



## Desarrollo de un dispositivo localizador sensorial para el bloqueo distal de clavo intramedular

## Development of a sensorial localizing device for the distal lock of intramedullary nail

Mario Gómez-García<sup>1</sup>, Rubén Salas-Cabrera<sup>1</sup>, José Federico Chong-Flores<sup>1</sup>, Samuel Mar-Barón<sup>1</sup>, Gabriela Arenas-Hernández<sup>1</sup>, Carlos Arturo Aguilar-Díaz<sup>1</sup>, Mario Guadalupe Gómez-Macías<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tamaulipas, México.

---

Recibido: 10-11-2017  
Aceptado: 05-12-2017

Autor corresponsal: **Mario Gómez-García** mariogg\_19@hotmail.com

DOI: 10.63728/riisds.v3i1.294

## **RESUMEN:**

Este artículo da a conocer el desarrollo de un dispositivo que facilitará el trabajo de especialistas en Traumatología y Ortopedia en la Técnica Quirúrgica de colocación de un clavo intramedular en la fractura de un hueso largo (fémur), que le permitirán la localización de los orificios para bloqueo distal en clavos intramedulares por métodos magnéticos, ante la ausencia de intensificadores de imágenes. Este dispositivo se propone para la localización de orificios distales de clavos huecos pernaados tales como: Targon Universal, Osteo, entre otros. Los objetivos de este dispositivo son: reducir el tiempo de recuperación de los pacientes, reducción del tiempo de uso del quirófano así mismo reducción considerable a la exposición del equipo quirúrgico a los rayos X. El dispositivo está dirigido a los hospitales que no cuentan con los recursos suficientes para la adquisición de equipo especializado para esta Técnica. La metodología se inicia conociendo las diferentes técnicas y tratamientos quirúrgicos de las fracturas (fémur). Se Analizaron las dificultades que tiene el cirujano traumatólogo al realizar una operación de fémur y tener que bloquear distalmente; se investigó el método de localización de orificios donde se insertarán los tornillos de bloqueo. Como resultado del desarrollo, se han realizado pruebas con huesos reales y simulaciones de músculo, obteniendo una exactitud del 99% al localizar el orificio del clavo intramedular y con este dispositivo se pretende reducir el tiempo de la intervención quirúrgica hasta un 50%. Concluimos que el grado de aceptación que se alcanzará en el sector salud será favorable.

## **Palabras Clave:**

Clavos Intramedulares, Orificios de Clavos Intramedulares, Fracturas, Bloqueo Distal Tornillos Distales.

## **Abstract:**

This article presents the development of a device that facilitates the work of specialists in Traumatology and Orthopedics in the Surgical Technique of placement of an intramedullary nail in the fracture of a long bone (femur) that will allow the location of the holes for distal locking in intramedullary nails by magnetic methods, in the absence of image intensifiers, this device is proposed for the location of distal holes of pierced hollow nails such as Targon Universal, Osteo, among others. The objectives of this device are: to reduce the recovery time of the patients, reduction of the time of use of the operating room as well as a considerable reduction in the exposure of the surgical team to X-rays. This device is aimed at hospitals that do not have the sufficient resources for the acquisition of specialized equipment for this Technique. The methodology begins by knowing the different techniques and surgical treatments of the fractures (femur). The difficulties encountered by the trauma surgeon in performing a femur operation and having to block distally were investigated. The method of locating holes where the locking screws were inserted was investigated. As a result of the development, tests have been performed with real bones and muscle simulations, obtaining an accuracy of 99% when locating the nail of the intramedullary nail and with this device is intended to reduce the time of the surgical intervention up to 50%. The degree of acceptance that will be achieved in the health sector will be favorable.

**Key Words:**

Intramedullary Nails, Intramedullary Nail Bores, Fractures, Distal Lock Distal Bolts.

**INTRODUCCIÓN**

La utilización de clavos bloqueados durante los últimos 20 años, ha revolucionado el tratamiento de las fracturas diafisarias, ya que pueden ser estabilizadas en su mayoría con un clavo intramedular.

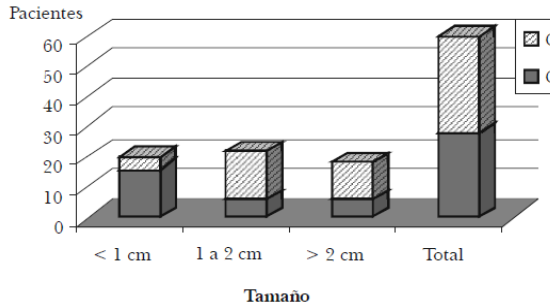


Figura 1. Tamaño de herida para orificio distal. Fernández, D. (2001)

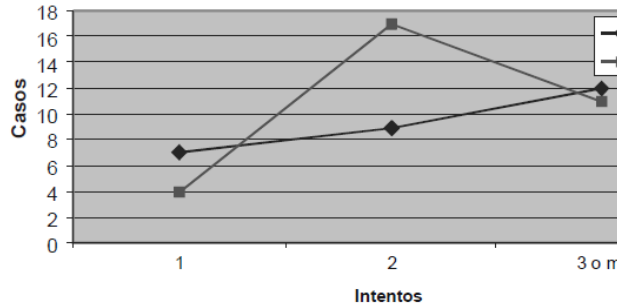


Figura 2. Número de intentos para localizar el bloqueo distal. Fernández, D. (2001)

Es importante comenzar por definir algunos conceptos a modo de hacer más entendible este desarrollo. Fernández, D. (2001) a través del portal de radiología llamado TSID, menciona que un clavo intramedular es “un sistema diseñado para resolver un gran número de fracturas, el cual no es más que un clavo de estructura metálica (de acero inoxidable) y estructuras plásticas”. Por lo tanto, se puede concluir que un clavo intramedular es un clavo de acero inoxidable con estructuras de plástico, diseñados para alinear y estabilizar fracturas óseas, al ser insertado en el centro de los huesos de las extremidades.



Figura 3. Clavo intramedular. Cabrera (2013)

Un concepto usado frecuentemente en este proyecto es orificio, el cual es definido por el Diccionario de la Real Academia Española (2007) como “Agujero”, lo cual

relacionado con el clavo intramedular, lo ubicaremos como los orificios que se encuentran en éste. Otro concepto destacado es bloqueo distal, definido como “Variedad de bloqueo atrio ventricular en el cual, la lesión asienta a nivel del tronco común del fascículo de His”. García (2010). También, se encuentra el término fractura el cual es definido por Mcrae,R., &Esser, M. (2009) como “perdida de continuidad en la sustancia de un hueso” mencionando que este término abarca todas las roturas óseas ya sea multifragmentaria, fisura o microscópica. Así también, las fracturas son nombradas diferentemente de acuerdo al caso de su ruptura. Considerando las siguientes fracturas:

Transversa: la ruptura se produce en línea recta atravesando el hueso.

Espiral: Como su nombre lo dice, la ruptura es en forma de espiral y ocurre frecuentemente en las lesiones por torsión.

Oblicua: Ruptura del hueso en forma diagonal.

Por compresión: El hueso se aplasta, provocando que este se vuelva más ancho o más plano.



Figura 4. Fractura transversal.  
SECOT (2010)

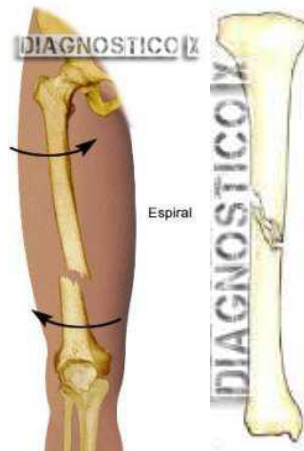


Figura 5. Fractura espiral. SECOT (2010)

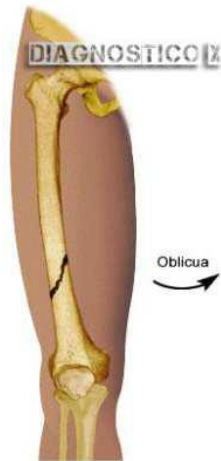


Figura 6. Fractura oblicua.  
SECOT (2010)



Figura 7. Fractura por compresión. SECOT  
(2010)

Otros de los conceptos que abarcan el proyecto son los sensores analógicos de efecto hall e imanes de neodimio, los cuales, son identificados por Coghill, R. (2000) en su obra el libro de la magnetoterapia como “imanes cuya principal característica es su difícil desmagnetización además de que mantienen su potencia por décadas”. En el portal del Dr. Mahiques, se menciona la manera común en la que se localizan los orificios del clavo intramedular para colocar los tornillos de bloqueo; que es mediante los rayos X u otro método conocido como es el intensificador de imagen fluoroscópico). Durante la fluoroscopia, el radiólogo observa una imagen continua del movimiento de las de las estructuras internas mientras el tubo de rayos x proporciona la energía.

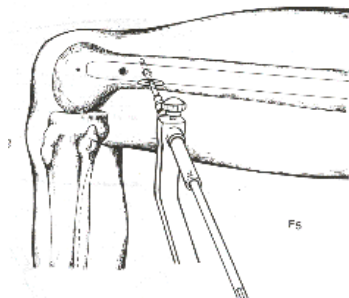


Figura 8. Colocación de tornillo  
distal. Cabrera (2013)

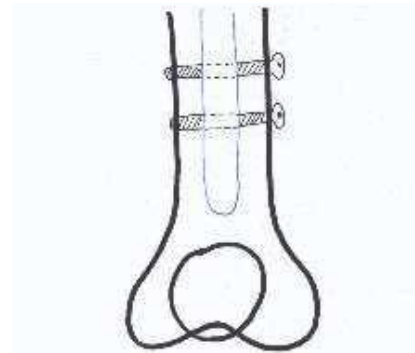


Figura 9. Bloqueo distal. Cabrera (2013)

Al observar de cerca las dificultades que tiene el cirujano traumatólogo, cuando realiza una operación de fémur u otro miembro, donde tiene que bloquear distalmente el clavo intramedular, da lugar a la propuesta de desarrollo de un

dispositivo electrónico, con el objetivo de brindar certidumbre y confianza al cirujano, al ubicar dónde debe de realizar la horadación para realizar el bloqueo distal, maximizando la exactitud hasta un 99% y reducir el tiempo de la intervención quirúrgica hasta un 50%.

## **Materiales y Métodos**

La lluvia de ideas es un proceso didáctico y práctico mediante el cual se intenta generar creatividad mental respecto de un tema. La lluvia de ideas se llevó a cabo por una serie de filtros, se organizaron 10 ideas con el fin de describir cada una y definir el problema que resolvería; posteriormente se evalúa en el filtro 1 en donde se tiene que dar diferente ponderación a cada criterio como son nivel de innovación, mercado potencial, conocimiento técnico, requerimiento de capital, etc. Así pues, las 5 ideas que tengan el mayor número de ponderación pasan al filtro 2 en donde se evalúa las barreras de entrada, disponibilidad de materia prima, factibilidad de producción, costo del producto, etc. Posteriormente se elige la idea que tenga que resulte factible a realizar.

La búsqueda tecnológica es una técnica de recapitular información, es con el fin de investigar si existen ideas similares al proyecto a realizar, de ser así se opta por realizar algún tipo de rediseño o bien buscar otra idea diferente. Esta búsqueda de información se lleva a cabo con el fin de verificar si existen propuestas del proyecto que han realizado con anterioridad o bien que están en proceso de registro.

La búsqueda tecnológica se indaga en diversos sitios de internet nacional e internacional de todo el mundo. En ese sentido se asignaron actividades a cada uno de los colaboradores que a continuación se describe:

Investigar y conocer cuáles son los principales métodos de tratamiento de fractura existentes.

Investigar, conocer y entender el método de localización de barrenos donde se insertaran los tornillos de bloqueo.

Se seleccionará el equipo y maquinaria con que se trabajará para el diseño del prototipo, en los diferentes laboratorios de las carreras involucradas en este proyecto integral.

Analizar las dificultades que se tiene cuando el cirujano traumatólogo realiza una operación de fémur u otro miembro y tiene que bloquear distalmente el clavo intramedular

Selección de materiales como fuente generadora, sensores de efecto hall, componentes electrónicos, imanes de neodimio, acrílico, materiales varios.

Pruebas de operación del prototipo

Selección de componentes electrónicos, imanes de neodimio, acrílico, materiales varios.

Construcción del prototipo

## **Resultados y Discusión**

Sistema LSB (Localizador Sensorial para el Bloqueo distal del clavo intramedular) es un dispositivo sensorial el cual fue diseñado para la fácil localización de orificios en clavos intramedulares.

Este dispositivo funcionará a partir de la colocación de unos imanes de neodimio dentro de los orificios del clavo intramedular para producir magnetismo,

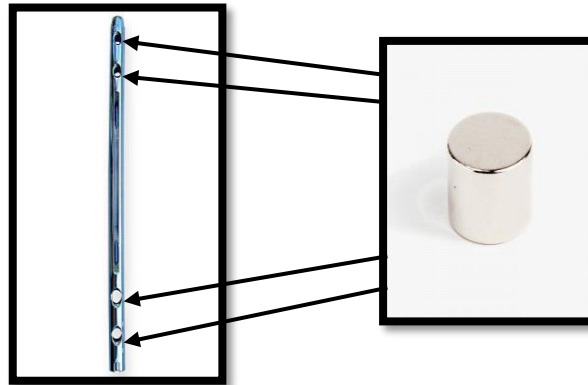


Figura 10. Colocación de los imanes de neodimio

El cuál será identificado por los sensores analógicos de efecto hall del mismo dispositivo. Este sensor cumple con la característica de poder detectar una señal sin que la piel y el hueso sea un obstáculo para su función. Oprimiendo el gatillo de dicho dispositivo servirá para escanear el orificio del clavo.

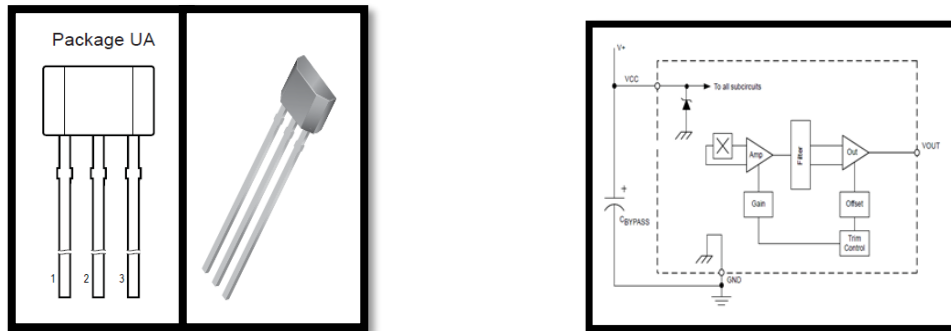


Figura 11. Sensor de efecto hall

Así pues, cuando el orificio sea detectado LSB lanzará un haz de láser saliendo de la punta de dicha pistola. Cabe mencionar con ayuda de una regleta que es fijada por el traumatólogo en uno de los extremos del clavo intramedular será más precisa la localización de los orificios para proceder al bloqueo distal. Antes de realizar el bloqueo distal, el cirujano marca en donde fue detectado el orificio para realizar un orificio y poder extraer los imanes de neodimio que se colocaron al introducir el clavo intramedular.

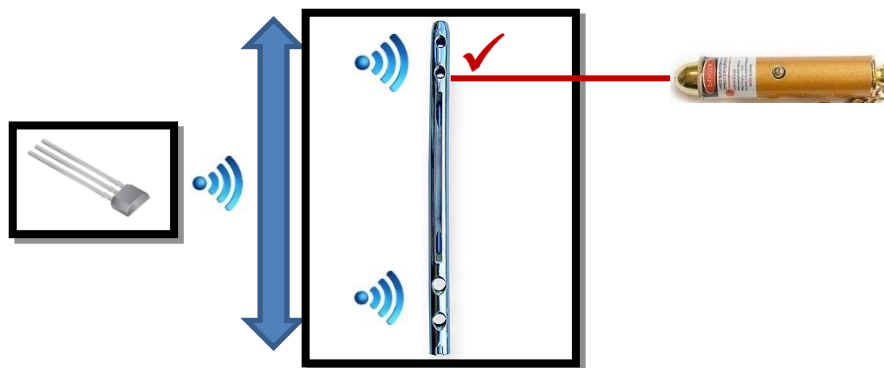


Figura 12. Detección y marcaje de los orificios

Posteriormente se describe una parte fundamental y muy importante del dispositivo, el cual es el diagrama a bloques que explica cada parte interna del dispositivo, dicho diagrama ayudó en el documento oficial del trámite de patente y para el trámite de modelo de utilidad.

La problemática se presenta en el momento en que se debe bloquear distalmente el clavo intramedular. Esta acción es complicada debido a que la deformación que sufre el clavo al ser insertado en el hueso provoca que los orificios varíen su posición. Esto obliga a usar un proceso de prueba y error para el bloqueo distal. Por otra parte, existen métodos radiográficos y fluoroscopia, pero si el paciente tiene la extremidad muy inflamada, no se aprecia bien la imagen del clavo, ya que típicamente sufre ruptura de los vasos sanguíneos obstruyendo al clavo; esto prolonga el tiempo de la operación y el cirujano se tarda aproximadamente de 5 a 7 horas en colocar únicamente los tornillos distales.

Con este dispositivo se pretende reducir el tiempo de la intervención quirúrgica hasta un 50%, evitando el sufrimiento del paciente y fatiga del cirujano. Hoy en día, se realizan numerosas operaciones por fractura en alguna extremidad del cuerpo humano, en el proceso de dicha operación el traumatólogo comienza realizando una incisión lateral a la extremidad afectada para introducir una guía en un orificio que le hace al hueso ya sea en la cabeza del fémur o por la rodilla según la ubicación de la fractura. Posteriormente, cambia la guía para introducir el clavo intramedular rimado y poder así bloquearlo distalmente. Actualmente el proceso de esta operación no cuenta con una forma exacta para determinar la ubicación de los orificios donde se introducirán los tornillos.

El clavo intramedular tiene un comportamiento, biológico y mecánico, propio que le diferencia de los otros sistemas de osteosíntesis. El clavo intramedular afecta morfológica y funcionalmente el canal medular de los huesos largos y permite diferentes diseños, según se frese previamente la cavidad medular o se cerroje el clavo.

La función del cirujano en la reparación de una fractura se debe limitar a evitar las deformaciones y prevenir las consolidaciones viciosas con la aplicación correcta de



los métodos de osteosíntesis que requiere el conocimiento de su mecánica, respetar las necesidades biológicas y bioquímicas del proceso de consolidación y conocer la compatibilidad entre los tejidos receptores y los materiales implantados. Un hueso se fractura cuando las tensiones deformantes exceden la resistencia del material. Por tanto hoy en día en el área de traumatología recurren al enclavado intramedular cuando una persona se quiebra algún hueso de sus extremidades de una forma muy crítica, si dicha fractura se concentra en un hueso largo, como el fémur o la tibia, tiende a ser un problema mayor.

## **Conclusiones**

Actualmente con el localizador sensorial, se han realizado pruebas con huesos reales y simulaciones de músculo, las cuales obtuvieron una exactitud del 99% al localizar el orificio del clavo intramedular y con este dispositivo se pretende reducir el tiempo de la intervención quirúrgica hasta un 50%. El grado de aceptación que se alcanza en el sector salud es favorable y marca el reflejo del compromiso de la organización para con la sociedad.

Actualmente, cuando una persona sufre una fractura en cualquier extremidad, y esto requiere la colocación de un clavo intramedular; el cirujano tarda de 5 a 7 horas en colocar únicamente los tornillos en el clavo. Además, en el instante en que se debe bloquear distalmente el clavo intramedular para ser insertado en el hueso, provoca que los barrenos varíen su posición y para esto, los cirujanos utilizan Rayos X para saber con exactitud en dónde se hará la perforación, o en cierto caso, somete a un ensayo de prueba y error el proceso de bloqueo distal.

Es por esto, que con la creación de este proyecto estamos convencidos que es factible la creación de una empresa que denominaremos TecnoLáser Intramedular se pretende dar un servicio mediante un dispositivo electrónico llamado SHLIMN que identifica la ubicación precisa de los agujeros a modo de reducir el tiempo de operación. El introducir el servicio de dicho dispositivo al mercado es relevante, ya que México necesita innovaciones que satisfagan necesidades en este mundo cambiante, y el localizador sensorial de barreno para clavo intramedular es muy prometedor, debido a su impacto en el sector salud; todo esto con la finalidad de reducir tiempos tanto de la operación como de la recuperación del paciente especialmente si son personas diabéticas ya que reducirá el riesgo de infección en las heridas.

Se toma como una nueva innovación a algo que no existe, es por esto que la empresa TecnoLáser Intramedular con el servicio que brindará mediante su dispositivo electrónico SHLIMN se reconoce que es innovador, ya que no hay empresa que ofrezca un servicio similar a hospitales en donde los especialistas en traumatología puedan agilizar las operaciones quirúrgicas. Cabe resaltar, que SHLIMN cuenta con materiales de alta tecnología y de excelente calidad, como lo son los sensores de efecto hall.

Analizando los problemas que aparecen cuando se lleva a cabo una cirugía para la colocación de un clavo intramedular en alguna extremidad del cuerpo, los especialistas en traumatología utilizan fluoroscopios, pero con el dispositivo electrónico SHLIMN se olvidarán de todas estas exposiciones que sufre el paciente

ya que al utilizar dispositivos mecánicos y sensores, no tendrán la dificultad de encontrar los barrenos del clavo intramedular.

Convencidos de que si es factible la creación de una empresa se aplicaron 24 encuestas a especialistas en traumatología de la zona conurbada de los diversos hospitales del sur de Tamaulipas que abarca: Tampico, Madero y Altamira. Una de las preguntas que para el equipo de investigación es de suma importancia es la siguiente, ya que se observó la aceptación para llevar a cabo el servicio. El resultado de la encuesta es favorecedor, ya que el 92% contrataría el servicio de Tecnoláser Intramedular para la realización de cirugías en donde se coloque el clavo intramedular.

En cuanto a la viabilidad técnica, dentro de la descripción respecto al dispositivo SHLIMN es que sus materiales de elaboración son de alta tecnología como lo son los sensores de efecto hall y los imanes de neodimio. Los sensores de efecto hall se aplican en muchos tipos de dispositivos de detección. Están constituidos por una hoja delgada de material semiconductor (elemento Hall) a través del cual una corriente pasa. Los imanes de neodimio son imanes pequeños, de apariencia metálica, con una fuerza de 6 a 10 veces superior a los materiales magnéticos tradicionales. Los imanes de boro/neodimio están formados por hierro, neodimio y boro; tienen alta resistencia a la desmagnetización. Son lo bastante fuertes como para magnetizar y desmagnetizar algunos imanes de alnico y flexibles.

## Referencias Bibliográficas

- (n.d.). El clavo Kuntscher. *Medicina S.G.M*, Recuperado de [http://mundosgm.com/discusion-general/medicina-s-g-m-\(el-clavo-kuntscher\)/msg6533/?PHPSESSID=g22qlfomvdnipoagc9qsum58u3](http://mundosgm.com/discusion-general/medicina-s-g-m-(el-clavo-kuntscher)/msg6533/?PHPSESSID=g22qlfomvdnipoagc9qsum58u3)
- Cluett, J. (2008). Ortopedia. *La varilla intramedular*. Recuperado Febrero 15, 2012, de <http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://orthopedics.about.com/cs/brokenbones/g/imrod.htm>
- Coghill, R. (2000) El libro de magnetoterapia. (Ed.), *Magnetismo natural*. (pp.23).Buenos Aires, Argentina
- Díaz, J. & Chung, D. (1998, abril). Fijación interna, estiloidectomía y aplicación de injerto autólogo con un abordaje lateral, informe preliminar). *Revista Mexicana de Ortopedia y Traumatología*, 12(2), (pp.125-128. )
- Fernández, D. (2001).TSID.net. *Clavo Mixto Intramedular FD*. Recuperado Febrero 16, 2012, de <http://www.tsid.net/seminarios/fd/fd.htm>
- Forriol, F. & Fernández, A. (2001). El clavo intramedular en el tratamiento de las fracturas. principios generales. *ELSEVIER*, 45(04), 337-340. Recuperado de <http://www.elsevier.es/es/revistas/revista-espanola-cirugia-ortopedica-traumatologia-129/el-clavo-intramedular-tratamiento-las-fracturas-principios-13018219-originales-2001>
- García, (2010). Portales médicos. *Bloqueo onfra- hisinao*. Recuperado Febrero 16, 2012, de [http://www.portalesmedicos.com/diccionario\\_medico/index.php/Bloqueo](http://www.portalesmedicos.com/diccionario_medico/index.php/Bloqueo)
- J.M. Reyes-Cabrera, R. González-Alconada, M.D. García-Mota. (2013). Fractura peri-implante de tibia distal con clavo intramedular: presentación de un caso. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 57(6), 443-445.
- SECOT, sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (2010). Manual de Cirugía Ortopédica y Traumatología, tomo 1, Ed 2ª, España.