. De esta forma, en el mundo se ha estimado, que se llevan a cabo unos 800,000 reemplazos de cadera por año, y del 5% de estos suelen fallar. La edad media de las prótesis ha logrado disminuir de 68 años en el año 2000 a 66 en el año 2009 (22).

La RM es superior a la tomografía para poder caracterizar patologías pseudotumorales, tendinosas y musculares, por ende, debe buscarse el desarrollo de protocolos novedosos con los que se pueda realizar una supresión metálica e manera rápida y eficiente. Por las razones antes mencionados, se han implementado esfuerzos para desarrollar técnicas con las que se pueda minimizar

la cantidad de artefactos de susceptibilidad magnética, logrando mantener la calidad de imagen diagnóstica y los tiempos de examen más adecuados (22).

Por lo que, los radiólogos de músculos y esqueleto, deben conocer los nuevos desarrollos en el campo, las técnicas y el software que permite obtener imagen de calidad con los que se pueda continuar mejorando los diagnósticos que se llevan a cabo de forma oportuna (22).

### **1.2.2.1 Campos magnéticos y metales**

Pueden separarse 3 efectos que se relacionan con los metales, el diamagnético, el paramagnético y el ferromagnético. El diamagnético genera un efecto repulsivo en el campo magnético local, ya puede producirse por un tejido blando, agua, cobre y nitrógeno. De una forma genérica, el cuerpo humano, se observa entonces como un gran interferente diamagnético (22).

El paramagnético, tiene un efecto que atrae de forma un tanto pequeña en el campo local, y también en las sustancias paramagnéticas que cuentan con un momento magnético positivo. Es así que sustancias tales como el gadolinio, los productos de degradación de la hemoglobina, el magnesio y el oxígeno, mantienen un efecto paramagnético. El ferromagnético: corresponde a las sustancias que son susceptibles, fuertes y positivas magnéticamente, como el cobalto, níquel, aleaciones y hierro (22).

### **1.2.3 Secuencia WRAP**

Mediante una revisión exhaustiva literaria, se describe a continuación la secuencia WRAP y su protocolo por resonancia magnética, mismo con el que es posible disminuir los artefactos por susceptibilidad magnética, en los pacientes de osteosíntesis, por ende, se realza la importancia de dicha. modalidad de imagen para el algoritmo diagnóstico de la población con este diagnóstico.

Los artefactos, corresponden a distorsiones de la imagen radiológica, a través de las cuáles se obtiene como resultado imagen con poca utilidad y legibilidad para que los médicos puedan realizar un diagnóstico adecuado. Para que pueda obtenerse una imagen adecuada, es necesario equilibrar ciertos factores que tiene influencia en la calidad de la imagen, tales como el contraste, la resolución espacial, la relación señal ruido y el tiempo que se tardaron en adquirir las imágenes (23).

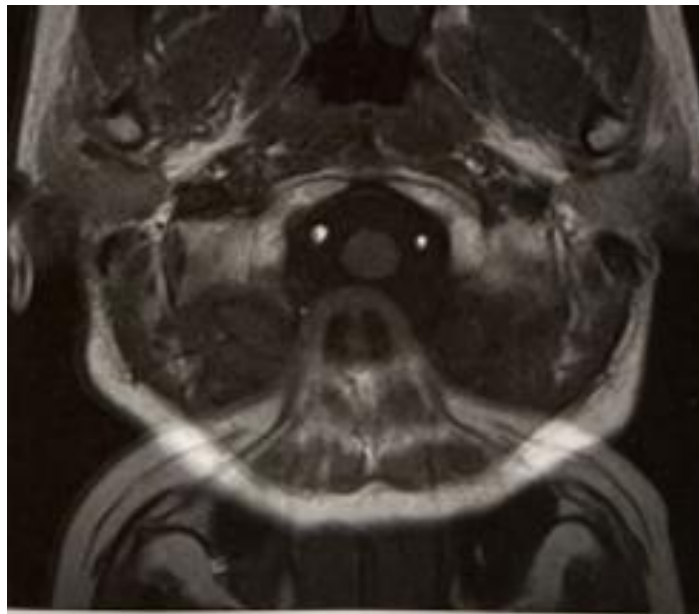
Es por esta razón, que, durante los últimos años, se ha reducido considerablemente el tiempo de adquisición de imágenes, generando secuencias no mayores a 7 minutos, puesto que anteriormente duraban alrededor de 15 minutos, la disminución lograda en el tiempo de adquisición de las imágenes ha podido disminuir la existencia de artefactos de movimiento (23).

Los artefactos, se entienden como alteraciones que se producen en la imagen, que pueden tener su origen debido a un exceso o defecto de la señal, lo que evita que estas coincidan con la realidad. Estos se encuentran clasificados, en función a lo que los ha causado, que pueden ser desde los pacientes, la obtención de la imagen, el campo magnético, los gradientes del campo magnético o la antena (20).

Lo que corresponde a esta investigación, son los artefactos de superposición mejor conocidos como Aliasing, Wrap around y Foldover, este tipo de artefactos se producen cuando el campo de visión es mucho menor a la zona de estudio. En este caso, las estructuras que se sitúan por fuera del campo de visión, se encuentra superpuestas en el lado opuesto de la imagen, tal como puede observarse en la figura 5.

El artefacto visualizado en la figura 5, se muestra este artefacto que puede producir en la dirección de codificación de la fase, direccionando la codificación de frecuencias y respecto a la selección de corte en técnicas del tipo 3D.

Figura 5. Artefacto Wrap



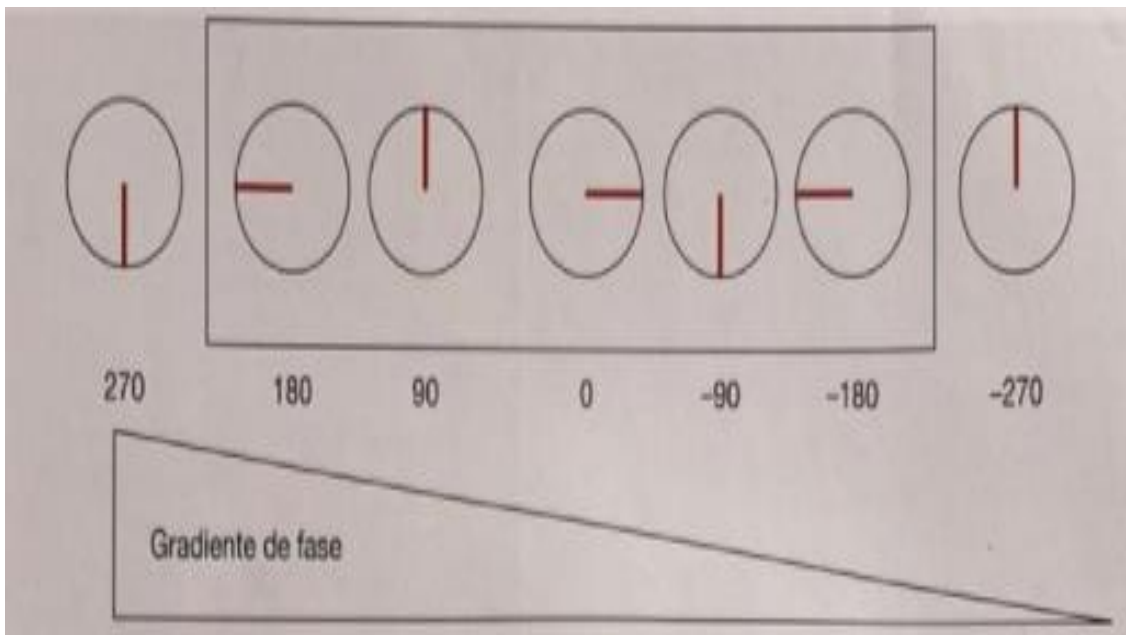
Fuente: (22).

A continuación, se describen las diversas codificaciones de Wrap around:

Aliasing en la dirección de codificación de la fase: Posterior a cada pulso de excitación, las estructuras que se encuentran situadas en uno de los extremos del campo de visión sufren un desfase de  $180^\circ$  entre cada eco (Figura 5). Por ende, las estructuras que se sitúan en el lado opuesto, además sufren un desfase, pero menor a  $180^\circ$ . Los protones que fueron excitados por el pulso de la radiofrecuencia que se ubican por fuera del campo de visión, padecen un desfase progresivo y de esta manera repiten constantemente la codificación de fase que fue usada en los márgenes del campo de visión (22).

En este caso, el ordenador, no cuenta con la capacidad de distinguir una señal que experimenta un desfase, que se da de forma contraria las manecillas del reloj y existe otra, en la que se experimenta una progresión que se da en sentido horario, estas dos señales, se interpretan como ondas que tienen una misma frecuencia y se les otorga una localización similar (22).

Figura 6. Aplicación de gradiente de fase



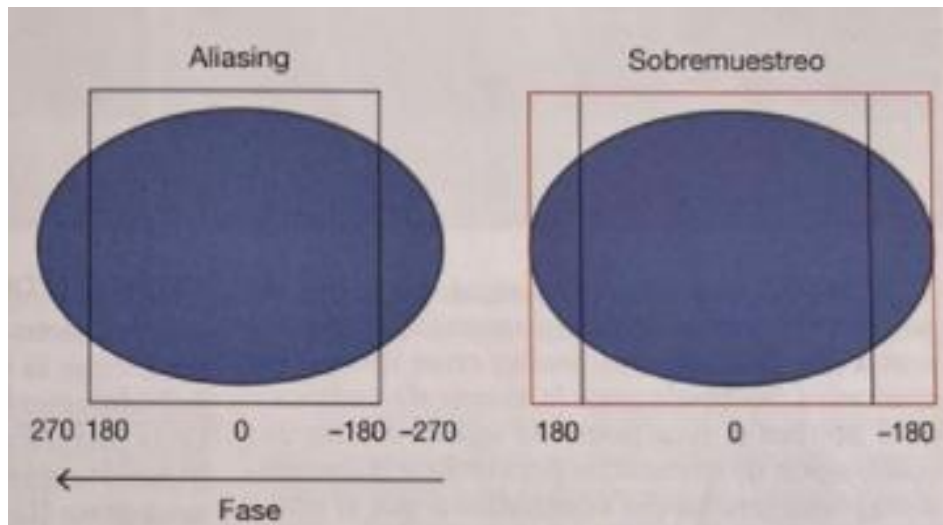
Fuente: (25).

Aliasing en la dirección de las frecuencias: En aquellos casos en que se usa una antena con mucha sensibilidad dentro de un campo de visión pequeño, se puede obtener señal de los extremos del campo de visión, sin embargo, además llega señal que va más allá del límite de éste, pues se ubica en la parte interna de la zona de sensibilidad de la antena. Empero, dicha señal, es de frecuencia baja, por ende, el ordenador, le otorga una posición errónea, por ende, se produce una superposición de las imágenes (25).

Aliasing en la dirección de corte en técnicas 3D: En las técnicas del tipo 3D, se debe aplicar un gradiente de fase adicional, en la selección del bloque de corte, por ende, también puede producirse aliasing (25).

Por otra parte, existen distintas formas de evitar el artefacto de superposición, a continuación, se describen las más recomendadas:

Figura 7. Aplicación de sobremuestreo para evitar el artefacto de aliasing



Fuente: (20).

Sobremuestreo (over-sampling): Se utiliza para evitar el solapamiento de la imagen, respecto a la dirección de codificación de la fase, de esta manera, surge un aumento en el campo de visión, que extiende la curva de codificación de fase, encima de un área mucho más amplia. De esta manera, los valores de la señal de fase que se ubican por fuera del campo de visión, deberán ser diferentes a los valores que se encuentran dentro, esto evita el aliasing (25). Empero, cuando se aumenta el campo de visión, se logra producir una pérdida de resolución espacial, por ende, se aumenta el número de pasos de codificación de la fase (NEX), lo que conlleva a un aumento del tiempo de exploración (Figura 7). (25).

Anti-aliasing en la dirección de codificación de las frecuencias (uso de filtros): Respecto a la dirección de la codificación de frecuencias se lleva a cabo un aumento del valor de la frecuencia límite, y de esta forma se aumenta el campo de visión en dicha dirección sin que el tamaño del pixel se modifique (25).

Después de esto, se descartan las frecuencias que proceden de las estructuras que se sitúan por fuera del campo de visión de interés. Para que dichos filtros no

afecten la intensidad de la imagen, en los extremos del campo de visión, pues de esta forma se debe aumentar el límite del ancho de banda desde el que se produce un filtrado (25).

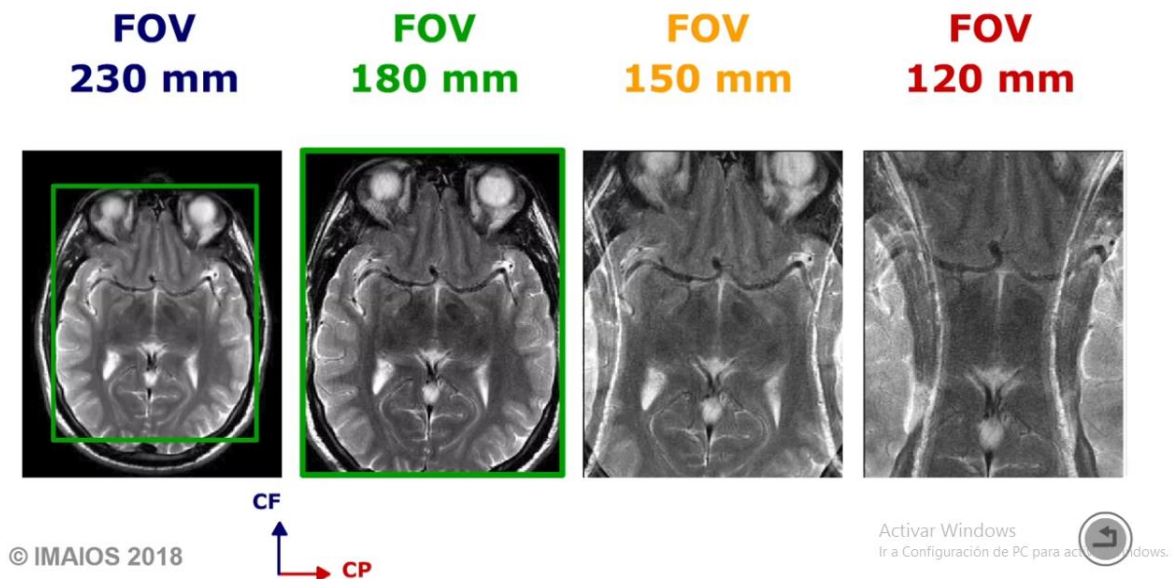
- Adquisiciones intercaladas: Cuando se usan dos adquisiciones intercaladas en la dirección de la fase, es posible que se doble el campo de visión, en dicha dirección se mantiene la relación señal-ruido. Tras esto, se descartan las estructuras que se sitúan fuera del campo de visión (25).
- Aumento de campo de visión de lectura: Cuando se aumenta el campo de visión de lectura no queda alguna estructura por fuera del mismo, de esta manera se evita el artefacto (25).
- Antenas de superficie: Cuando se usa una antena adecuada a la zona de estudio, no se obtiene señal de las estructuras que se ubican por fuera del campo de visión (25).
- Pulsos de saturación: Cuando se envía un pulso de  $90^\circ$  a las estructuras que se sitúan por fuera del campo de visión de interés, antes de la secuencia de pulsos se logra conseguir saturar los espines, y no se obtiene señal de ellos. Dicha técnica corresponde a un aumento del tiempo de repetición que va aumentando con el tiempo de estudio. Para que pueda mantenerse el tiempo de repetición, se debe reducir el número de cortes (25).
- En aquellos casos donde se encuentra potenciada en T1, se debe tener cuidado con el aumento del tiempo de repetición, pues este debe ser corto.
- Cambio en la dirección de fase: En aquellos casos en los que el artefacto únicamente se produce en una dirección de la fase, es posible que se cambie la dirección de la fase, y de esta manera se evita el artefacto (25).
- Pulsos selectivos de excitación: En las técnicas de 3D, primero se excita el volumen entero, puede ser la rodilla, como un ejemplo, y posterior a estos,

se realiza una codificación de la fase en dos ejes y otra de las frecuencias en el otro eje. Cuando se excitan los volúmenes más pequeños, se logra reducir el número de señales y de esta forma se disminuye la aparición del artefacto (25).

### 1.2.4 Aliasing o Wrap Around

Wrap around o aliasing, es una superposición en el lado opuesto de la imagen de señales ubicadas por fuera del FOV, que se causa por una corrupción dentro de la codificación espacial de los objetos que están fuera del FOV que no pueden distinguirse los objetos dentro del FOV, lo que resulta como una falta de correspondencia especial hacia el lado opuesto de la imagen (26).

Figura 8. Señales del FOV

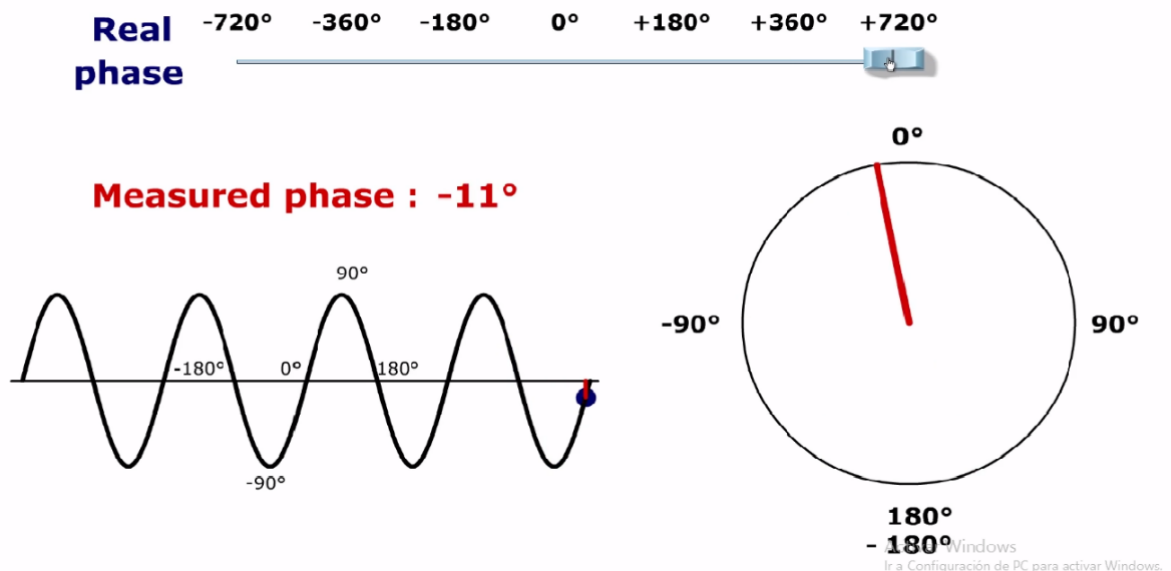


Fuente: (27).

Este tipo de artefacto, suele ocurrir en la dirección de codificación de fase, como una frecuencia, pues solo se trata de un problema en la dirección de codificación de fase. El rango de los valores de la fase más significativos es de menos de  $180^\circ$  a más de  $180^\circ$ , por lo que puede representarse como un ángulo correspondiente a una posición en un círculo. Donde una fase de  $180^\circ$  es equivalente a  $-180^\circ$  a, y que  $200^\circ$  equivalen a  $-160^\circ$  (27).

En dicho sentido, la codificación de fase consiste en poder modificar la fase de espines en una dirección del plano de corte. Debido a que los cambios de fase que surgen desde  $-180^\circ$  y  $+180^\circ$  en el primer paso de codificación, son asignadas para cubrir el FOV. Los diversos pasos de codificación de fase hacen uso de rangos más grandes que siempre deben ser un múltiplo de  $-180^\circ / +180^\circ$  (27).

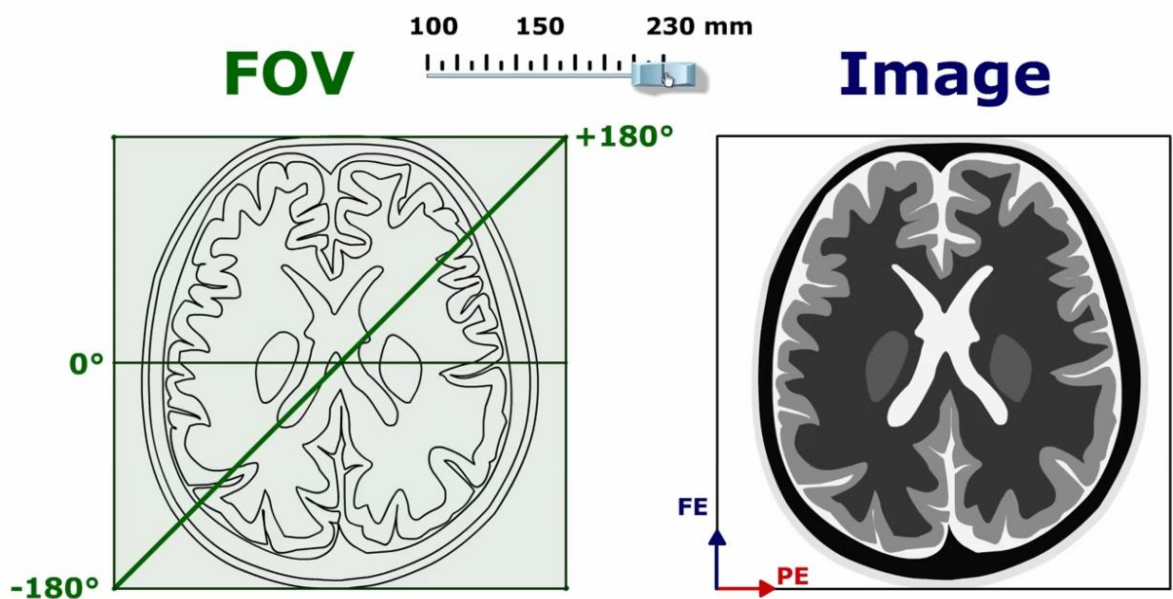
Figura 9. Codificación de fase



Fuente: (27).

Cuando un objeto, se extiende por fuera del FOV, se experimenta un cambio de fase, debido a que el gradiente de codificación de la fase se aplica en cualquier parte del cuerpo, sin embargo, su valor se encuentra por fuera del rango. Entiéndase que cuando se considera el primer paso de codificación, donde el cambio de fase debe ser menor a 180 o mayor que 180, por ende, dichos valores que están por fuera del rango, estando desajustados espacialmente, ya que la reconstrucción, puede producir imágenes con una superposición de los objetos que están fuera del FOV en el lado opuesto de dicha imagen (27).

Figura 10.



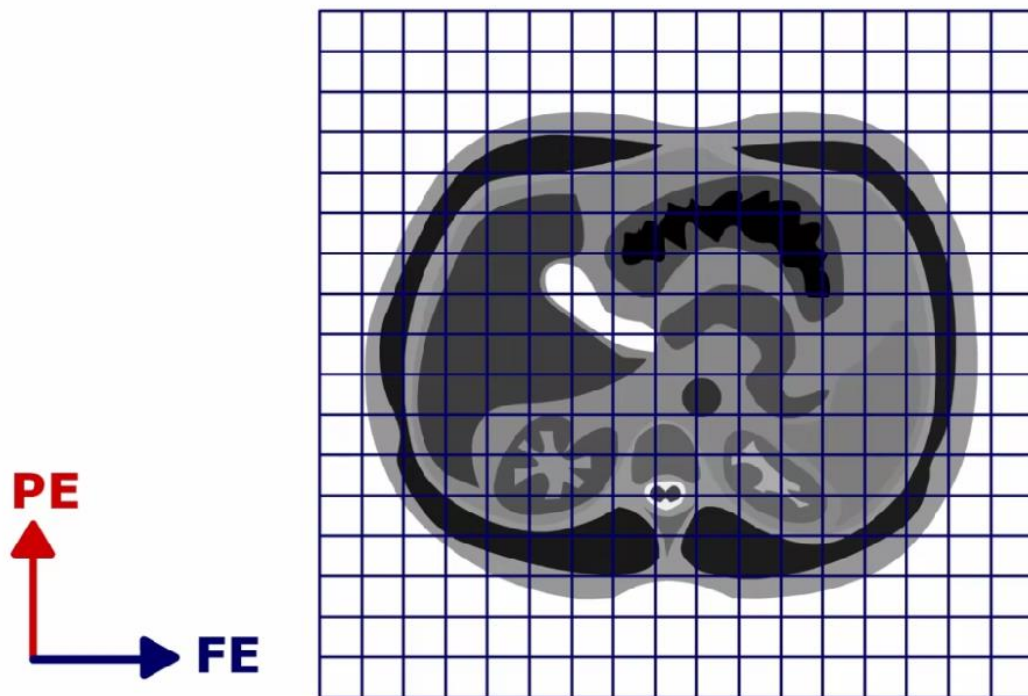
Fuente: (27).

Para poder lidiar con los artefactos producidos, existen diversos métodos, entre las cuales, poder intercambiar las direcciones de codificación de frecuencia y de fase, para que la dirección de codificación de fase se oriente en la dimensión más corta de la parte del cuerpo a la imagen. La ventaja, radica en que dicha orientación,

hace posible el uso de una matriz rectangular que tiene menos pasos de codificación de fase, pero mantiene la misma resolución espacial, pudiendo modificar diversos artefactos de imagen (27).

El aliasing no se produce cuando el FOV abarca por completo la parte del cuerpo que se está explorando, en dirección de codificación de base. Aunque cuando se aumenta el FOV y se mantiene la misma resolución espacial, se necesita un aumento en el número de pasos de codificación de fase, teniendo una penalización en el tiempo de adquisición (27).

Figura 11: Soluciones de Aliasing



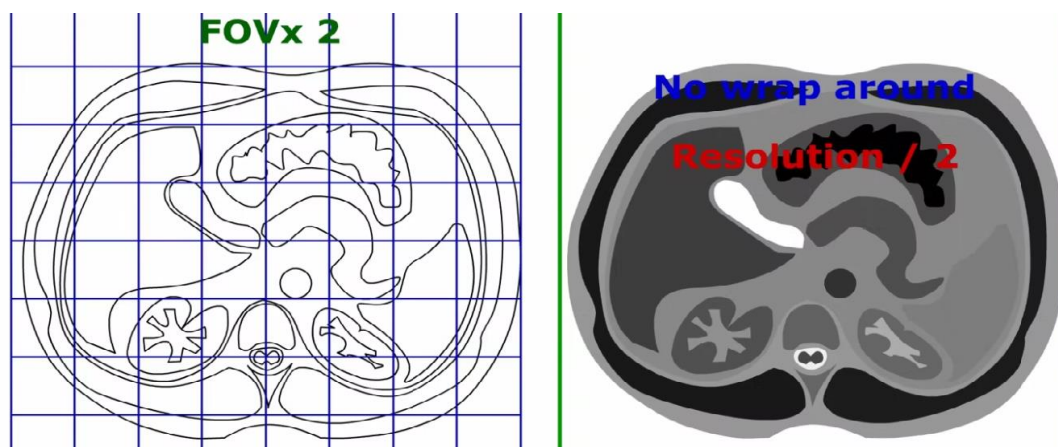
Fuente: (27).

El aliasing no se produce cuando el FOV abarca por completo la parte del cuerpo que se está explorando, en dirección de codificación de base. Aunque cuando se aumenta el FOV y se mantiene la misma resolución espacial, se necesita un aumento en el número de pasos de codificación de fase, teniendo una penalización en el tiempo de adquisición (27).

El método para la eliminación o ajuste de aliasing, sin que se penalice la resolución espacial, pero que se relaciona con el ruido y la señal reducida, se lleva a cabo siguiendo estos pasos:

- Duplicación de FOV en la dirección de codificación de fase.
- Duplicación del número de pasos de codificación de fase 8 para lograr mantener una misma resolución espacial).
- Reducir a la mitad el número de promedios (de esta manera se mantiene el mismo tiempo de escaneo, mientras se va reduciendo la relación de ruido y señal).
- Visualización de la imagen en el FOV que se define por el usuario (27).

Figura 13: Eliminación de Aliasing



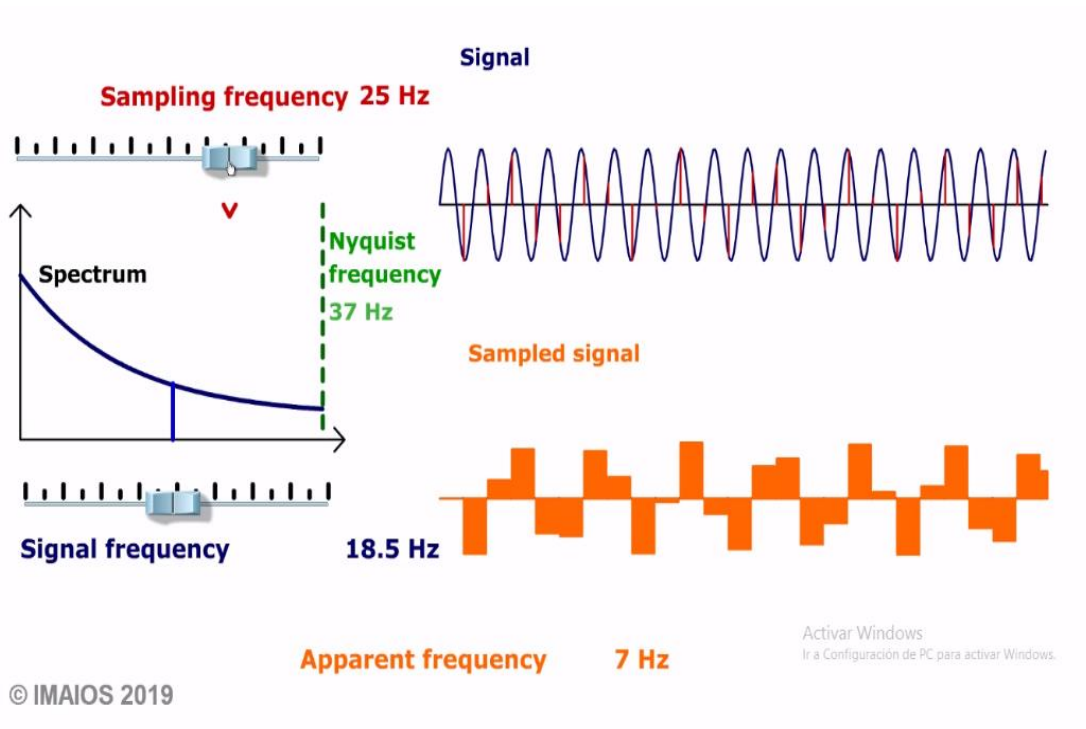
Fuente: (27).

### 1.2.5 Aliasing en la dirección de codificación de frecuencia

Wrap around puede surgir, también en la dirección de codificación de frecuencia, donde una señal con frecuencia alta se puede mal interpretar como si se tratara de una señal de baja frecuencia debido a que existe un muestreo inadecuado.

Para que esto se pueda evitar, el alias de frecuencia, la velocidad de muestreo de la señal de RM se deben realizar dos veces con mayor rapidez que la frecuencia más alta que se espera obtener, dicha frecuencia de muestreo crítica, es denominada frecuencia de Nyquist (27).

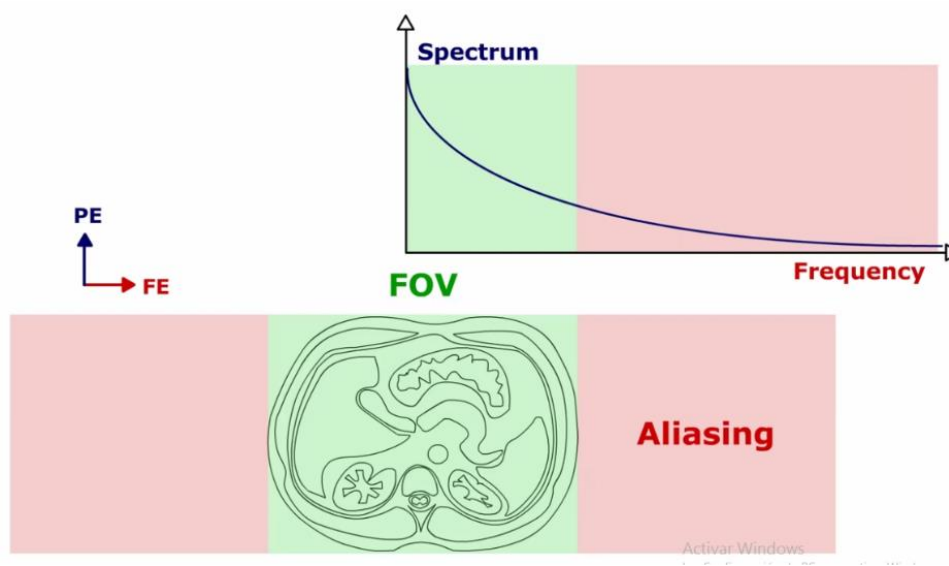
Figura 14. Aliasing en la dirección de codificación de frecuencia



Fuente: (27).

Dentro de los escáneres de RM más modernos, el alias de frecuencia, es eliminado a través de un sobremuestreo de datos, mediante la digitalización de la señal RM, o cuando se usa un filtro de paso de banda que elimina las frecuencias de mayor altitud. Dichos métodos, no se penalizan en cuanto al tiempo de escaneo, o la calidad de las imágenes (27).

Figura 15. Escaneos RM



Fuente: (27).

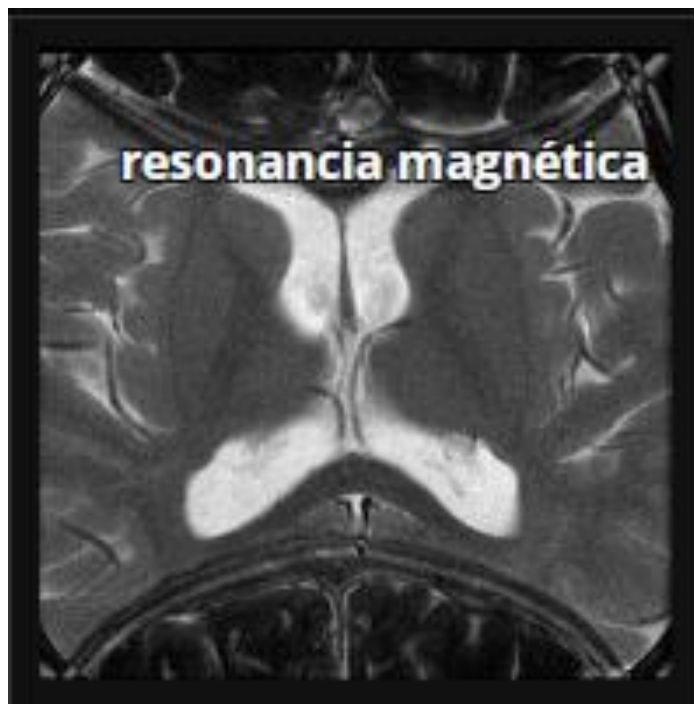
El aliasing en RM es un artefacto encontrado frecuentemente dentro del campo de visión, por ende, es más pequeño que la parte del cuerpo de la que se toma la imagen. Entiéndase, que la parte del cuerpo que se ubica más allá del borde del FOV es proyectada en el otro lado de la imagen. (28).

Esta situación se puede corregir, haciendo un sobremuestreo de los datos, direccionados hacia la frecuencia, lo que permite se haga un muestreo de la señal con el doble de rapidez. Direccionado hacia la fase, donde el número de pasos de codificación de fase debe incrementarse con un estudio más largo.

Aunque, cuando se aumenta el FOV y el tamaño de la matriz, también se reduce a la mitad, el número de promedios de señal, y el tiempo de formación de imágenes se puede mantener constante usando la corrección de aliasing (28).

En las figuras 16 y 17, se observan imágenes axiales ponderadas en T2 del cerebro que muestran aliasing. Donde en la primera puede observarse una imagen envolvente con la parte posterior de la cabeza, que se proyecta sobre la parte frontal, debido a que la dirección de codificación de fase es anteroposterior y el FOV es muy pequeño. En la segunda imagen, se tienen las direcciones de fase y frecuencia invertidas, lo que genera como resultado, la ausencia del artefacto de aliasing. Fue usando sobre muestreo en la dirección de fase para eliminar el aliasing (28).

Figuras 16: T2 axial



Fuente (28)

Figuras 17: T2 axial



Fuente (28).

La base del aliasing, consiste en una conversión de analógico a la digital, donde la señal de RM se mantiene captada por la bobina del receptor, convirtiéndose en el equivalente digital para su presentación como una imagen en escala de grises. En esto se implica de forma ubica el muestreo de la señal continua en intervalos previamente definidos (29).

Para lograr una mayor fidelidad en la conversión de la señal, la tasa del muestreo tiene que ser por lo menos del doble de la frecuencia más alta en la señal, que representa la tasa Nyquist. Debido que, a tasas de muestreo más bajas, las señales de alta frecuencia son prácticamente indistinguibles de las señales de frecuencia baja, convirtiéndose en aliasing (28).

En la RM la localización espacial de una imagen única, depende de la firma de frecuencia de la señal de RM, que tiene su origen en dicha porción. En un ancho de banda específico, las señales de frecuencia más altas, provienen de la periferia de la imagen, y se les asigna un alias sobre la parte central de frecuencia más baja de la imagen. Donde el aliasing en RM surge en el eje de fase y en el de frecuencia (29).

El aliasing en RM se puede solucionar implementando:

- Ampliación del campo de visión FOV
- Usando bandas de presaturación en áreas externas del FOV
- Software de suavizado
- Cambiar las direcciones de fase y frecuencia
- Usar una bobina de superficie para reducir la señal fuera del área de interés (29).

## 2. Planteamiento del problema

En el área de radiología, los artefactos en imágenes de la resonancia magnética son unos de los problemas más comunes, que suelen enfrentar los técnicos y médicos para visualizar las partes anatómicas con osteosíntesis y de esta forma la dificultad de interpretar es mayor. La forma del implante como las placas, cerclajes, tornillos y clavos generan menos distorsión que las prótesis esféricas, empero, con la adecuada corrección se pueden evaluar. Los estudios de RM en los pacientes con material de (MOS) derivan en imágenes de pobre calidad secundarias a artefactos susceptibilidad magnética. Los metales son sustancias ferromagnéticas que ocasionan heterogeneidades en el campo magnético que afectan la señal de los tejidos (30).

Dependiendo del metal y de su localización, como en el caso de los materiales de osteosíntesis (MOS) que suelen verse de forma diferentes por sus componentes, apoyándose de protocolos y la secuencia Wrap en RM para la disminución de este artefacto. A partir de la existencia de la radiología en el año 1896, esta sea usado para el diagnóstico y visualización de nuestro interior, por lo que a lo largo del tiempo los ortopedistas, han determinado que la radiología es indispensable para visualizar sus resultados postquirúrgicos, con control de Rx, visualización en fluoroscopia en cirugía, la tomografía y la resonancia magnética.

Es de esta manera que se considera la existencia de metales compatibles y metales que pueden ser peligrosos para este tipo de prueba médica RM, ya que existen secuencias y protocolos por resonancia magnética que hacen posible la disminución de artefactos por susceptibilidad magnética en los pacientes con material de osteosíntesis (MOS), que recalcan la importancia de esta modalidad de imagen, y que concluyen que los estudios por RM en pacientes con material de osteosíntesis resultan en imágenes de pobre calidad secundario o artefactos de susceptibilidad magnética.

Con esta investigación se pretende responder a la siguiente pregunta:

**¿Usar las secuencias de WRAP en las RM de pacientes con osteosíntesis permiten obtener imágenes de alta calidad con las que se determine de manera efectiva un diagnóstico?**

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Describir los principales beneficios causados por el uso de las secuencias de WRAP en las RM de pacientes con osteosíntesis para obtener imágenes de alta calidad con las que se determine de manera efectiva un diagnóstico.

#### **3.2 Objetivos Particulares**

- Especificar el progreso y necesidad de la realización de exploraciones en los pacientes con material de osteosíntesis a través de técnicas precisas de resonancia magnética que incluyen secuencias de Wrap.
- Determinar la importancia de que, en un examen con material de osteosíntesis, los radiólogos sean eficientes, para conducirse con objetividad y profesionalismo conociendo las diversas secuencias que permitan modificar las variables de equipo que hagan posible definir el diagnóstico.
- Destacar las secuencias Wrap en RM que puede ser eficientes y prácticas para los pacientes con material de osteosíntesis, en los que se sospechan complicaciones con la finalidad de reconocer a esta secuencia como una alternativa para esta problemática.

## **4. Materiales y métodos**

### **4.1 Diseño del estudio**

Se llevará a cabo un estudio del tipo documental y descriptivo, pues se puntualizarán las características del fenómeno de estudio, para así determinar las principales características del uso de la secuencia Wrap en Resonancia Magnética (RM) en los pacientes con material de osteosíntesis.

### **4.2 Ubicación espacio-temporal**

El periodo de estudio correspondiente es de los meses de marzo a junio del 2022.

### **4.3 Estrategia de trabajo**

Descripción del estudio: Se recopilará información adecuada sobre la implementación de Wrap en Resonancia Magnética (RM) en los pacientes con material de osteosíntesis, se realizará una recopilación de estudios de los pacientes, firmando previamente un consentimiento informado para el análisis de la información requerida y así aportar información novedosa sobre el uso de Wrap en RM.

### **4.4 Muestreo**

El universo de estudio se compone de pacientes con material de osteosíntesis de entre 18 a 50 años de edad, en el periodo de estudio de abril del 2022 a junio del 2022.

#### **4.4.1 Definición de la unidad de población**

La unidad de estudio son los pacientes con material de osteosíntesis en los que se ha implementado Wrap en Resonancia Magnética, en el periodo de estudio de abril del 2022 a junio del 2022.

#### **4.4.2 Selección de la muestra**

Los sujetos de estudio serán pacientes hombres y mujeres mayores de 18 años con Osteosíntesis, en el periodo de estudio de abril del 2022 a junio del 2022.

#### **4.4.3 Criterios de selección de las unidades de muestreo**

##### ***4.4.3.1 Criterios de inclusión***

- Hombres y mujeres mayores de 18 años con Osteosíntesis.
- Pacientes con Wrap en Resonancia Magnética (RM) con material de osteosíntesis.
- Pacientes con consentimiento informado.

##### ***4.4.3.2 Criterios de exclusión***

- Hombres y mujeres con osteosíntesis menores de 18 años.
- Pacientes sin Wrap en Resonancia Magnética (RM) con material de osteosíntesis.
- Pacientes sin consentimiento informado

#### **4.4.3.3 Criterios de eliminación**

Estudios con imágenes de RM poco definidas.

#### **4.4.4 Diseño y tipo de muestreo**

Esta investigación se desarrolla con un muestreo no probabilístico, pues se selecciona una muestra basada en la disponibilidad de los pacientes.

#### **4.4.5 Tamaño de la muestra**

Muestra no especificada, sujeta a los pacientes hallados en el periodo de estudio de abril del 2022 a junio del 2022.

#### **4.5 Definición de las variables y escalas de medición**

<b>Variable</b>	<b>Escala de Medición</b>
<b>Edad</b>	Cuantitativa 1. Años cumplidos
<b>Sexo</b>	Cualitativa nominal 1. Femenino 2. Masculino
<b>Osteosíntesis</b>	1. Positivo 2. Negativo
<b>RM con Wrap</b>	Cualitativa nominal 1. Positivo 2. Negativo

#### **4.6 Método de recolección de datos**

Se seleccionarán los pacientes con diagnóstico de osteosíntesis a través de RM con secuencia Wrap, se solicitará el consentimiento informado para el uso de la información correspondiente.

Posteriormente serán analizados, para su clasificación y análisis que determine la utilidad e importancia de la misma en el material de osteosíntesis.

#### **4.7 Técnicas y procedimientos**

El procedimiento a realizar, consistirá en la recopilación de estudios de secuencia Wrap en RM de pacientes con material de osteosíntesis, que aportarán información relevante, para la determinación de su utilidad e importancia.

#### **4.8 Análisis de datos**

Los datos recopilados serán analizados a través del programa estadístico IBM SPSS Statics, con lo que se obtendrán las frecuencias de resultados en estudios de secuencia Wrap en RM de los pacientes con material de osteosíntesis.

#### **4.9 Diseño estadístico**

Los datos recopilados serán analizados a través del programa estadístico IBM SPSS Statics, con lo que se obtendrán las frecuencias de resultados en estudios de secuencia Wrap.

## 5. Resultados

Las técnicas de reducción de artefactos, corresponden a técnicas de supresión de metal, mismas que consisten en un aumento en el ancho de banda del receptor, cortes de sección delgados, aumento de la matriz y de la longitud del tren de ecos.

A través del término MARS, se les puede caracterizar, sin embargo, en cada tipo, se llevan a cabo adaptaciones a la secuencia base, y se les otorga una nomenclatura más específica.

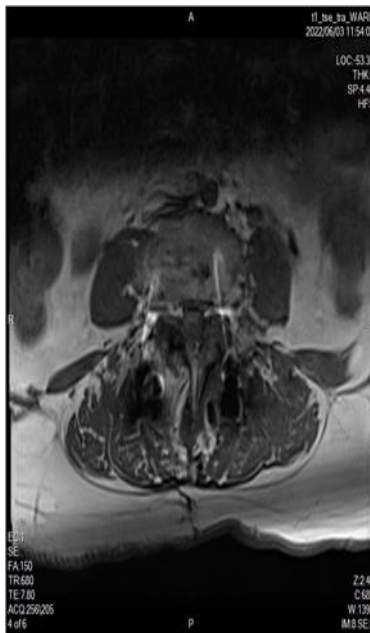
En donde entre las más conocidas, se encuentra la secuencia WRAP.

En el periodo comprendido del mes de marzo al mes de junio del 2022, se obtuvieron imágenes de 4 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, mismos que sirvieron para ejemplificarlos cambios en la imagen por RM cuando se utiliza la secuencia WRAP, mismos que se describen a continuación.

Se presentan imágenes de RM con secuencia WRAP aplicados en 4 pacientes diferentes: paciente masculino de 65 años, paciente masculino de 42 años de edad, paciente femenina de 51 años de edad y una paciente femenina de 49 años de edad.

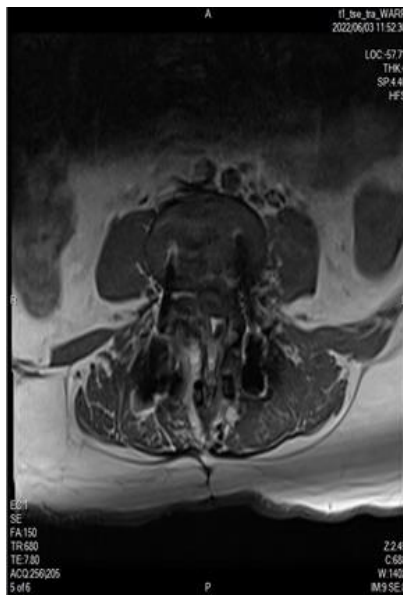
Resonancia magnética de paciente masculino de 65 años, en las figuras 18 y 19 se puede observar un corte axial, en donde el material de osteosíntesis demostrando tornillos transpediculares a nivel L2 y aplicando la secuencia Wrap y tener un adecuado estudio de cada imagen para su mejor interpretación.

Figura 18. Imágenes de RM corte axial



Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS,  
Puebla..

Figura 19. Imágenes de RM corte axial



Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS,  
Puebla.

En las figuras 20 y 21 del paciente masculino de 65 años, se observa un corte sagital en donde puede notarse el mismo material de osteosíntesis, pero des una mejor perspectiva, en donde se ha disminuido el ruido a través de la aplicación de la secuencia Wrap.

Figura 20. Imágenes de RM corte sagital



Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS,  
Puebla.

Figura 21. Imágenes de RM corte sagital

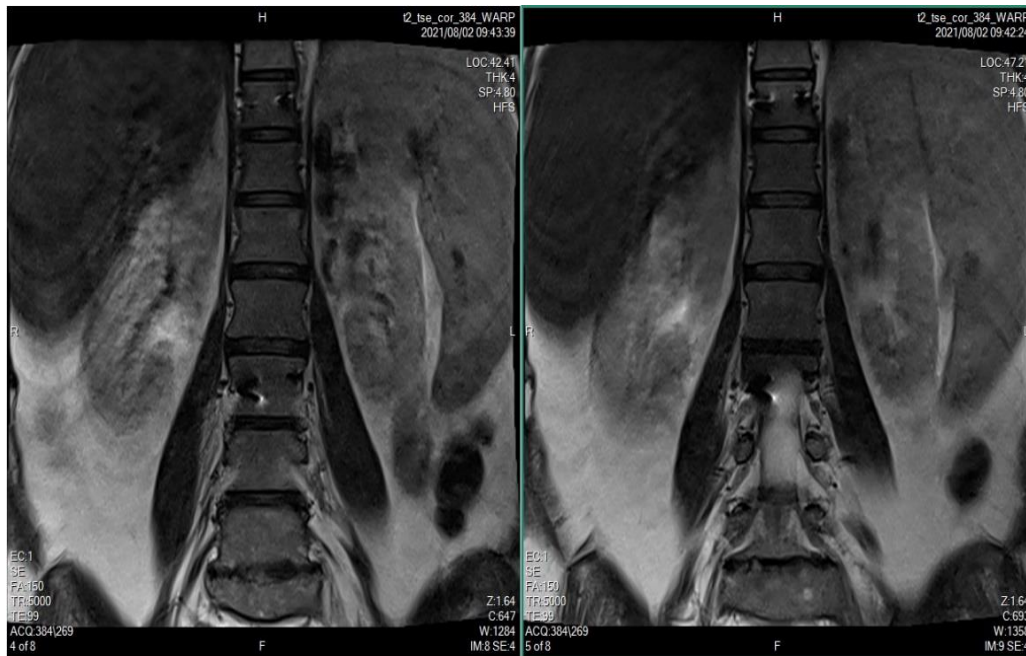


Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS, Puebla.

Las figuras 22, 23 y 24 corresponden a un paciente masculino de 42 años de edad, en donde se observa un corte coronal, axial, y sagital a nivel lumbar y dorsal de la T11 y L3, y su barra estabilizadora.

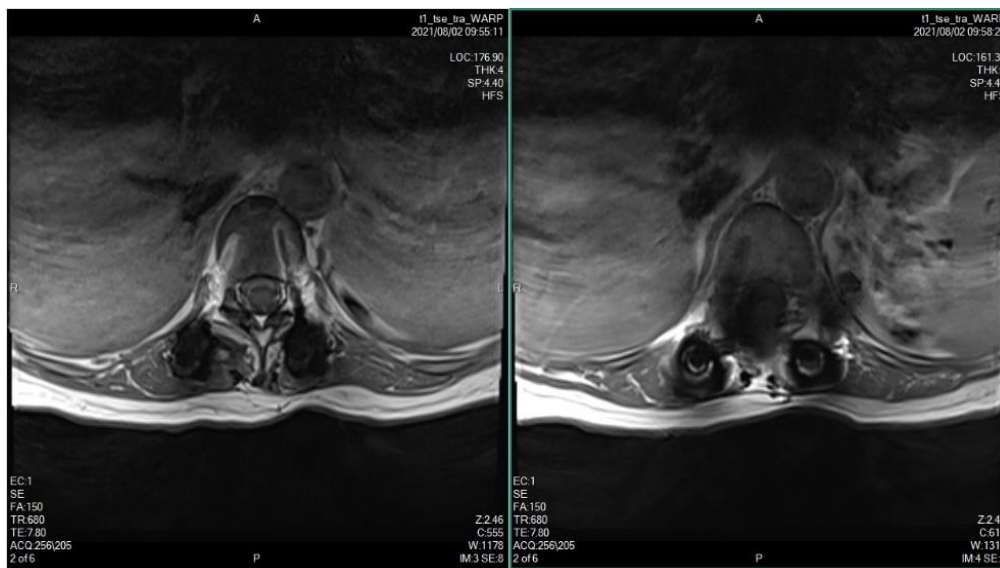
Es indispensable recordar que la secuencia Wrap no se utiliza únicamente en material de osteosíntesis, puesto que, para estudiar mejor la anatomía en una RM, la aplicación de esta secuencia mejora considerablemente la calidad de la imagen, permitiendo una mejor interpretación visual.

Figuras 22. Imágenes de RM corte coronal



Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS, Puebla.

Figura 23. Imágenes de RM corte axial



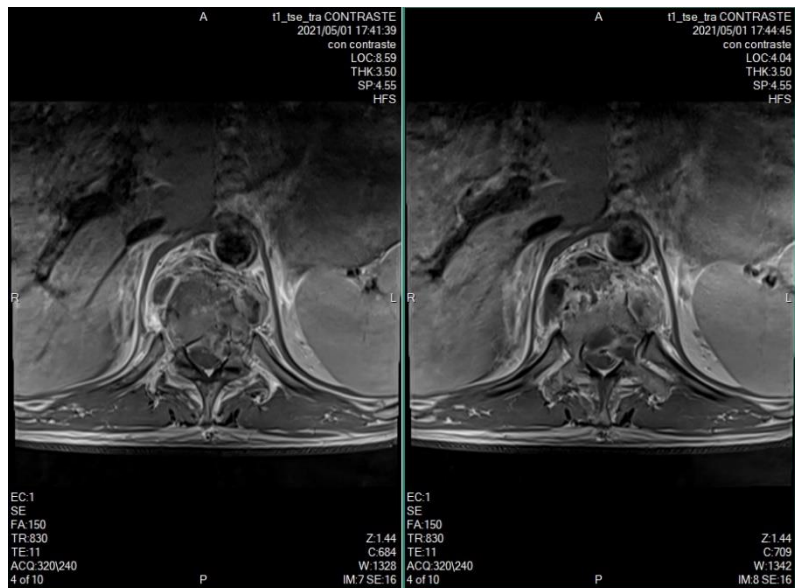
Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS, Puebla.

Figura 24. Imágenes de RM corte axial



Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS,  
Puebla.

Figura 25. Imágenes de RM corte axial



Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS,  
Puebla.

Figura 26. Imágenes de RM corte sagital



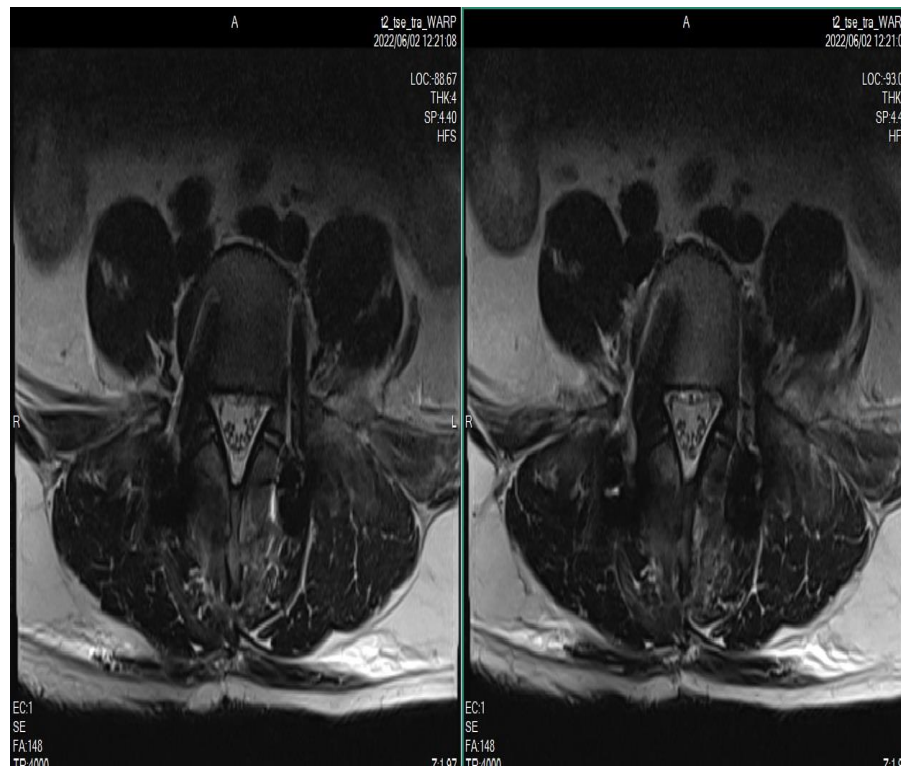
Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS, Puebla.

En las figuras 25 y 26 se observan las imágenes de RM de una paciente femenina de 51 años de edad, se observa un corte axial y sagital, administrando medio de contraste, donde se pudo acortar predominantemente el T1 que se observa brillante y en altas concentraciones, mientras que el T2 se ve más oscuro.

Se demuestra la eficacia en el uso de la secuencia Wrap debido a que esta cuenta con cero efectos adversos, por lo que se considera el contraste ideal para los estudios de resonancia magnética, aplicando secuencia Wrap para no alterar el ruido.

Paciente masculino de 63 años de edad en donde se muestra aplicada la secuencia Wrap en la figura 27 con un corte axial, figura 28 sagital y figuras 29 y 30 en un corte coronal. En donde se muestra material de osteosíntesis como los tornillos transpediculares a nivel lumbar en la L5 y S1.

Figura 27. Imágenes de RM corte axial



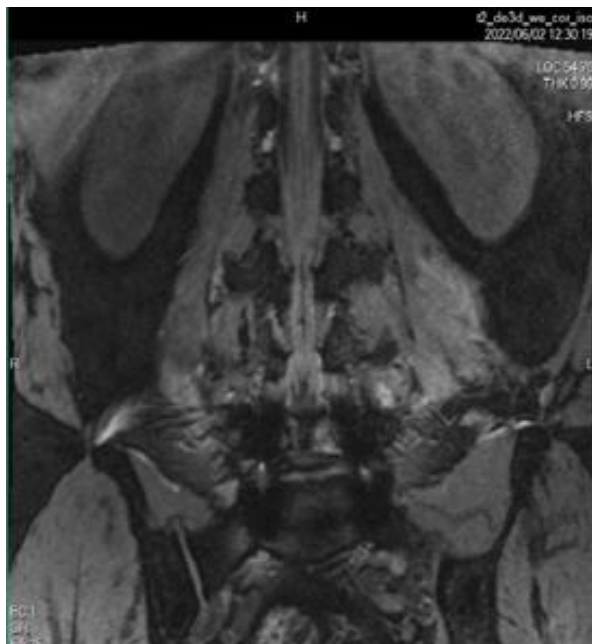
Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS, Puebla.

Figura 28. Imágenes de RM corte sagital



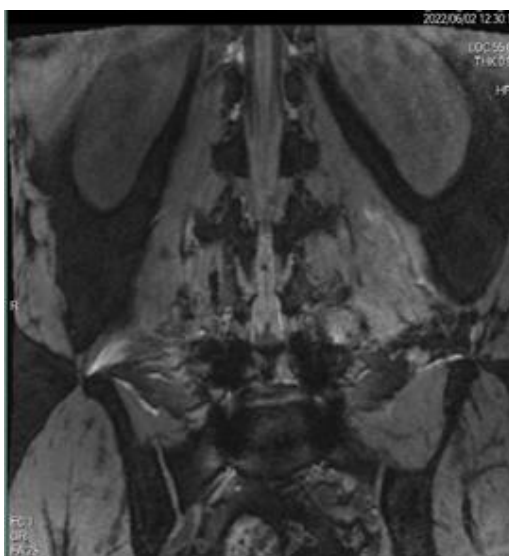
Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS, Puebla.

Figura 29. Imágenes de RM corte coronal



Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS, Puebla.

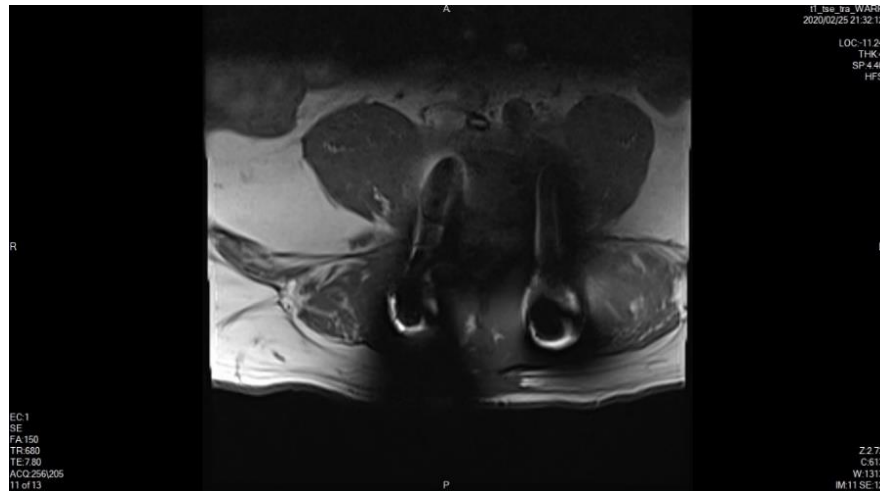
Figura 30. Imágenes de RM corte coronal



Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS, Puebla.

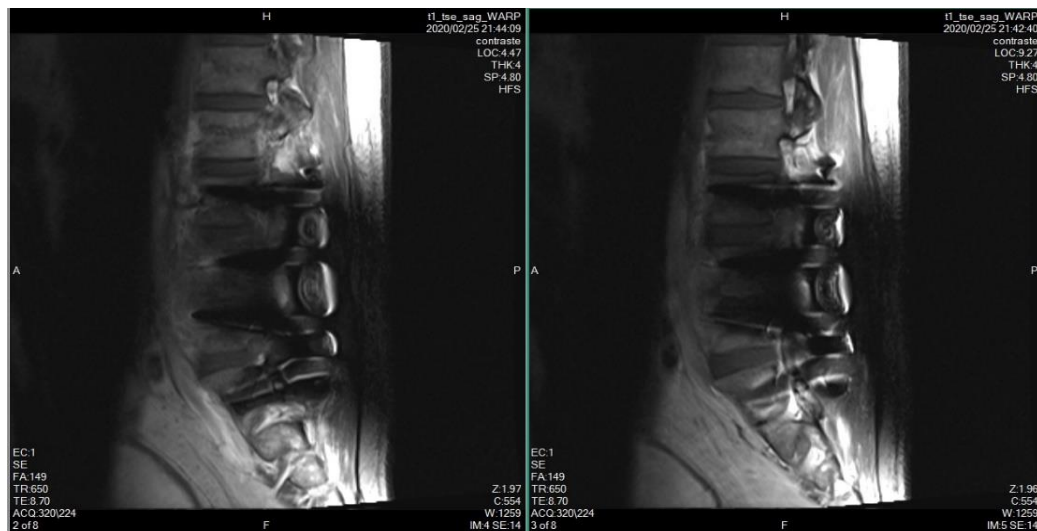
En las figuras 31, 32 y 33 pueden observarse las imágenes de una paciente femenina de 49 años de edad, en donde se muestran sus 4 niveles de tornillos traspediculares en cortes axial, sagital y coronal.

Figura 31. Imágenes de RM corte axial



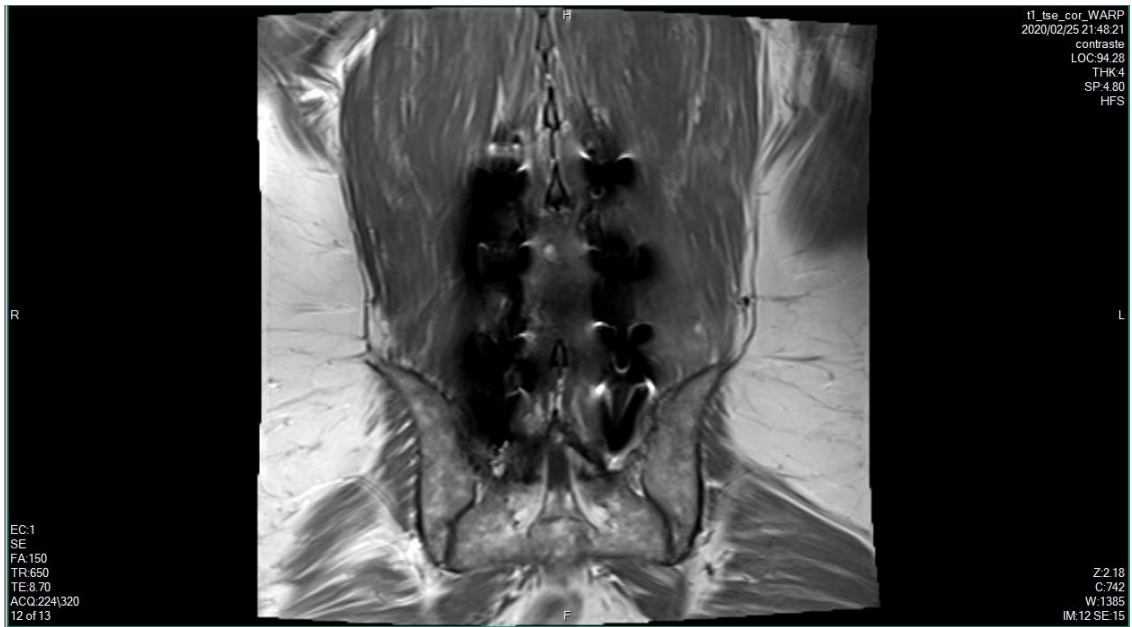
Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS, Puebla

Figura 32. Imágenes de RM corte sagital



Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS, Puebla

Figura 33. Imágenes de RM corte coronal



Fuente: Archivo digital del servicio de Radiología de la UMAE HTO IMSS,  
Puebla

## 8. Discusión

A lo largo de esta investigación, se ha podido descubrir el artefacto por superposición o wrap around, se puede producir direccionado a la codificación de la fase, dirigido a la codificación de las frecuencias y en la selección de corte en las técnicas 3D. Las estructuras que se sitúan por fuera del campo de visión se superponen en el lado opuesto de la imagen (25).

Se revisaron imágenes de pacientes, en donde se aplicó una secuencia wrap exitosa, tras haber tenido fallos en las primeras imágenes de RM. En los pacientes con material de osteosíntesis con la secuencia Wrap, se optimizan los parámetros de MARS, pero se incluye un principio con una serie de ángulos de inclinación de visión también conocidos como VAT. A través de VAT, se minimiza la distorsión, pues se altera un gradiente de lectura, es que dado por el ángulo 0.

Hace posible la reducción del apilamiento, y la pérdida de señal, lo que induce a la borrosidad. Se aplica un gradiente adicional en la lectura de la señal que se dirige a la selección de la sección, mismo que resulta en un efecto de cizallamiento en los pixeles que interesan.

Esta situación, permite que la sección se vea como si hubiera un poco de inclinación. Cabe mencionar, que, en los pacientes seleccionados para la demostración de resultados, se usa un resonador de 1,5T sobre el 3T por ende, el uso del protocolo WRAP se ve limitado a su uso en un bajo número de pacientes. Genera imágenes de alta calidad, con un nivel tolerable de artefactos.

## 9. Conclusión

Cabe concluir que cuando se lleva a cabo una resonancia magnética (RM) en pacientes con material de osteosíntesis, debe mantenerse un tiempo prudente para poder enfrentar los retos de cada grupo de pacientes y de esta manera combinar técnicas para disminuir el artefacto.

Es importante recalcar que no existen imágenes libres de artefactos metálicos, aunque a través de la introducción de nuevas técnicas, es posible reducir el efecto de éstos para poder brindar un diagnóstico y un tratamiento oportuno.

Las RM son herramientas no invasivas para el diagnóstico de los pacientes, tanto en el diagnóstico como en la severidad de las reacciones adversas a partículas metálicas. Los radiólogos tienen que familiarizarse con los algoritmos que se recomiendan para los radiólogos, aplicando adecuadamente la secuencia reductora de artificios de aliasing,

Es indispensable que se aumente el campo de visión de lectura para que ninguna estructura se ubique por fuera, evitando el artefacto. Se usan antenas de superficie adecuadas a la zona de estudio. Los pulsos de saturación que se envían a las estructuras que se sitúan por fuera del campo de visión de interés antes de la secuencia de pulsos, donde se logren saturar los espines.

Con esta técnica se puede conllevar al aumento del tiempo de repetición, logrando aumentar de esta forma el tiempo de estudio, y se reduce el número de cortes. Entendiendo que en aquellos casos en que el artefacto únicamente se produzca en una dirección de la fase, puede cambiarse la dirección de la fase, logrando evitar de esta forma el artefacto.

## 10. Bibliografía

- 1) Recondo, J. A. (2019). *Resonancia Magnética en el Tobillo-Pie*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- 2) Torsten B. Möller, E. R. (2018). *Resonancia Magnética del Sistema Musculoesquelético: Atlas con correlación anatómica*. España: Editorial Medica Panamericana Sa de Cv.
- 3) González, L. S. (2017). *Fundamentos de la técnica de imagen por resonancia magnética*. Barcelona: Síntesis.
- 4) Poole, C. P., & Farach, H. A. (2017). *Teoría de la resonancia magnética*. Argentina: Reverte.
- 5) Martínez, Vargas, Iering Josseran. (2021). *Adquisición y procesamiento de imágenes*. Universidad La Salle Victoria. Licenciatura en Ingeniería Biomédica.
- 6) Sartori, P.; Rozowykniat, M.; Siviero, L.; Barba, G.; Peña, A.; Mayol, N.; Acosta, D.; Castro, J.; Ortiz, A. (2015). *Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética*. Revista Argentina de Radiología, vol. 79, núm. 4, octubre-diciembre, pp. 192-204 Sociedad Argentina de Radiología Buenos Aires, Argentina
- 7) Al-Shakhrah I, Al-Obaidi T. 2003 *Common artifacts in computerized tomography: a review*. Applied Radiology; 32:25---32.
- 8) Stadler A, Schima W, Ba-Ssalamah A, Kettenbach J, Eisenhuber E. (2007). *Artifacts in body MR imaging: their appearance and how to eliminate them*. Eur Radiol; 17:1242---55.
- 9) Dillesenger J, Moerschel E. (2012). *Manual para técnicos radiólogos*. Cuando la teoría enriquece la práctica. Buenos Aires: Journal.

- 10) Mazas, Artasona, Luis. (2014). *Artefactos por superposición en el sentido de la codificación por la fase imágenes de TRM.* (Wrap Around artifacts in MRI Aliasing). El baúl radiológico <http://www.elbauradiologico.com/2014/08/artefactos-por-enrollamiento-en-el.html>.
- 11) P. Sartori M. Rozowykniat, L. Siviero, G. Barba., A. Peña N., Mayol. Acosta, J. Castro, A. Ortiz. (2015). *Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética.* Revista Argentina de Radiología. Volume 79, Issue 4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048761915000794>
- 12) J. Barret, N. Keat. (2004). *Artefactos en TC: reconocimiento y evitación.* Radiografías., 24, págs. 1679 – 1691.
- 13) Dillesenger J, Moerschel E. (2012). *Manual para técnicos radiólogos.* Cuando la teoría enriquece la práctica. Buenos Aires: Diario.
- 14) M. Hofer. (2008). *Aplicación de medios de contraste.* M. Hofer (Ed.), Manual práctico de TC: introducción a la TC., Panamericana, Madrid, págs. 19 – 21
- 15) FE Boas, D. Fleischmann. *Artefactos de TC: causas y técnicas de reducción.* Imagenología Med., 4 (2012), págs. 229 - 240
- 16) Subia, J. C., & Jerez, J. A. (2021). *Resonancia Magnética Dirigida a Técnicos Superiores En Imagen Para El Diagnóstico.* España: Elsevier Health Sciences.
- 17) I. Al-Shakhrah, T. Al-Obaidi. (2003). *Common artifacts in computerized tomography: a review.* Applied Radiology., 32, pp. 25-32
- 18) Dillesenger J, Moerschel E. (2012). *Manual para técnicos radiólogos.* Cuando la teoría enriquece la práctica. Buenos Aires: Journal.

- 19) Pusey E, Lufkin RB, Brown RK et-al. (1986). *Artefactos de resonancia magnética: mecanismo y significado clínico*. Radiografías;6 (5): 891-911. Radiografías (resumen) - cita de Pubmed
- 20) J. Barret, N. Keat. (2004). *Artifacts in CT: recognition and avoidance*. *Radiographics.*, 24, pp. 1679-1691. <http://dx.doi.org/10.1148/rg.246045065>
- 21) Hood MN, Ho VB, Smirniotopoulos JG, Szumowski J. (1999). *Chemical shift: the artifact and clinical tool revisited*. Radiographics; 19:357---71.
- 22) Estrada, Castrillón, M., Isaza zapata, S., Osorio Restrepo, S., Prada Gómez, V., Flórez Leguía, M., Marulanda, Álvarez, J. (2017). *Secuencias para Reducción de Artefactos Metálicos por Material de Osteosíntesis en Resonancia Magnética*. Experiencia en el Hospital Pablo Tobón Uribe. [https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Estrada-4/publication/321135082\\_METAL\\_IN\\_MRI/links/5a0f0efe458515de032aa1b6/METAL-IN-MRI.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Estrada-4/publication/321135082_METAL_IN_MRI/links/5a0f0efe458515de032aa1b6/METAL-IN-MRI.pdf)
- 23) M. Hofer. (2014). *Aplicación de medios de contraste*. Manual práctico de TC: introducción a la TC., pp. 19-21
- 24) Sartori, M., Rozoxykniat, M., Siviero, L., barba, G., Peña, A., Mayol, N., Acosta, D., Castro, J., Ortíz, (2015). *A. Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética*. Vol. 79. Núm. 4. pp.192-204. 2015. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-argentina-radiologia-383-articulo-artefactos-artificios-frecuentes-tomografia-computada-S0048761915000794#bib0120>
- 25) Rodríguez, García, D., Núñez. Moreno, L. (2021). *Artefactos en RM*. Resonancia magnética dirigido a técnicos superiores. <https://docer.com.ar/doc/s0x1811>
- 26) IMAIOS. (2018). *Resonancia Magnética electrónica*. Calidad de imagen y artefactos. <https://www.imaios.com/en/e-Courses/e-MRI/Image-quality-and-artifacts/aliasing>

- 27) Kaur P, Senthil Kumaran S, Tripathi R, Khushu S, Kaushik S. (2007). *Artefactos de error de protocolo en MRI: Fuentes y remedios revisados*. Radiografía. 2007;13(4):291-306. [doi:10.1016/j.radi.2006.03.011](https://doi.org/10.1016/j.radi.2006.03.011)
- 28) Yeung, J., Macori, F. (2022). *Aliasing en resonancia magnética*. Artículo de referencia, Radiopaedia.org. <https://doi.org/10.53347/rID-15691>
- 29) G-scan Brio. (2020). *Manual de calidad de imagen y secuencias 350003040*  
Rev. 05. Esaote S.p.A. Génova.  
[https://eifu.esaote.com/fileadmin/Manuals/MRI/spanish/G-scan\\_Brio\\_Manual\\_Calidad\\_de\\_la\\_Imagen\\_y\\_Secuencias\\_R05\\_EVO20.pdf](https://eifu.esaote.com/fileadmin/Manuals/MRI/spanish/G-scan_Brio_Manual_Calidad_de_la_Imagen_y_Secuencias_R05_EVO20.pdf)