

# Fracturas diafisarias de los miembros inferiores: planificación preoperatoria digital

Diaphyseal fractures of the lower limbs: digital preoperative planning

Dr. Sánchez Valenciano, Carlos Guillermo\*; Dra. Lafée, Caricia\*\*

## RESUMEN

La planificación preoperatoria es procedimiento indispensable previo a la realización de cualquier cirugía ortopédica con el fin de obtener un resultado exitoso, sin embargo, el proceso suele ser lento y engorroso, por lo que pocos cirujanos ortopedistas lo realizan de manera rutinaria. Planteamos el desarrollo de un Software de planificación preoperatoria digital para fracturas diafisarias de miembros inferiores que pueda ser utilizado como una herramienta confiable en la práctica diaria del cirujano ortopedista. Mediante la obtención de un archivo de imagen con la fractura que se desea planificar, a través de una cámara digital o de un sistema PACS integrado, nuestro software permitirá la realización de una planificación preoperatoria de manera precisa y rápida brindándole al usuario herramientas de registro y almacenamiento de datos, calibración y mejoramiento de imagen, medición de distancias y ángulos, segmentación del trazo de fractura, etc. También se incluyen galería de diversos implantes ortopédicos, así como el sistema de clasificación AO, todo lo anterior con el fin de generar de un reporte que incluya todos los detalles necesarios que puedan facilitar la labor del ortopedista previo al momento del acto quirúrgico.

**Palabras clave:** Digital, Computadores, Técnicas de Planificación, Planificación Preoperatoria, Periodo Preoperatorio, Ortopedia, Miembros Inferiores, Venezuela.

## ABSTRACT

Preoperative planning is a cornerstone procedure prior any orthopaedic surgery in terms of achieving excellent results, however, the process is slow and difficult; hence, there are few orthopaedic surgeons who perform it on a day-to-day basis. We Propose the Development of a Preoperative Planning Software for the lower limbs long bone diaphyseal fractures that can serve as reliable tool for the orthopaedic surgeon. Using an image archive with the fracture site, obtained from a digital camera or a PACS integrated system, our software can perform a preoperative planning in a fast and precise manner, giving the user tools to perform data management and storing, image calibration and rendering, distance measuring and angle calculation, fracture site segmentation, etc. Also includes a diverse orthopaedic implants gallery, and the AO comprehensive classification system; all of the above made it with the final goal to generate a report who includes all the necessary details, to facilitate the surgeon duty, prior to the surgery per se.

**Key words:** Digital, Computers, Planning Techniques, Preoperative Planning, Preoperative Period, Orthopedics, Lower Limbs, Venezuela.

\* Especialista en Traumatología y Ortopedia del Hospital Universitario de Caracas.

\*\* Coordinadora Docente del postgrado de Traumatología y Ortopedia del Hospital Universitario de Caracas.

## INTRODUCCIÓN

“Fallar en la planificación es planificar el fracaso”<sup>(1)</sup>. Con esta frase define Thomas Rüedi la importancia fundamental del proceso de realizar una adecuada planificación preoperatoria.

Definitivamente, la planificación quirúrgica debe ser el primer paso en el tratamiento del paciente que va a ser sometido a una cirugía ortopédica, puesto que esta permite establecer la táctica en el procedimiento a realizar y además sirve como una guía fidedigna para determinar el resultado final de la cirugía.

Este procedimiento puede ser realizado de manera convencional, como se muestra en la Figura N° 1, utilizando hojas de papel cebolla, marcadores de colores, goniómetro, plantillas de acetato, etc. o de manera digital a través de la utilización de un software específico para esa función; la primera opción es poco utilizada por los

cirujanos ortopedistas presentarse como una tarea que consume mucho tiempo<sup>(1)</sup>. Por su parte los software de planificación preoperatoria digital no son utilizados de rutina en Venezuela por su elevado costo, además, de la necesidad de estar integrados con un sistema PACS (Picture Archiving Communication System)<sup>(2)</sup> con el que pocos centros de salud del país cuentan.

Es por todo lo anterior que nos vimos motivados a desarrollar el primer software de planificación preoperatoria digital realizado de lleno en nuestro país, el cual no sólo funciona como una herramienta sencilla y precisa para ayudar al cirujano ortopeda en la preparación del acto quirúrgico, sino que además permite la formación de una base de datos que puede ser compartida y consultada en un momento dado, con el fin de realizar investigaciones científicas.

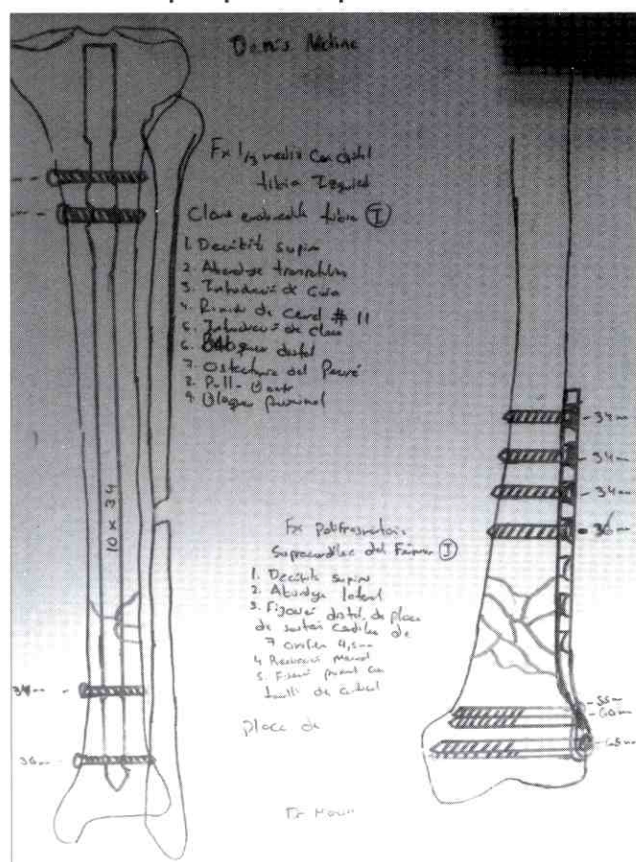
Desde el principio del proyecto nos planteamos como meta que la primera versión del mismo incluyera un módulo de planificación enfocado únicamente en fracturas diafisarias de fémur y tibia, esto con el fin, de plantear objetivos coherentes con los recursos que contábamos en el momento y entendiendo que el desarrollo de un software de planificación preoperatoria digital, era una propuesta sumamente ambiciosa, sin embargo, actualmente, el mismo cuenta con una amplia gama de implantes ortopédicos que pueden utilizarse para planificar cirugías de fracturas ubicadas en otros segmentos de miembros inferiores, además de la diafisarias como se demuestra en la Figura N° 2.

Es importante destacar que la planificación preoperatoria digital en el área de la cirugía ortopédica no es algo nuevo, de hecho el mercado mundial cuenta con una gran variedad de programas destinados a este fin, sin embargo, para nuestro conocimiento, aparte de TraumaPLAN®, no existe ningún otro software de planificación preoperatoria desarrollado por completo en nuestro país.

En los párrafos sucesivos presentamos una breve reseña de las especificaciones, características, ventajas y limitaciones de los programas más utilizados por

**Figura N° 1**

### Planificación preoperatoria por técnica convencional



los cirujanos ortopedistas del mundo en la actualidad, para la realización de planificaciones preoperatorias digitales:

### Orthoview (Orthopaedic Digital Planning)<sup>(3)</sup>

Actualmente se encuentra en su versión 5.4. Cuenta con 5 módulos de planificación: Artroplastia, Fracturas, Deformidades, Pediátrico y Columna, que pueden ser adquiridos por separado según el área de interés del cirujano ortopedista.

Entre los beneficios más llamativos de este software es su versatilidad, puesto que, cuenta con tres versiones diferentes que pueden ser instaladas según las necesidades del usuario, sea un hospital de grandes dimensiones con red de comunicación interna y sistema PACS integrado

o sea un usuario particular que desea instalar el programa en su computador personal.

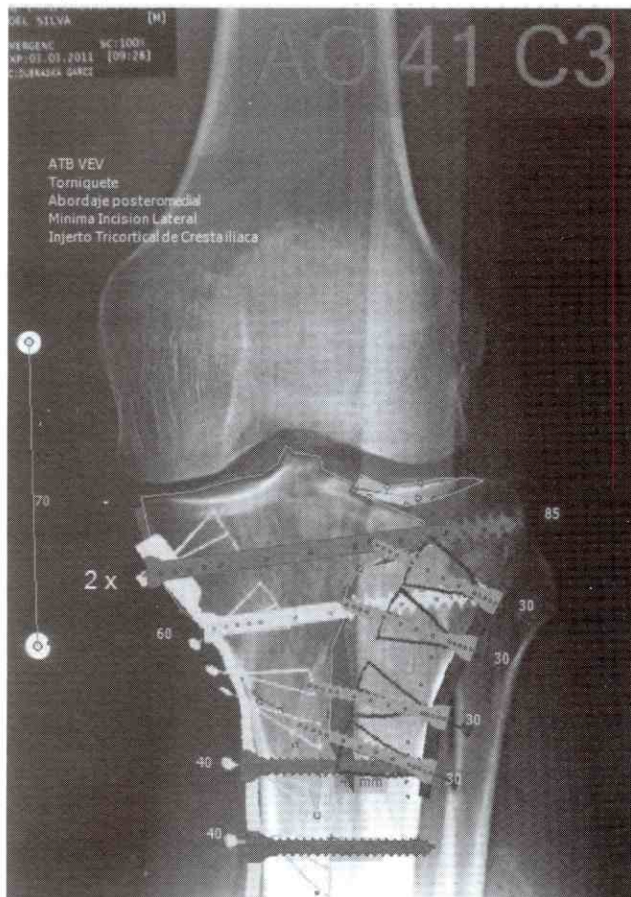
En esta versión incluyen una herramienta que brinda la posibilidad de hacer el moldeado de las placas de osteosíntesis sin perder la ubicación y la posición relativa de los orificios para los tornillos en el proceso.

### VoyanHealth/TraumaCad<sup>(4)</sup>

Anteriormente, conocido como TraumaCad, uno de los programas de planificación preoperatoria, cambió de nombre a VoyanHealth, al ser adquirido por la empresa con la misma denominación y pasar a formar parte de una gama de productos de planificación preoperatoria.

Cuenta el software con 10 módulos de planificación preoperatoria, entre los que se destacan algunas regiones anatómicas como la rodilla, el pie y el tobillo o la cadera, así como otros de interés más general como lo son el de trauma y el pediátrico. Entre las novedades de las últimas versiones del software se mencionan, la posibilidad de realizar planificaciones preoperatorias en imágenes en tres dimensiones y un nuevo módulo de artroplastia de cadera que tiene como característica que la posición ideal de la prótesis es designada automáticamente por el software. Una de las características más llamativas de este programa es TraumaCad Touch, que le permite al cirujano modificar la planificación mediante el uso de pantallas táctiles en quirófano durante el acto operatorio.

**Figura N° 2**  
**Planificación preoperatoria digital de fractura compleja de meseta tibial utilizando TraumaPLAN®**



### SECTRA Orthopaedic Solutions<sup>(5)</sup>

Otro software de planificación preoperatoria con una amplia distribución en el continente europeo. Orthopaedic Solutions de SECTRA cuenta con 4 módulos de planificación: Reposición de fracturas, cadera y rodilla. Y proponen un sistema sencillo en el que, por ejemplo, sólo se necesitarían 6 clicks de mouse para planificar la posición de una prótesis total de cadera. Cuenta con la

posibilidad de actualizar los templates adquiridos previamente con sólo descargarlos desde su sitio web. Al igual que los programas presentados anteriormente, este cuenta con la posibilidad de integrarse al sistema PACS del centro de salud donde se quiera utilizar.

Los anteriores son sólo una muestra de una gran variedad de herramientas digitales que se encuentran a la disposición del cirujano ortopeda al momento de planear una cirugía. Es importante destacar que al momento del desarrollo de nuestro software estudiamos minuciosamente las características de cada uno de ellos y las tomamos como base para determinar las herramientas y funciones de nuestro programa, el cual, además, debió ser adaptado a la realidad de nuestro país y a los recursos disponibles en el momento.

## RESULTADOS

### TraumaPLAN®

Fue desarrollado como un trabajo conjunto entre el Servicio de Traumatología y Ortopedia del Hospital Universitario de Caracas<sup>(6)</sup> con la Escuela de Computación Gráfica<sup>(7)</sup> de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela desde el año 2007. Utilizamos Microsoft Visual Studio® para la programación del software, utilizando mySQL® para la generación de una base de datos de implantes ortopédicos y de la clasificación comprehensiva de las fracturas propuesta por Müller<sup>(8)</sup>, el Autocad Inventor® fue utilizado para la obtención de archivos de imagen digital de los mencionados implantes.

En la Figura N° 3 se muestra, de manera esquemática, el funcionamiento de TraumaPLAN®, desde el paso inicial

**Figura N° 3**  
**Diagrama de flujo del funcionamiento de TraumaPLAN**



de la adquisición de la imagen, hasta la generación de un reporte impreso que puede ser llevado a quirófano para utilizarlo como guía al momento de la cirugía.

El proceso comienza cuando el usuario del programa toma una fotografía digital de una radiografía donde se muestre una fractura diafisaria de fémur y/o tibia. Posteriormente esta imagen se carga en el software y comienza la planificación preoperatoria.

Es fundamental realizar la calibración de la imagen digital a tamaño real a través de una herramienta del software diseñada para este fin, posteriormente se procede a mejorar la calidad de dicha imagen, modificando variables como el contraste, el brillo o la saturación de la misma.

El programa cuenta con una herramienta de clasificación AO, para servir de guía y orientación acerca del tipo de fractura sobre la que se está trabajando. A continuación el usuario deberá realizar la segmentación<sup>(9)</sup> y reconstrucción del foco de fractura, basado en polígonos de selección libre para restaurar la anatomía ósea perdida. El siguiente paso incluye la selección de la imagen digital del implante de osteosíntesis más adecuado para el tratamiento quirúrgico de la fractura en cuestión, el cual es tomado de la biblioteca de implantes incluida en el software según la preferencia del cirujano; el programa cuenta con múltiples herramientas de medición que pueden ser usadas en cualquier momento según su conveniencia.

Al finalizar el proceso el programa permite la impresión un reporte de la planificación realizada en formato PDF, así como el almacenamiento del mismo, para la creación de una base de datos con información digital, útil para futuras referencias.

Los requerimientos mínimos del sistema, para la utilización de TraumaPLAN® se resumen en el siguiente cuadro:

Sistema Operativo	XP, Vista o Windows 7
CPU	Intel ® Pentium III o superior
RAM	512 MB o superior
Unidad de CD/DVD	8x o superior (opcional)
Disco Duro	4 GB de espacio libre

Nótese que son requerimientos básicos, los cuales permiten que nuestro software sea compatible con la mayoría de los ordenadores disponibles en el mercado actual, esto con el fin de convertirse en una herramienta de uso masivo en el ámbito de la cirugía ortopédica.

Entre las características fundamentales de TraumaPLAN® se destacan:

1. **Interfaz amigable:** Es un programa diseñado y pensado enteramente para ser utilizado por cualquier cirujano ortopeda, con la presencia de menús intuitivos e iconos visualmente agradables, garantizamos que el proceso de realizar una planificación preoperatoria sea rápida, simple e intuitiva, para asegurar un resultado óptimo.
2. **Versatilidad:** cuenta con 2 opciones de calibración según las necesidades del cirujano ortopeda, la calibración automática y la semiautomática. La primera debe ser utilizada para imágenes tomadas de radiografías convencionales sobre las cuales se ha realizado previamente una marca sobre el margen derecho con un perforador abre-huecos, que es reconocida automáticamente por el software permitiendo escalar la imagen al tamaño real para poder empezar a trabajar sobre la misma. La segunda está pensada para ser utilizada en imágenes obtenidas de radiografías digitales las cuales se deben realizar agregando un objeto patrón de tamaño conocido por el usuario y sobre el cual se va utilizar la regla de calibración para la distancia adecuada al tamaño real de dicho objeto.
3. **Manejo de la Calidad de la imagen:** El software cuenta con una herramienta con la que el usuario puede realizar mejoras en relación a la calidad de

imagen en términos de corrección del brillo, contraste y saturación de la misma, siendo de mucha utilidad cuando se trabaja con imágenes tomadas de radiografías convencionales de equipos antiguos o con realizadas con técnica inadecuada (Rx. oscuras, borrosas, colimadas, etc.) Este procedimiento es realizado frecuentemente en imágenes digitales en los servicios de radiología de múltiples centros de salud; se realiza manualmente con movimientos predeterminados del ratón que modifican las características mencionadas anteriormente en la imagen sobre la cual se está trabajando. El resultado final de este paso depende del usuario y su nivel de satisfacción en relación a la calidad de la imagen final.

4. **Múltiples Herramientas de Medición:** El software de planificación preoperatoria digital cuenta con herramientas que brindan la posibilidad de realizar mediciones en milímetros de la distancia entre las corticales óseas, así como el canal medular, implantes ortopédicos o puntos medios diafisarios necesarios para la determinación de ejes mecánicos y anatómicos, el cálculo de ángulos entre segmentos óseos presentes en deformidades ortopédicas y traumáticas, la determinación del diámetro de circunferencias, tan utilizado en el proceso de la planificación preoperatoria de artroplastias de cadera.
5. **Galería de implantes y clasificación AO:** Una vez realizada la reconstrucción de la fractura, el cirujano ortopedista debe elegir el implante adecuado para la fijación de la misma. El software cuenta con una galería de mas de 500 implantes en su versión inicial, entre los que se encuentran Placas, Clavos, Alambres, Tornillos, y Dispositivos para realizar Fijación Externa, de diversos tamaños, características y marcas comerciales, destinados a la fijación y osteosíntesis de fracturas diafisarias de los miembros inferiores (fémur y tibia)

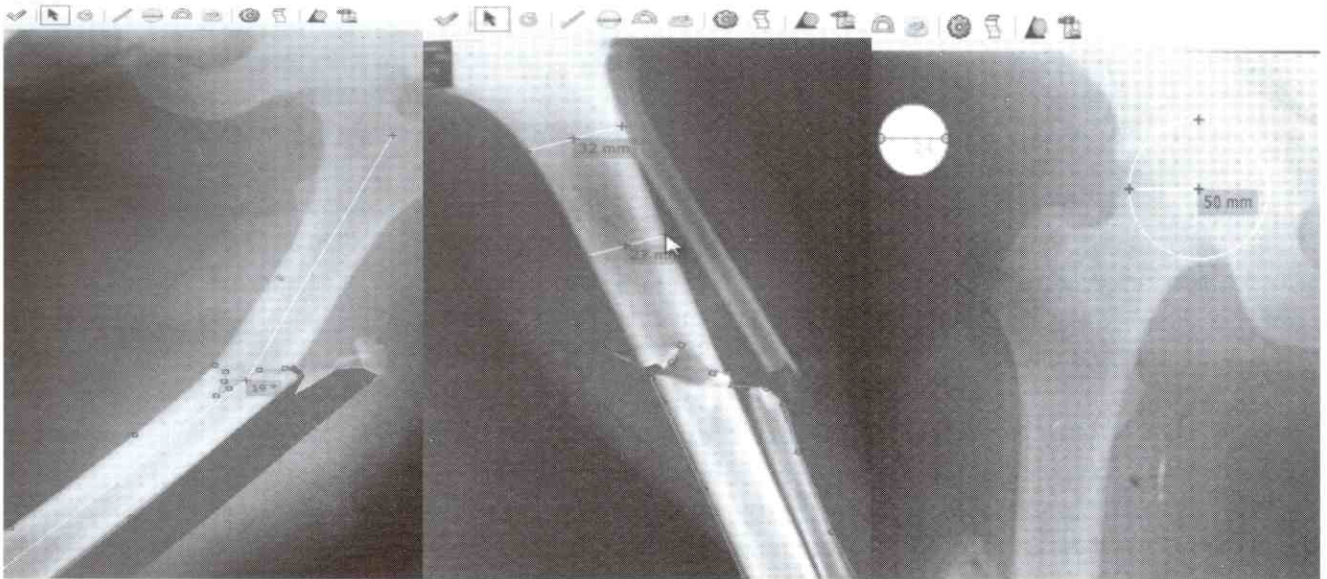
Esta base de datos podrá ser actualizada según se completen los siguientes módulos del software, para incluir implantes utilizados en la fijación y osteosíntesis de otros segmentos óseos, e inclusive prótesis para la planificación de cirugías de reemplazo articular. El software además incluye una herramienta basada en la clasificación comprehensiva de las fracturas propuesta por el grupo AO<sup>(6)</sup>, que brinda una ayuda valiosa para el cirujano, para la clasificación y descripción del trazo de fractura.

El usuario podrá consultar esta base de datos en cualquier momento del proceso de la planificación en busca de sugerencias y acotaciones sobre el tipo de fractura y el material de síntesis respectivo, sin embargo la elección definitiva del material de síntesis dependerá exclusivamente del usuario y no estará en ningún momento restringida a los parámetros propuestos por el software.

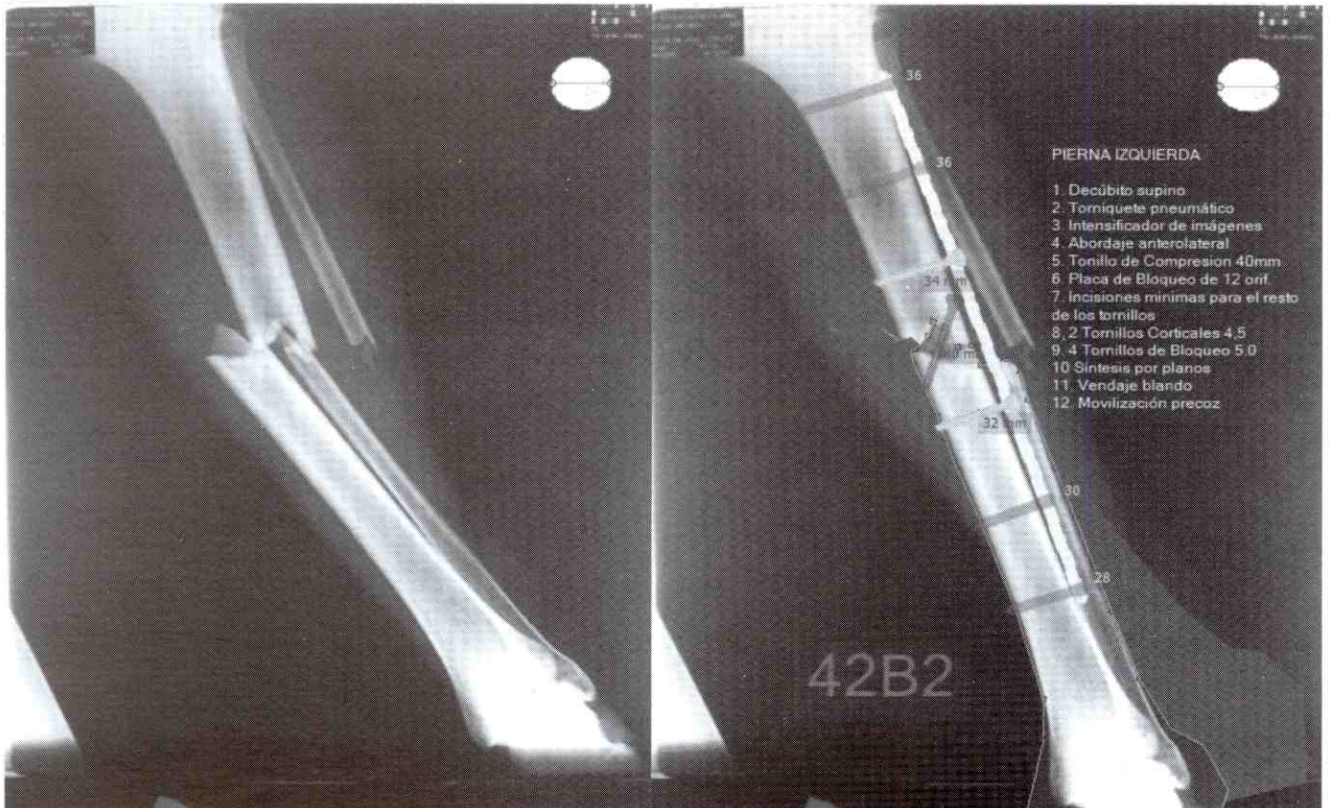
6. **Generación de Reportes en formato PDF y almacenamiento de la información:** Una vez finalizados los procesos anteriores, el usuario se encontrará frente a una imagen digital de la reducción y síntesis deseada para una fractura determinada, realizada según su conveniencia. En este punto, el software le permitirá realizar las anotaciones adicionales que considere necesarias para completar la planificación realizada, en términos de: materiales especiales de quirófano, utilización de torniquete neumático, posicionamiento del paciente, claves en el abordaje quirúrgico, uso de intensificador de imágenes o mesa de tracción durante la cirugía, etc. El programa cuenta con la posibilidad de generar un reporte físico impreso de la planificación digital realizada, que debe ser llevado a quirófano, para servir de guía al cirujano durante la intervención quirúrgica.

Posteriormente el usuario puede guardar la información de la planificación digital realizada, la

**Figura N° 4**  
Herramientas de medición de TraumaPLAN



**Figura N° 5**  
Imagen digital de una fractura antes y después de la planificación preoperatoria



cual quedará almacenada en una base de datos a la cual puede accederse en cualquier momento. La data almacenada servirá para su revisión posterior a la finalización del acto quirúrgico, para realizar la comparación de casos similares planificados previamente y para realizar trabajos de investigación de diversa índole en relación a fracturas de miembros inferiores. En la Figura N° 4 se muestra una comparación entre la imagen digital de una radiografía de una fractura diafisaria de tibia, antes y después del proceso de planificación utilizando TraumaPLAN®.

En base a todo lo anterior, definimos a TraumaPlan como una herramienta accesible y de fácil manejo, cuyos resultados mejoraran de manera sustancial la forma como se realizan las planificaciones preoperatorias en nuestro país, trayendo enormes beneficios tanto para el cirujano ortopeda como para el paciente. Debemos recordar también que por tratarse de un software, el mismo está sujeto a una evolución constante, puesto que se le podrán realizar modificaciones y mejoras de diversa índole en futuras versiones, dependiendo de las sugerencias de sus usuarios.

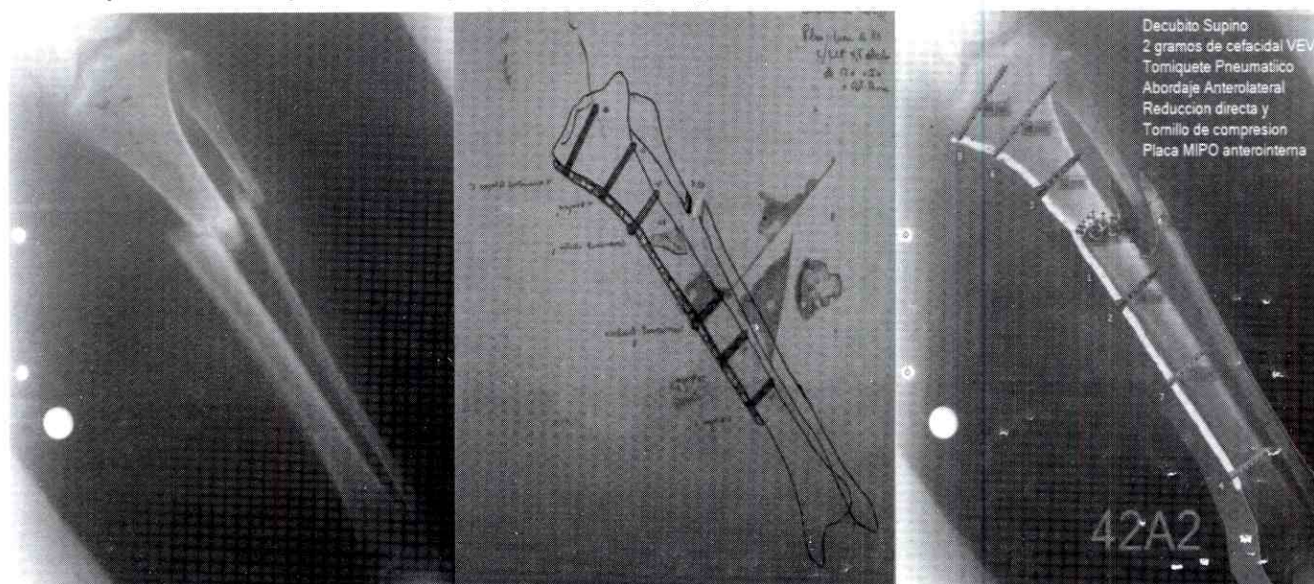
## DISCUSIÓN

TraumaPLAN®, se presenta como una herramienta funcional para el cirujano ortopeda que desee realizar planificaciones preoperatorias de fracturas diafisarias de miembros inferiores de manera digital, planteándose como el primer paso de un proceso que debe culminar con una cirugía exitosa en beneficio del paciente.

Entre las ventajas que el programa presenta en comparación con la planificación preoperatoria tradicional mencionamos, la simpleza y versatilidad del mismo, la rapidez y sencillez del proceso digital en comparación con la planificación preoperatoria llevada a cabo de manera clásica y la capacidad de almacenar la data de todos los trabajos realizados, para su posterior discusión, revisión y difusión, según la conveniencia del usuario. Actualmente nos encontramos realizando en el HUC un estudio comparativo en pacientes fracturas de miembros inferiores con planificaciones preoperatorias digitales y convencionales evaluando variables como tiempo invertido para realizar la planificación y precisión de la misma en relación al tamaño de los implantes comparado con el resultado final de la cirugía, y en resultados preliminares hemos observado que el software es

**Figura N° 6**

**Comparación entre planificación preoperatoria digital y convencional en una fractura diafisaria de tibia**



más rápido y preciso a la hora de realizar planificaciones prequirúrgicas de fracturas de miembros inferiores (ver Figura N° 6).

Sin embargo consideramos, que si bien este proyecto sienta las bases tecnológicas para ser la primera herramienta digital de este tipo desarrollada en nuestro país, estamos todavía lejos de obtener su máximo potencial, y pensamos que esta línea de investigación debe ser continuada para poder añadir nuevos módulos de planificación, realizar mejoras de la interfaz del software, enriquecer su base de datos y comparar su verdadera eficacia en términos de precisión en relación a la planificación preoperatoria clásica

## REFERENCIAS

1. RÜEDI, Thomas P. y William m. Murphy; Principios de la AO en el tratamiento de las Fracturas. Barcelona, España: MASSON; 2003.
2. JIMENEZ, Armando; Sistema PACS mínimo basado en el Estándar DICOM. Universidad Abierta Metropolitana; Julio, 2006.
3. Giger, M. L. Computer-aided diagnosis in medical imaging - A new era in Image interpretation. World Markets Research Centre, Tech. Rep. 2000.
3. ORTHOVIEW, <http://www.orthoview.com>
4. TraumaCAD <http://www.orthocrat.com/>
5. SECTRA Orthopaedics solutions, <http://www.sectra.com>
6. Instituto Autónomo Hospital Universitario De Caracas, <http://huc.gov.ve/>
7. Ramirez, E.; Coto, E. Digital Preoperative Planning for Long-Bone Fractures. Centro de Computación Gráfica- UCV, Caracas, Vzla. Pp1-6, 2010.
8. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. The comprehensive classification of fractures of long bones. Springer, Berlin Heidelberg, New York; 1990.
9. Lim, S. E.; Xing, Y.; Chen, Y.; Leow, W. K.; Howe, T. S.; Png, M. A. Detection of Femur and radius fractures in x-ray images. 2nd International conference on Advances in Medical Signal and Information Processing, Malta G.C.. 2004