

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA

SECRETARIA DE SALUD DEL ESTADO DE SONORA

HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO

“DR. ERNESTO RAMOS BOURS”



“PROCESO DE GESTION PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN CONVENIO ENTRE EL HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA Y EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE HERMOSILLO PARA UTILIZAR LA PRENSA MECANICA EN TRABAJOS DE INVESTIGACION BIOMECÀNICA”

TESIS DE POSGRADO PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA

PRESENTA. DR. CARLOS ENRIQUE RIVERA GUIZA. Residente de 4to Año de Ortopedia y Traumatología

ASESOR: DR. DAVID LOMELI ZAMORA. Jefe del Enseñanza del Servicio de Ortopedia y Traumatología.

HERMOSILLO, SONORA

AGOSTO 2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a toda mi familia:

Para mis padres Luzma, Mamá Mary, Papá Mavito (QEPD) y Javi, por su comprensión y ayuda en momentos buenos, muy buenos, malos y menos malos. Por creer en mí, por quererme siempre, por demostrármelo, Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, porque siempre me apoyaron. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Para mi mujer Paulina, y mi Hijo Santiago Enrique por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser como son.... Son las personas que más directamente han sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Son de lo mejor que me ha pasado y mi hijo que culmino con llenarme la vida de felicidad. Nunca les podré estar suficientemente agradecido.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, de estar en esta vida, de darme nuevamente la vida y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por permitirme hacer las cosas con sus manos y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Quiero agradecer sinceramente a mi director y tutor de Tesis, Dr. David Lomeli Zamora, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como especialista en Traumatología y Ortopedia. Él ha inculcado en mí un sentido de responsabilidad y rigor académico sin los cuales no podría tener una formación completa como Especialista. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con él por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado esta Tesis y esta especialidad.

También me gustaría agradecer los consejos recibidos a lo largo de los últimos años por otros profesores del Servicio de Traumatología y Ortopedia, que de una manera u otra han aportado su sabiduría, vivencias y experiencias para mi formación. Destacar los siguientes Doctores, sin orden de importancia, al Dr. José Bernardo Cruz Ochoa, Dr. Edgardo Noé Umaña Chinchilla, Dr. José Manuel Serrano Bon, Dr. Reginaldo Cadena Vega, Dr. Alonso Enrique Covarrubias Sánchez y el Dr. Alan Rojas Ayala.

Y por último, pero no menos importante, estaré eternamente agradecido a mis compañeros residentes en especial a mis compañeros de cuarto año y de tercer año, por ayudarme en estos momentos difíciles de esta etapa de la vida, por lo que estoy viviendo. Para mí son los mejores compañeros que se pueden tener, que se puede pedir, fueron mi segunda familia en el transcurso de mi vida. El ambiente de trabajo creado es simplemente perfecto para mí, y su visión, motivación y optimismo me han ayudado en momentos muy críticos de la

formación como Especialista y de la Tesis. Los considero como las mejores personas y estoy orgulloso que ellas también me consideren a como gran persona.

Para todos ellos, muchas gracias.



GOBIERNO DEL ESTADO DE SONORA  
**HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO**  
DR. ERNESTO RAMOS BOURS



**TESIS:**

**“PROCESO DE GESTION PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN CONVENIO  
ENTRE EL HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA Y EL INSTITUTO  
TECNOLOGICO DE HERMOSILLO PARA UTILIZAR LA PRENSA MECANICA  
EN TRABAJOS DE INVESTIGACION BIOMECÀNICA”**

FIRMAS DE ACEPTACION

---

*Dr. RENÉ FRANCISCO PESQUEIRA FONTES*

**DIRECTOR GENERAL.**

---

*Dr. JORGE ISAAC CARDOZA AMADOR*

**DIRECTOR MÉDICO.**

---

*Dra. CARMEN A. ZAMUDIO REYES*

**JEFA DE LA DIVISIÓN DE CAPACITACIÓN, ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN.**

---

*Dr. DAVID LOMELI ZAMORA*

**ASESOR DE TESIS Y**

**PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA.**

---

*Dr. JOSE MANUEL SERRANO BON*

**JEFE DEL SERVICIO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA**

---

*DR. CARLOS ENRIQUE RIVERA GUIZA*

**RESIDENTE DE CUARTO AÑO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA**

## INDICE

### TESIS DE POSGRADO PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE ORTOPEDIA Y

TRAUMATOLOGIA.....	1
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
FIRMAS DE ACEPTACION.....	5
INTRODUCCION.....	8
1.- Análisis de la situación educativa.....	10
2.- Selección y definición del problema.....	14
3.- Definición de los Objetivos del Proyecto.....	18
3.1.- Objetivo general.-.....	18
3.2.- Objetivos específicos.-.....	18
4.- Justificación del proyecto.....	19
5.- Análisis de la Solución.....	20
6.- Planificación del Cronograma.....	22
7. Especificación de los recursos humanos, materiales y económicos.....	26
7.1 Recursos Humanos.....	26
7.2 Recursos Materiales.....	26
7.3 Recursos Económicos.....	27
8.- Evaluación.....	28
9.- Redacción del proyecto Terminal.....	37
10.- Bibliografía.....	38
11.-ANEXOS.....	40
11.1 Convenio de Cooperación Académica con ITH.....	40
11.2.- Solicitud de Apoyo Colaborativo en Investigación.....	41

## INTRODUCCION

El proceso de gestión para establecer el convenio entre la Secretaria de Salud del Estado de Sonora y el Instituto Tecnológico de Hermosillo se planteo como un proyecto, este término, proyecto se deriva de los términos latinos PROICERE y PROIECTARE que significan arrojar algo hacia delante. Entonces, proyecto en sentido genérico significa la planeación y organización de todas las tareas y actividades necesarias para alcanzar algo. Diseñamos un proyecto educativo con lo cual planeamos un proceso para alcanzar una meta educativa, es decir, el obtener la prensa mecánica con el objetivo de realizar pruebas biomecánicas experimentales.

Esto implica desde la selección del problema surgido en un contexto de la falta de un laboratorio de mecánica en el Hospital General del Estado de Sonora, sus posibles soluciones para obtenerlo, hasta el lograr tener el convenio y haber realizado pruebas biomecánicas en el Instituto Tecnológico de Hermosillo. En otros términos, corresponde la realización de varias etapas interrelacionadas, es decir, que problema es con el contamos?, cuales son las posibles soluciones?, como planeamos realizar las acciones para lograr el convenio?, que procedimientos realizamos para conseguir las metas? y por último, el cómo obtuvimos el resultado final?, es decir, si se logro el objetivo de tener acceso a la prensa mecánica y poder realizar las pruebas biomecánicas.

El objetivo principal de este proyecto fue resolver la falta de la prensa mecánica obteniéndola de una forma organizada y planificada, en donde el problema previamente se había identificado. Para lograr resolverlo se aprovecho de los recursos disponibles y respetando ciertas restricciones impuestas por las dos Instituciones para cumplir de manera legal la tarea a desarrollar.

En este caso, la gestión se realizo para mejorar la calidad de enseñanza-aprendizaje, para poder realizar más trabajos experimentales donde se utilicen las distintas pruebas biomecánica, de manera que se posibilite al personal médico alcanzar y logar el proceso de aprendizaje de una manera más completa y con el fin de realizar los trabajos de Tesis con los Médicos Residentes del 4to año del servicio de Traumatología y Ortopedia.

Como parte de las características de este proceso se puede mencionar las siguientes:

- Surgió de una necesidad identificada en el contexto enseñanza-aprendizaje, de los deseos del autor de la tesis, del asesor y del grupo de médicos y residentes del servicio de Traumatología y Ortopedia del Hospital General del Estado de Sonora.
- Se realizó una reflexión en la cual se confrontan, por una parte, las necesidades y, por otra, los medios para satisfacerlas.
- Durante su formulación, se explica el problema a resolver, los objetivos del proyecto, las necesidades y los recursos disponibles, se distribuyen responsabilidades y se definen los plazos para cada actividad.
- En el proyecto, se requirió del compromiso de cada uno de los miembros involucrados y de la organización de las actividades a realizar.
- El proyecto se evaluó en forma permanente, confrontando el trabajo realizado con el proyectado y analizando también el proceso de realización. También debe ser analizado el resultado final de él, que en sí, es el convenio realizado.

Como observamos, la metodología de este trabajo difiere del trabajo básico de investigación en la secuencia de procedimientos para la realización de los trabajos de Tesis, esta metodología se hará patente en la planificación del cronograma

## 1.- Análisis de la situación educativa.

El Hospital General del Estado de Sonora es un hospital de enseñanza e investigación, reconocido y avalado en las distintas especialidades que se forman y de la cual se gradúan como médico especialista; en el caso del servicio de ortopedia es avalado por la Universidad Nacional Autónoma de México, la máxima casa de estudios del país, la cual evalúa periódicamente a nuestro servicio.

El servicio de Ortopedia está constituido por un jefe de servicio, doce médicos adscritos y catorce residentes de la especialidad de Traumatología y Ortopedia, personal de enfermería, un área de hospitalización que cuenta con treinta camas censables, dos consultorios para la consulta externa, quirófanos disponibles de acuerdo a las necesidades, con laboratorio y el servicio de imagenología.

Para el tratamiento de los pacientes existen una variedad inmensa de implantes y dispositivos ortopédicos en el mercado, en muchas ocasiones a un precio muy elevado, por lo que se requiere se efectúe una selección muy inteligente y basada en evidencias para que resulte en el mejor tratamiento para el paciente, teniendo en cuenta el costo-efectividad.

Para el desarrollo profesional de los educandos y la actualización continua de los integrantes médicos adscritos al servicio, se requiere realizar investigación, la principal fuente para ello es el desarrollo de las tesis de grado por los residentes de 4to año.

En el servicio de ortopedia se realizan distintos trabajos de investigación, principalmente por los residentes de 4to año y supervisados por los médicos adscritos, esto con el fin de poder realizar las tesis para titulación de la especialidad, en este caso un punto esencial es poder contar con una prensa mecánica con la cual no contamos, para poder realizar pruebas biomecánicas

La física propiamente, la mecánica, se aplica a un sistema biológico, en este caso el sistema musculoesquelético, lo que permite en caso de haber sufrido una

fractura ósea, le ayude a repararse de la mejor manera posible, por medio de implantes.

Teniendo en cuenta que existe una diversidad de los diseños de los materiales utilizados en paciente con problemas ortopédicos, sería prudente constatar la calidad y la efectividad de estos dispositivos. Se requieren estudios biomecánicos para valorar la resistencia y durabilidad de los materiales y en el caso de un constructo implante-hueso, la fijación debe proveer la suficiente estabilidad para permitir la consolidación ósea. Es decir para que haya una adecuada curación de la fractura, se requiere de rigidez, debiendo de estar esta dentro de un intervalo óptimo.(Epari DR, 2007;89(7))

Cada nueva técnica o implante deben ser estudiados para caracterizar sus efectos mecánicos y biológicos en la curación de la fractura. Las pruebas in vitro debe proporcionar los datos clínicos relevantes. Esto requiere de la comprensión de las características fisiológicas del entorno fractura, incluidas las fuerzas musculares y la carga de peso. Para esto además de usar los vectores de carga apropiados basados en la anatomía ósea, se deben de tener en cuenta las fuerzas musculares estáticas y dinámicas en torno a un hueso o articulación.(Duda GN, 1997;30(9))(Mow VC, 2005) Estudios biomecánicos deben abordar la durabilidad del implante, también. El constructo de fijación debe proporcionar una estabilidad adecuada para permitir suficiente curación bajo carga fisiológica. Examen de la biomecánica de las estrategias clínicamente exitosas permite una mejor comprensión de los parámetros mecánicos que se relacionan con la curación de fracturas sin incidentes.(Michael J. Gardner, 2012)

La biomecánica es un área de conocimiento interdisciplinaria que estudia los modelos, fenómenos y leyes que sean relevantes en el movimiento y al equilibrio (incluyendo el estático) de los seres vivos. Es una disciplina científica que tiene por objeto el estudio de las estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos, fundamentalmente del cuerpo humano. Esta área de conocimiento se apoya en diversas ciencias biomédicas, utilizando los conocimientos de la mecánica, la ingeniería, la anatomía, la fisiología y otras disciplinas, para estudiar el comportamiento del cuerpo humano y resolver los problemas derivados de las diversas condiciones a las que puede verse sometido.(Vera, 1994)

Biomecánica ofrece terminología común y una base científica para los componentes físicos de la función del sistema músculo-esquelético normal y del tratamiento de la fractura. Sin embargo, las inconsistencias en y la aplicación errónea de los términos y conceptos pueden dar lugar a confusión en cuanto a la relevancia clínica de la biomecánica. A menudo, la naturaleza objetiva de la terminología científica confiere por sí un grado de validez de la descripción. Además, la aplicación de cualquier ciencia física a un sistema biológico requiere un entendimiento común de los principios básicos de la ciencia y de cómo esos principios se refieren a los sistemas biológicos en estudio.

Esto se logra con la ayuda de la prensa mecánica, con la cual no contamos, hueso de cadáver fresco el cual es posible tenerlo, los materiales ya fabricados y los que podemos diseñar. Un punto importante es contar con la prensa mecánica para poder realizar estos experimentos ya que en nuestro servicio existe el interés, el deseo, la necesidad y el personal suficiente y capaz para poder realizar estos procedimientos.

En el servicio de ortopedia del Hospital General del Estado contamos con el personal idóneo para poder realizar estas investigaciones, sin embargo se necesitan realizar las pruebas en un laboratorio de mecánica en un laboratorio que cuente inicialmente con una prensa mecánica con un dispositivo de medición.

Hemos pensado en el Instituto Tecnológico de Hermosillo, ya que cuenta con un laboratorio de mecánica y con la prensa mecánica adecuada. Sin embargo no tenemos acceso a este laboratorio por no contar con los permisos adecuados, entonces se requiere realizar un proceso de gestión para lograr lo que deseamos, que es hacer investigación básica.

El concepto de gestión, proviene del latín *gesio* y hace referencia a la acción y al efecto de gestionar o de administrar. Se trata, por lo tanto, de la concreción de diligencias conducentes al logro de un negocio o de un deseo cualquiera. La noción implica además acciones para gobernar, dirigir, ordenar, disponer u organizar con. (Cassini, 2008)

De esta forma, la gestión supone un conjunto de trámites que se llevan a cabo para resolver un asunto, concretar un proyecto o administrar una empresa u organización. Por lo tanto, un modelo de gestión es un esquema o marco de referencia para la administración de una entidad.

Los modelos de gestión pueden ser aplicados tanto en las empresas y negocios privados como en la administración pública. Esto quiere decir que los gobiernos tienen un modelo de gestión en el que se basan para desarrollar sus políticas y acciones, y con el cual pretenden alcanzar sus objetivos. El modelo de gestión que utilizan las organizaciones públicas es diferente al modelo de gestión del ámbito privado. Mientras el segundo se basa en la obtención de ganancias económicas, el primero pone en juego otras cuestiones, como el bienestar social de la población.

Otro concepto de otro autor es, del latín *gestio*, el concepto de gestión hace referencia a la acción y a la consecuencia de administrar o gestionar algo. Al respecto, hay que decir que gestionar es llevar a cabo diligencias que hacen posible la realización de una operación comercial o de un anhelo cualquiera. Administrar, por otra parte, abarca las ideas de gobernar, disponer, dirigir, ordenar u organizar una determinada cosa o situación. La noción de gestión, por lo tanto, se extiende hacia el conjunto de trámites que se llevan a cabo para resolver un asunto o concretar un proyecto. La gestión es también la dirección o administración de una compañía o de un negocio...(Anónimo, 2012)

Como podemos observar el concepto de gestión es realizar los trámites necesarios para obtener un fin, es este caso el poder contar con la prensa mecánica. Como sabemos, el Hospital General del Estado de Sonora es un hospital escuela, por consiguiente nos regimos por un sistema de educación, que toma en cuenta distintos conceptos y fines.

## 2.- Selección y definición del problema.

El problema que requiere nuestra atención, estriba en la necesidad de realizar investigación durante el periodo de adiestramiento durante la residencia de especialización en Traumatología y Ortopedia en el Hospital General del Estado de Sonora, especialidad avalada por la UNAM.

Se selecciono el problema educativo de realizar pruebas biomecánicas con miras educativas y asistenciales, para ello se requieren sentar las bases para establecer un contexto de investigación. Con esto la rentabilidad didáctica será mayor y el proceso aprendizaje será haciendo, viendo y experiencial. (Bloom. B, 1986)

El punto inicial a resolver es la necesidad de realizar un convenio entre la Secretaria de Salud del Estado de Sonora y el Instituto Tecnológico de Hermosillo, para iniciar investigación de laboratorio y cumplir con los aspectos anteriormente señalados.

El informe de la UNESCO, elaborado en 1996, sobre la educación para el siglo XXI, dio un gran paso hacia adelante al dejar explicitado que la educación no sólo debe promover las competencias básicas tradicionales, sino que ha de proporcionar los elementos necesarios para ejercer plenamente la ciudadanía, contribuir a una cultura de paz y a la transformación de la sociedad. La educación debe estructurarse en torno a cuatro aprendizajes fundamentales, que en el transcurso de la vida serán para cada persona, en cierto sentido, los pilares del conocimiento: *aprender a conocer*, *aprender a hacer*, *aprender a vivir juntos*, *aprender a ser*.(DELORS, LA EDUCACIÓN encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI)

Aprender a conocer, combinando una cultura general suficientemente amplia con la posibilidad de profundizar los conocimientos en un pequeño número de materias. Lo que supone, además, aprender a aprender para poder aprovecharlas posibilidades que ofrece la educación a lo largo de la vida.

Aprender a hacer, a fin de adquirir no sólo una calificación profesional sino, más generalmente, una competencia que capacite al individuo para hacer frente a gran número de situaciones y a trabajar en equipo. Pero, también, aprender a hacer en el marco de las distintas experiencias sociales o de trabajo.

Aprender a vivir, juntos desarrollando la comprensión del otro y la percepción de las formas de interdependencia -realizar proyectos comunes y prepararse para tratar los conflictos respetando los valores, comprensión mutua y paz.

Aprender a ser, para que florezca mejor la propia personalidad y se esté en condiciones de obrar con creciente capacidad de autonomía, de juicio y de responsabilidad personal. Con tal fin, no menospreciar en la educación ninguna de las posibilidades de cada individuo: memoria, razonamiento, sentido estético, capacidades físicas, aptitudes para comunicar.

En este trabajo ponemos en práctica estos cuatro pilares de la UNESCO, ya que aprendemos a conocer, es decir, aprendemos a adquirir los puntos básicos para poder iniciar el proceso de gestión, primero comprendiendo que se entiende por el concepto de gestión y posteriormente para comprender cuales son los pasos a seguir para conseguir utilizar la prensa mecánica del Instituto Tecnológico de Hermosillo. Aprender a hacer, esto nos menciona el poder influir sobre los demás compañeros médicos residentes, para así poder realizar más convenios de gestión con otras instituciones públicas y capacitarnos para así poder hacer mas convenios de gestión; en este caso por falta de instrumental o equipo necesario del Hospital General del Estado de Sonora y que otras instituciones lo tengan disponible, con esto se logra un objetivo que es posible tener acceso a otras instituciones. Aprender a vivir juntos, es decir, aprendemos a participar y a cooperar con otras instituciones públicas, propiamente con el departamento de mecánica del Instituto Tecnológico de Hermosillo, ya que el personal que ahí labora, está a disposición de poder realizar las pruebas biomecánicas, además de que cuando se solicito la carta de solicitud de convenio de colaboración a la Secretaria de Salud del Estado de Sonora, las personas que ahí laboran en los distintos puesto, cooperaron para poder realizar este convenio. Aprender a ser, esto engloba las otras tres ya mencionadas y nos enseña a tener una personalidad propia, a tomar decisiones y así poder llegar a resolver problemas por medio de acuerdos.

Como ya lo hemos mencionado, no se cuenta con el recurso de un laboratorio de mecánica, pero si con el apoyo de la Jefatura de Enseñanza de la Secretaria de Salud del Estado de Sonora de quienes tenemos el apoyo para continuar con trabajos de investigación y del Instituto Tecnológico de Hermosillo, en donde se cuenta con el recurso necesario para realizar pruebas de investigación, además de poner a nuestra disposición personal e información para la utilización del mismo. Este proyecto se observa factible y posible de realizar en corto plazo.

Entonces se requiere realizar un proceso de gestión para realizar el convenio que haga posible esta visión entre el Hospital General del Estado y el Instituto Tecnológico de Hermosillo, con la anuencia de la Jefatura de Enseñanza de la Secretaria de Salud del Estado de Sonora.

Este tema despierta una verdadera motivación e interés por el personal médico y de residentes para ser tratado; con esto a favor se permitirá trabajar con gusto y por consecuencia el rendimiento será mejor. Se cuenta con el conocimiento básico para realizar los estudios experimentales ya que en base a una serie de artículos recientes se menciona que las pruebas realizadas anteriormente existen muchas variables que se deben de considerar en la planificación, además de implementar los experimentos el concepto para poder realizar pruebas biomecánicas es necesario tener claro el concepto y el tipo de pregunta de investigación que se plantea realizar. Esto es para definir el tipo de prueba que se desea seleccionar; por ejemplo: falla estática, rigidez y la fatiga cíclica. Este tema ha sido abordado frecuentemente en artículos experimentales, pero con lo anterior mencionado estos experimentos deben de tener validez y aplicabilidad clínica, para poder utilizarlos y aplicarlos. Además de que algunos experimentos no simulan las fuerzas dadas por la musculatura, ni representan la carga fisiológica del paciente hacia los implantes. Para tener valor, estos datos deben ser considerados en un contexto clínico adecuado. (Michael J. Gardner, 2012)

Para realizar estos procedimientos se dispone de un conocimiento actualizado de los requisitos necesarios, además de que continuamente están actualizándose artículos validos, novedosos e interesantes de estas pruebas. Al momento de nosotros tener acceso a una prensa mecánica calibrada, y realizar estudios

experimentales nosotros haríamos una verdadera contribución a la comunidad ortopédica en primer lugar local, posteriormente estatal y en un proyecto más ambicioso a nivel nacional para la formación de modelos experimentales y posteriormente poder aplicarlos a los pacientes.

### **3.- Definición de los Objetivos del Proyecto.**

#### **3.1.- Objetivo general.-**

- Lograr la firma de un convenio mediante la gestión con el Instituto Tecnológico de Hermosillo para utilizar el laboratorio de mecánica, específicamente la prensa mecánica, con el fin de realizar pruebas biomecánicas de los constructos e implantes ortopédicos, cuyos resultados serán de validez y aplicabilidad clínica.

#### **3.2.- Objetivos específicos.-**

- Establecer los lazos de cooperación y de investigación con el Instituto Tecnológico de Hermosillo y la Secretaria de Salud del Estado de Sonora (Hospital General del Estado).
- Concebir un instrumento para la realización de tesis de grado, por medio de estudios experimentales biomecánicos.
- Proponer la Investigación, para alternativas de materiales en ortopedia.

#### **4.- Justificación del proyecto.**

El poder realizar estudios experimentales de biomecánica, para ello se requiere un laboratorio de mecánica y se justifica la gestión del convenio para acceder y llevar a cabo estos proyectos de investigación. Actualmente no existe ningún convenio de investigación de biomecánica entre el Instituto Tecnológico de Hermosillo y la Secretaria de Salud del Estado de Sonora.

Es necesario realizar la gestión de un convenio de colaboración en base a los lineamientos de la Jefatura de Enseñanza de la Secretaria de Salud del Estado de Sonora. Esto es para que los procedimientos que ahí se realicen sean legales, éticos y que el convenio quede vigente para que en estudios futuros se pueda seguir utilizando, ya sea por los médicos adscritos y médicos residentes.

La investigación experimental es un pilar de la enseñanza-aprendizaje, para lo cual se requiere un laboratorio de biomecánica para el servicio de Ortopedia del Hospital General del Estado de Sonora.

## 5.- Análisis de la Solución

Es necesario contar con la prensa mecánica para poder realizar las pruebas biomecánicas, con miras de investigación y de apropiación del conocimiento. No contamos con la prensa mecánica pero hemos pensado en el Instituto Tecnológico de Hermosillo, motivo por el cual se ha propuesto realizar un convenio de gestión para tener libre acceso a este dispositivo mecánico esencial, para los experimentos biomecánicos requeridos.

La solución prospectada es comenzar por tener los acuerdos legales. En este caso, ya contamos con los objetivos generales y específicos los cuales esperamos cumplirlos en un periodo de 4 meses (marzo-Junio). El acuerdo se concreta principalmente entre una instancia pública superior y rectora, que en este caso es la Secretaria de Salud del Estado de Sonora la cual va a establecer el convenio con la institución que posee la prensa mecánica, es decir, el Instituto Tecnológico de Hermosillo.

Para poder iniciar el convenio de gestión, se analizo el problema primeramente entre el Dr., Carlos Enrique Rivera Guiza R4 TYO y el asesor de tesis Dr., David Lomeli Zamora, definiendo el problema para poder realizar las pruebas biomecánicas, posteriormente se selecciono, siendo lo relevante la falta de prensa mecánica, esto se planteo en el mes de marzo, una vez hecho esto, se pensó en una Institución que contara con una prensa mecánica, siendo el Instituto Tecnológico de Hermosillo la mejor opción, se planteo primeramente el problema a el Jefe del Servicio de Traumatología y Ortopedia Dr. José Manuel Serrano Bon, a los médicos adscritos del servicio de Ortopedia y a los Médicos Residentes, despertando gran interés en el tema mencionado, una vez aprobado por el servicio se decidió acudir con la Dra. Carmen A. Zamudio Reyes Jefa de la División de Enseñanza e investigación del Hospital General del Estado de Sonora, exponiendo el problema y mencionando por proposición un convenio de gestión con el Instituto Tecnológico de Hermosillo, y dando el buen visto para continuar con el proyecto.

Con esto; ya que tenemos bien definidos los problemas, lo hemos enunciado, justificado y los objetivos son plenamente identificados, se propuso la solución que

nos orientara en todo el proceso para llegar al fin del proyecto, que es tener acceso a la prensa mecánica para poder realizar pruebas biomecánicas para investigación, esto está al alcance de las dos instituciones para poder realizarse.

Como dato relevante es, que esta propuesta es innovadora, ya que no contamos con el convenio con ninguna Institución para poder utilizar el laboratorio de mecánica, esta es una necesidad que abre la ventana hacia los trabajos de investigación en el servicio de Traumatología y Ortopedia y de la institución, además de que lograremos establecer una nueva sociedad con una Institución de renombre, esto es clave para el fortalecimiento de nuevos lazos institucionales y con esto podremos estar actualizados en cuanto a conocimientos, soluciones o vías de solución.

En base a esto se espera acudir a la Secretaria de Salud del Estado de Sonora para presentar el proyecto a realizar, obteniendo de esta Institución los procedimientos y tramites que se necesitan cumplir, además de que deben de estar establecidos y definidos para poder realizar los trámites de gestión, con esto el proceso sería más sencillo de realizar y llegar a el objetivo, así ya podemos tener una evolución y supervisión del trámite administrativo ordenado, además de que los pasos que se realicen conforme a lo estipulado se estén cumpliendo en base a las normas de la Institución.

Otra recomendación es que una vez logrado el convenio de gestión se le dé el seguimiento adecuado para que esté continúe vigente y se esté renovando para no perder el convenio conseguido, así los objetivos generales y específicos continuaran realizándose, además que los proyectos de investigación biomecánica que se vayan a realizar será más sencillo realizar porque ya está el convenio establecido y se podrá acudir al Instituto Tecnológico de Hermosillo para poder realizarlos.

PROCESO DE GESTION PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN CONVENIO ENTRE EL HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA Y EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE HERMOSILLO PARA UTILIZAR LA PRENSA MECANICA EN TRABAJOS DE INVESTIGACION BIOMECANICA

6.- Planificación del Cronograma

Actividad	Responsable	Tiempo (días)											
		25 Marzo- 1 Abril.	1 Abril Marzo- 18 Abril	18 Abril- 22 Abril	22 Abril- 30 Abril	30 Abril- 18 Mayo	18 Mayo- 31 Mayo	31 Mayo - 7 junio	7 Junio- 14 Junio	14 Junio- 18 Junio	18 Junio- 21 Junio	21 Junio - 24 Junio	
1. Análisis de la situación educativa	Dr. Carlos E. Rivera Guiza R4 TYO / Dr. David Lomeli Zamora MB	■											
2. Selección y definición del problema	Dr. Carlos E. Rivera Guiza R4 TYO / Dr. David Lomeli Zamora MB		■										
3. Definición de los objetivos del proyecto	Dr. Carlos E. Rivera Guiza R4 TYO / Dr. David Lomeli Zamora MB			■									
4. Justificación del proyecto	Dr. Carlos E. Rivera Guiza R4 TYO / Dr. David Lomeli Zamora MB			■									
5.- Análisis de la solución	Dr.- Carlos E. Rivera Guiza R4 TYO / Dr. David Lomeli Zamora MB.			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6. Planificación de las acciones (Cronograma de trabajo)	Dr. Carlos E. Rivera Guiza R4 TYO / Dr. David Lomeli Zamora MB				■	■							
7. Especificación de los recursos humanos, materiales y económicos	Dr. Carlos E. Rivera Guiza R4 TYO / Dr. David Lomeli Zamora MB, Jefatura de Enseñanza del HGE, Laboratorio de Mecánica del ITH					■	■						
8. Ejecución del proyecto	Dr. Carlos E. Rivera Guiza R4 TYO							■	■	■	■		
9. Evaluación	Dr. Carlos E. Rivera Guiza R4 TYO / Dr. David Lomeli Zamora MB										■	■	
10. Informe final	Dr. Carlos E. Rivera Guiza R4 TYO												■

Se diseñó la solución del problema, realizando una propuesta de trabajo y una secuencia de actividades a realizar, esto es para permitir una fluidez en el desarrollo del objetivo principal y lograr la meta propuesta. Comenzando por tener el objetivo principal, el cual se analizó previamente por el Dr. Carlos Enrique Rivera Guiza y el asesor de tesis, el Dr. David Lomeli Zamora, aprobado por el Jefe del Servicio de Traumatología y Ortopedia el Dr. José Manuel Serrano Bon, se expuso puntualmente el tema a la Jefatura de enseñanza, teniendo el buen visto por parte de la Dra. Carmen A. Zamudio Reyes Jefa de la División de Enseñanza e investigación del Hospital General del Estado de Sonora, esto fue realizado en el mes de Abril. Posteriormente acudimos en el mes de mayo al Instituto Tecnológico de con el Jefe del Laboratorio de Mecánica, el Ingeniero José Luis Molina Quijada exponiendo el problema seleccionado y la posibilidad de utilizar la prensa mecánica, comentando que están dispuestos a otorgar las facilidades para poder realizar las pruebas en el laboratorio de mecánica, solo que para poder utilizar la prensa con material bioinfectante, es necesario contar con un permiso de la Secretaria de Salud del Estado de Sonora.

En el mes de Mayo se habla con el Dr. Ariel Vázquez Gálvez, Jefe de la Dirección General de Enseñanza y Calidad de los Servicios de Salud de Sonora, comentando estar dispuestos a apoyar los trabajos de investigación y que es necesario llevar un oficio explicando los motivos por los cuales se requiere utilizar la prensa mecánica del Instituto Tecnológico de Hermosillo. Posteriormente se habla con nuevamente con el Dr. Ariel Vázquez mencionando es necesario tener una explicación más amplia para el convenio y para que esto sea autorizado, necesita ser aprobado por distintas Jefaturas. Se realiza el oficio y se presenta con la Licenciada Armida Verduzco Coronado, Jefa del Departamento de Capacitación, acudiendo con ella el día 7 de junio 2013 y entregando el oficio de Solicitud de Convenio de Cooperación Académica con ITH, además de un avance del protocolo de investigación, siendo recibido y mencionando que sería autorizado y aprobado para el día 11 de junio 2013, acudiendo nuevamente a las oficinas de la Secretaria de Salud del Estado de Sonora el día previsto y comentando que no es posible hasta ese día contar con el convenio de gestión con el Instituto Tecnológico de Hermosillo, que para contar con este, es necesario presentarlo en los Departamentos de Ética e Investigación del Hospital General del Estado de Sonora y de Instituto Tecnológico de Hermosillo, y posteriormente autorizarlo por el Departamento de Jurídico de la Secretaria de Salud del Estado

de Sonora y mencionando se harían cargo de presentarlo ellos y comentando que estaría aprobado para el día 14 de junio del 2013.

Se acude nuevamente a las oficinas de Secretaria de Salud del Estado de Sonora comentando que el oficio y el asunto ya estaba en Departamento de Jurídico y que era cuestión de esperar para 18 de junio 2013. Acudiendo nuevamente el día señalado y comentando que está en proceso de evaluación el convenio de gestión, posteriormente no se da razón alguna de la instancia donde se está analizando el protocolo y se acude diario o se marca por teléfono para obtener razón de la fecha a tener el convenio aprobado, mencionando que se encuentra nuevamente en el Departamento de Jurídico de la Secretaria de Salud.

El día 25 de junio de 2013, se realiza una entrevista con el Dr. Ricardo Franco Hernández, Director de Enseñanza e Investigación para exponer el convenio de gestión a realizar, mencionando los objetivos principales y generales del proyecto de investigación, las deficiencias de la falta de una prensa mecánica en el Hospital General del Estado de Sonora, especialmente del Departamento de Traumatología y Ortopedia, y finalmente de los deseos de realizar trabajos de investigación en nuestro servicio, estando de acuerdo en realizar el mismo convenio, pero mencionando que estos trámites se deben de analizar a fondo y es cuestión de exponer el convenio en el Departamento de Jurídico y con el Secretario de Salud del Estado de Sonora, el Dr. Bernardo Campillo García, para que esto sea concretado. Mencionando que se otorgara una carta, para poder continuar con los trámites en el Instituto Tecnológico de Hermosillo.

Posteriormente el día 26 de Junio del 2013 se recibe un oficio como asunto.- “Solicitud de Apoyo Colaborativo en Investigación” dirigido al M.C.E. Adolfo Rivera Castillo, Director del Instituto Tecnológico de Hermosillo, del cual se anexa una copia del mismo, y por lo cual se solicita una entrevista para una explicación más amplia y detallada del convenio, realizándose esta el día 2 de Julio del 2013, exponiendo los objetivos de realizar el convenio de gestión, mencionando de palabra su plena y completa disposición de parte del Instituto Tecnológico de Hermosillo en especial, del laboratorio de mecánica, mencionando tener dispuesto un ingeniero encargado para poder utilizar la prensa mecánica en cada experimento biomecanico ahí realizado, estando disponibles de lunes a viernes, excepto días festivos y periodo vacacional, en un horario de 8am a 8pm.

Se realizo una prueba piloto el día 4 de Julio del 2013, de una falla catastrófica en tibia, con fuerzas de compresión y se grabo un video para obtener los datos de la prueba.

## **7. Especificación de los recursos humanos, materiales y económicos**

### **7.1 Recursos Humanos**

El personal implicado para resolver el problema planteado consta del Dr. Carlos Enrique Rivera Guiza R4 del Servicio de Traumatología y Ortopedia, el cual se encargara de realizar la gestión para tener acceso a la prensa mecánica en el Laboratorio de Mecánica del Instituto Tecnológico de Hermosillo, el médico adscrito y Jefe de Enseñanza del Servicio de Traumatología y ortopedia David Lomeli Zamora, que supervisara las acciones a seguir para obtener la gestión.

La Dra. Carmen A. Zamudio Reyes, Jefa de la División de Enseñanza e investigación del Hospital General del Estado de Sonora, la cual está encargada de dar el buen visto para llevar a cabo el proyecto de investigación.

El Dr. Ariel Vázquez Gálvez, Jefe de la Dirección General de Enseñanza y Calidad de los Servicios de Salud de Sonora, quien se encargara de autorizar y dar permiso jurídico para poder utilizarla prensa mecánica.

El M.C.E. Adolfo Rivera Castillo, Director del Instituto Tecnológico de Hermosillo, además del Ing. José Luis Molina Quijada, Jefe del Laboratorio de Mecánica del Instituto Tecnológico de Hermosillo quienes estarán a cargo de facilitar la prensa mecánica para poder llevar a cabo las pruebas biomecánicas.

### **7.2 Recursos Materiales**

Se utilizara la prensa mecánica para poder realizar los estudios experimentales para pruebas biomecánicas, se contara además de medios electrónicos, específicamente de artículos que hablen de estudios experimentales de pruebas biomecánicas esto para enriquecer el proceso de aprendizaje.

Se utilizara además un recipiente de acero, un nivel para una correcta alineación del hueso, y cemento con arena y grava para mantener el hueso fijo al recipiente y agua.

### 7.3 Recursos Económicos

Proporcionados por el médico residente

## 8.- Evaluación.

Como todo proyecto, requiere de proceso de evaluación, se necesitan hacer las modificaciones pertinentes durante el periodo que se está realizando, esto es con el fin de obtener un resultado exitoso.

En base al cronograma de trabajo, se estaban cumpliendo las metas en las fechas estipuladas, y en orden cronológico para las actividades,

El obtener el convenio requirió de una gestión personal con la Jefatura de Enseñanza del Hospital General del Estado de Sonora, además de la Dirección General de Enseñanza y Calidad de los Servicios de Salud de Sonora y del Instituto Tecnológico de Hermosillo, obteniendo una solicitud de apoyo colaborativo en investigación con el Instituto Tecnológico de Hermosillo, estos convenios aun no se encuentran bien estructurados, ya que este debe de exponerse en el departamento de Jurídico de la Secretaria de Salud del Estado de Sonora y posteriormente establecer puntualmente los detalles del convenio.

Este convenio servirá para iniciar la gestión de entre las dos Instituciones, la Secretaria de Salud del Estado de Sonora y el Instituto Tecnológico de Hermosillo, con esto podremos iniciar la planeación para realizar estudios biomecanicos de investigación, además de que quedara como base para continuar realizando convenios con diversas instituciones públicas.

Este convenio nos sirve en lo propuesto de los objetivos generales y específicos, ya que se han cumplido y se podrán llevar a cabo diversos estudios biomecanicos, además de que servirá como una base para continuar con los siguientes trabajos de tesis realizados por los Residentes de cuarto año del Servicio de Ortopedia, cuando el trabajo que se busque sea de realizar pruebas biomecánicas, siendo otro punto importante que se establecieron lazos entre dos grandes Instituciones, la Secretaria de Salud del Estado de Sonora y el Instituto Tecnológico de Hermosillo.

PROCESO DE GESTION PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN CONVENIO ENTRE EL HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA Y EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE HERMOSILLO PARA UTILIZAR LA PRESNA MECANICA EN TRABAJOS DE INVESTIGACION BIOMECANICA

El laboratorio de mecánica de Instituto Tecnológico de Hermosillo cuenta con una prensa mecánica adecuada, con la cual podemos utilizar para las distintas sollicitaciones; como son la de compresión, tensión y flexión, además del cizallamiento dependiendo de cómo realicemos el trazo de fractura (Green's, 2003). La prensa mecánica se puede utilizar con graduaciones desde 5kgs hasta 50 000kgs, es una torre de maquina universal hidráulica, además cuenta con un sensor para graficar la fuerza aplicada y el grado de deformación en el material estudiado, es una prensa calibrada y certificada en cuanto a los pesos aplicados a los diversos materiales.



La deficiencia de esta máquina es que no se puede probar con la sollicitación de torsión. Aun con esto tenemos cuatro sollicitaciones de las cuales podemos utilizarlas para los diferentes estudios experimentales que utilizemos (Green's, 2003)

Existen diferentes modos de prueba que podemos utilizar dependiendo del modelo de prueba biomecánica que deseamos realizar, con esto evaluamos las propiedades del constructo implante-hueso y los datos resultantes tienen diferentes explicaciones clínicas. (Michael J. Gardner, 2012). Con esta prensa mecánica podemos utilizar la prueba de falla estática y la de rigidez en los experimentos biomecánicos, la deficiencia es que no contamos con la prensa mecánica para poder realizar pruebas cíclicas.

La prueba de falla estática es una de las pruebas biomecánicas básicas, la cual implica una prueba de carga hasta el fallo. En este modelo, una sola carga se aplica con un vector, magnitud y tasa especificada hasta que el constructo falla. La falla es definida por el investigador que realiza la prueba y debe ser clínicamente relevante. Lo más común, es que se elija un fallo catastrófico; este tipo de fallo es fácilmente evidente por fractura ósea, fractura del implante, o el desacoplamiento de la relación implante-hueso. Alternativamente, el fallo puede ser definido por un umbral clínicamente relevante de desplazamiento de la fractura. Esto puede ocurrir en conjunción con la deformación plástica del implante. (Michael J. Gardner, 2012)

Con esto podemos decir que tenemos dos de tres pruebas de fallo que podemos realizar con esta prensa mecánica, esto es un avance en cuanto a poder realizar estas pruebas experimentales, ya que con los puntos mencionados podemos enfocarnos a qué tipo de prueba vamos a realizar para nuestro experimento y para poder seleccionar el tipo de prueba tendremos que tener muy claro los puntos y los objetivos para poder lograrlos. Esto es algo inicial de una gran brecha que podemos alcanzar en cuanto a pruebas experimentales, además de que nos alienta a seguir investigando de otros laboratorios y prensas mecánicas que podríamos utilizar y nos servirían para realizar más estudios experimentales.

Con todo lo anterior mencionado se decide programar una prueba biomecánica para constatar el éxito de la gestión. Esta prueba. De falla estática,

específicamente una catastrófica en una tibia, para lo cual se necesita contar con la tibia de cadáver, provista del Hospital General del Estado de Sonora. Para esto es necesario contar con puntos básicos para poder seleccionar en que material se desea realizar la prueba y que características necesita tener esto.

El hueso de cadáver se utiliza comúnmente en pruebas biomecánicas, ya que una de sus principales ventajas es que las muestras anatómicas replican las propiedades estructurales, morfológicas y mecánicas del entorno.(Michael J. Gardner, 2012). Además de que una de las consideraciones más importantes en el diseño de estudio de una pruebas biomecánicas es, si se utiliza material de cadáver fresco o material sintético(An YH, 2000)

Uno de los objetivos de utilizar hueso de cadáver es que se trata de imitar las condiciones de un hueso in vivo tanto como sea posible y así permitir extrapolar los resultados a unas conclusiones acertadas. Históricamente se han utilizado diferentes modelos, que van desde los modelos de madera, hasta tener una extremidad de cadáver, cada una de estas tiene ventajas y desventajas únicas para cada tipo de prueba.(Stoffel K, 2003;34(suppl 2)) (DeCoster TA, 1990;4(2)) Aunado a esto se debe de tener la consideración de muchos factores, como la variación entre la raza, edad, densidad ósea, la microestructura trabecular y el espesor de la cortical.(DeCoster TA, 1990;4(2)) (Seebeck J, 2005;16(suppl 2)) (Fulkerson E, 2006;60(4))

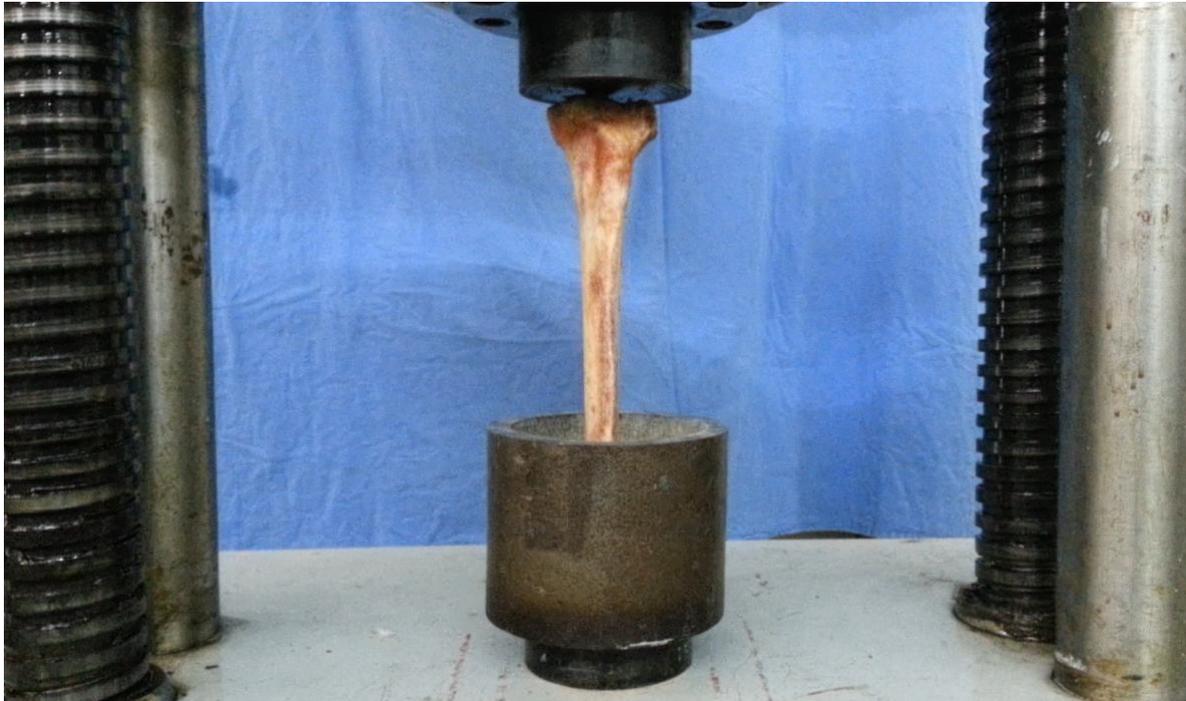
Existen diversos especímenes de muestras de cadáver, entre ellas el hueso congelado, en el cual las propiedades son mínimamente afectadas para realizar las pruebas biomecánicas (Linde F, 1993;26(10)) (Hamer AJ, 1996;78(3)) .Además la propiedades mecánicas del hueso fresco congelado comienza a deteriorarse aproximadamente a las 50 horas de exposición al ambiente.(Cartner JL, 2011;25(8))

Conociendo esto se decide preparar una tibia de cadáver fresco congelado, siendo preparada para retirar el tejido de inserción muscular y ligamentario, además de cortar la parte inferior de esta aproximadamente a 3 cm del plafón tibial, realizando un corte axial a 90 grados de la superficie del plafón tibial, , se realiza una preparación de cemento para fijar la tibia en un recipiente de acero de 14cm de diámetro en su interior y de  $\frac{3}{4}$  de pulgada en su pared, con una altura de 13cm, la

tibia se coloca en la superficie plana del recipiente y se nivela demostrándolo con un nivel y posteriormente se realizan ajustes para dejar la tibia con una verticalidad a 90 grados con respecto al recipiente, se mantiene y se fija la tibia a los bordes del recipiente con cinta, se vierte el cemento el cual se preparo con 1.5kgs de este y 0.5kgs de arena, el cual se realizo una mezcla homogénea y posteriormente se vertieron 1.5lts de agua, se mezclo y se vertió en el recipiente, dejándolo fraguar por un lapso de 24 horas hasta quedar seco y duro el cemento, quedando estable el hueso a el cemento y al recipiente de acero.

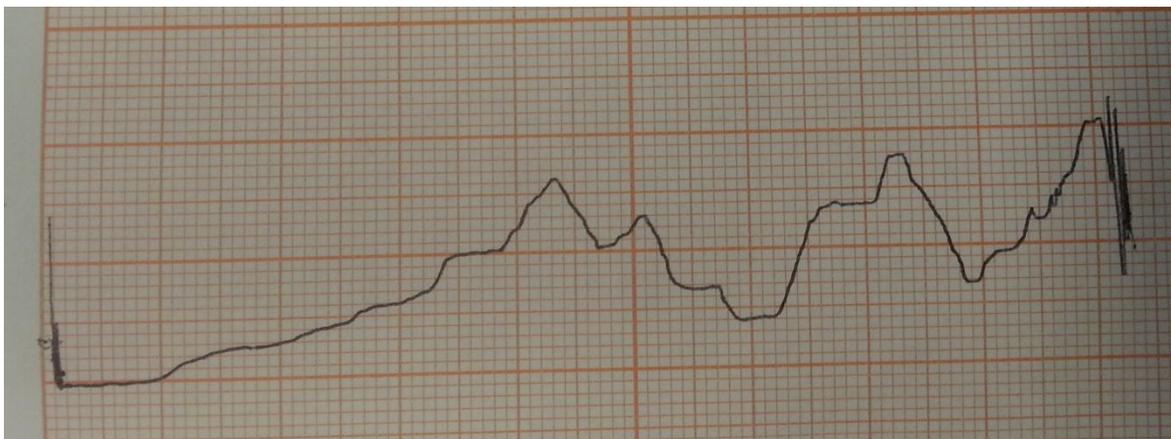
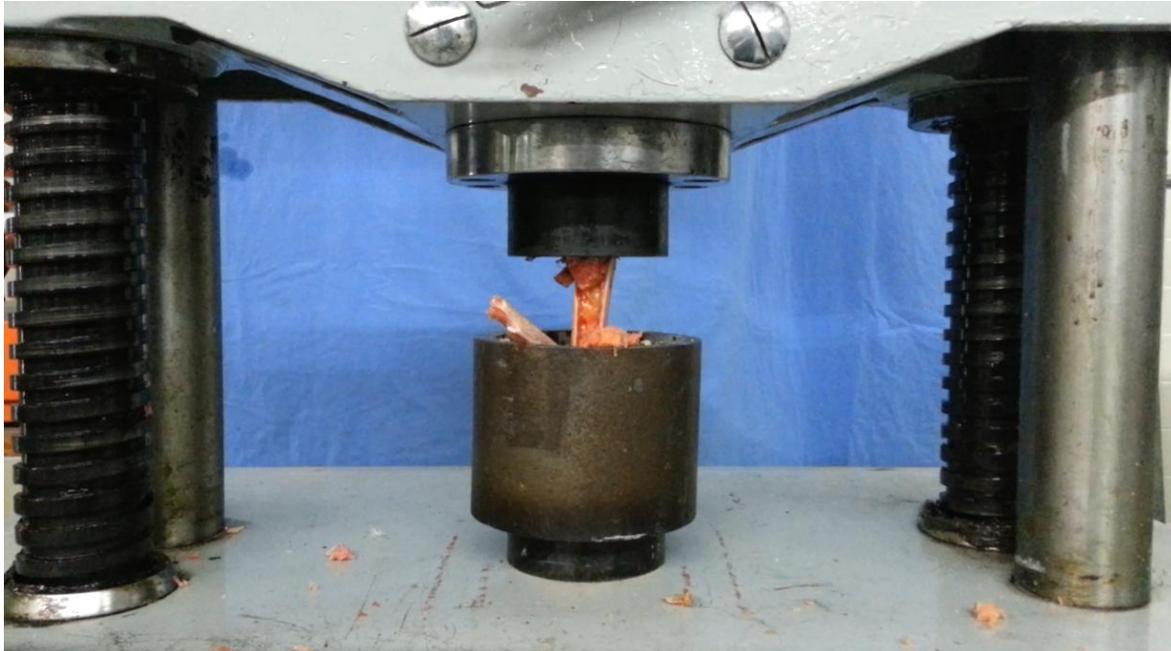


Posteriormente se acude al Laboratorio de Mecánica del Instituto Tecnológico de Hermosillo para realizar la prueba biomecánica, esto se realizó 30hs después de retirar la tibia del refrigerador; se coloca la muestra en el centro de la prensa mecánica donde se dará la compresión, se realiza la gradación de la prensa en máximo de carga de 5 000 Kg, se coloca papel para graficar la fuerza aplicada y la deformación del hueso.



Posteriormente se comienza a dar carga con sollicitación de compresión observado la fractura de la espina tibial a partir de los 150 Kg, mostrando gran deformidad al ir aumentando la carga, mostrando en la grafica que al ir aumentando la compresión va aumentando la deformidad, posteriormente a los 300kgs comenzó la fractura de las mesetas tibiales llegando a un límite de rotura de las meseta tibiales hasta los 750kgs, y durante este lapso presentaba aumento de fuerza con gran deformidad y llegando a un umbral del 750kgs y gran deformación, perdiendo fuerza de compresión por la fractura de las mesetas. En este segmento la tibia se comportó así hasta que llegó al hueso cortical, donde la fuerza alcanza los 900 Kg y presentando gran deformidad al ir aumentando la carga, perdiendo carga al ir sufriendo pequeñas fracturas y recuperando su forma normal, posteriormente al ir aumentando la carga aumentaba la deformidad,

llegando hasta el límite de fractura a los 1300 Kg, observando la fractura en la tuberosidad de la tibia y en la cortical posterior de la tibia en la parte proximal. De todo esto se grabo video el cual se anexara al trabajo de tesis.



Al realizar esta prueba observamos que al aplicar esfuerzo de compresión comenzó a aumentar la deformación en la espina tibial, llegando a fracturarla a los 150kgs y posteriormente aplastarla, al ir incrementando la fuerza hasta 300kgs comenzó el aplastamiento de la meseta tibial llegando a fracturarla por completo hasta los 750kgs, esto es por las características de hueso de esponjosa, llegando al límite de elasticidad y regresando a su estado de comportamiento plástico, posteriormente se continua con la prueba catastrófica, llegando la compresión

hasta el hueso cortical y alcanzando los 900 Kg y presentando gran deformidad al ir aumentando la carga, perdiendo carga al ir sufriendo pequeñas fracturas y recuperando su forma normal, posteriormente al ir aumentando la carga aumentaba la deformidad, llegando hasta el límite de fractura a los 1300 Kg, observando la fractura en la tuberosidad de la tibia y en la cortical posterior de la tibia en la parte proximal.

Las conclusiones de este trabajo de tesis es que se logro realizar el convenio de gestión con el Instituto Tecnológico de Hermosillo para poder utilizar la prensa mecánica. Esto es muy positivo para nuestra formación como médicos residentes y como médicos ortopedistas, ya que nos ayuda a conocer y entender mejor las pruebas experimentales. Con esto también observamos que es posible realizar convenios con otras instituciones públicas para poder llegar a un fin que se tenga como meta. Esto deja los lazos entre dos grandes Instituciones públicas del Estado de Sonora, todo esto en base a las conclusiones de la tesis. En base a las conclusiones del estudio podemos afirmar que al realizar pruebas catastróficas en tibia observamos que al ir aplicando carga axial comienza la fractura de la espina tibial esto no sucede en la vida real, porque la espina tibial no carga peso, otro punto es que la meseta tibial, desde los 150kgs hasta los 300kgs, comenzó a presentar deformidad y fractura esto es por las características propias del hueso, ya que es hueso de esponjosa y otro punto es que la carga va siendo progresiva y para que se llegue a fracturar los esfuerzos que se utilizan no son como los de la prensa, son fuerzas súbitas por compresión y general los tipos de trazo en las mesetas son en la meseta en la parte medial y posterior, esto es por la anatomía de los cóndilos con respecto a las mesetas, otro punto es que conforme se va acercándola carga del hueso esponjoso al hueso de cortical el esfuerzo debe de ser mayor para poder fracturar el hueso debiendo aplicar desde los 900 Kg hasta los 1300kgs para llegar a la fractura, esto se repite en lo anterior ya mencionado, las fuerzas aplicadas no son de esta manera en tibia, generalmente son por golpe directo o flexión y esto nos orienta a que probablemente con un esfuerzo menor y con una inclinación de la tibia en el hueso cortical tendría la falla. Con esto podemos realizar más trabajos de investigación para poder saber cuánto esfuerzo debe de ser necesario para fracturar la tibia tanto en la parte de las mesetas tibial y en otra investigación la fractura de la diáfisis tibial,

Durante la etapa de formación como médico residente y posteriormente como profesionalista en Traumatología y Ortopedia es indispensable mantenerse actualizado y como consiguiente estar al tanto de las pruebas experimentales

específicamente en pruebas biomecánicas. Durante años se han estado realizando estas pruebas basadas sin tener exactamente una base o una pauta a seguir para realizar estas pruebas biomecánicas. Motivo por el cual nos hemos comprometido a investigar en la bibliografía para poder realizar pruebas biomecánicas exactas, confiables y lo más parecido a la fisiología osteomuscular.

## 9.- Redacción del proyecto Terminal.

La redacción del proyecto terminal, en si es el trabajo de Tesis, es el conjunto de todo el proyecto.

Se logro el objetivo principal de la tesis, en primer lugar teniendo el convenio de gestión entre la Secretaria de Salud del Estado de Sonora y el Instituto Tecnológico de Hermosillo, y en segundo lugar se logro utilizar la prensa mecánica donde se realizo una prueba biomecánica, con esto queda claro que se podrán realizar más estudios experimentales en el futuro.

## 10.- Bibliografía

An YH, D. R. (2000). *Mechanical Testing of Bone and the Bone-Implant Interface*. Boca Raton, FL.: CRC Press.

Anónimo. (2012). *Gestionado con WordPress*. Retrieved Mayo 2, 2013, from Definicion de.: <http://definicion.de/gestion/>

Bloom. B, e. a. (1986). *Taxonomía de los objetivos de la educación: la clasificación de las metas educacionales*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.

Cartner JL, H. Z. (2011;25(8)). Can we trust ex vivo mechanical testing of fresh-frozen cadaveric specimens? The effect of postfreezing delays. *J Orthop Trauma* , 459-461.

Cassini, R. (2008). *Definición de modelo de gestión*. Retrieved Mayo 2 , 2013, from Qué es, Significado y concepto: <http://www.google.co.ve/search/definicion+de+modelo+de+gestion.pdf>

DeCoster TA, H. D. (1990;4(2)). Optimizing bone screw pullout force. *J Orthop Trauma* , 169-174.

DELORS, J. e. (LA EDUCACIÓN encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI). Los Cuatro Pilares de la Educación. In J. DELORS, *Los cuatro pilares de la educación en : LA EDUCACION encierra un tesoro. Informe de la UNESCO de la Comisión* (pp. 1-11). España: Santillana-Ediciones.

Duda GN, S. E. (1997;30(9)). Internal forces and moments in the femur during walking. *J Biomech* , 933-941.

Epari DR, K. J. (2007;89(7)). Timely fracture-healing requires optimization of axial fixation stability. *J Bone Joint Surg Am* , 1575-1585.

Fulkerson E, E. K. (2006;60(4)). Fixation of diaphyseal fractures with a segmental defect: A biomechanical comparison of locked and conventional plating techniques. *J Trauma* , 830-835.

Green`s, R. &. (2003). *Fracturas en el adulto*. España: Marban.

Hamer AJ, S. J. (1996;78(3)). Biochemical properties of cortical allograft bone using a new method of bone strength measurement: A comparison of fresh, fresh-frozen and irradiated bone. *J Bone Joint Surg Br* , 363-368.

Linde F, S. H. (1993;26(10)). The effect of different storage methods on the mechanical properties of trabecular bone. *J Biomech* , 1249-1252.

Michael J. Gardner, M. M. (2012). Biomechanical Testing of Fracture Fixation Constructs: Variability, Validity, and Clinical Applicability. *J Am Acad Orthop Surg* , 86-93.

Mow VC, H. R. (2005). *Basic Orthopaedic Biomechanics and Mechano-Biology*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.

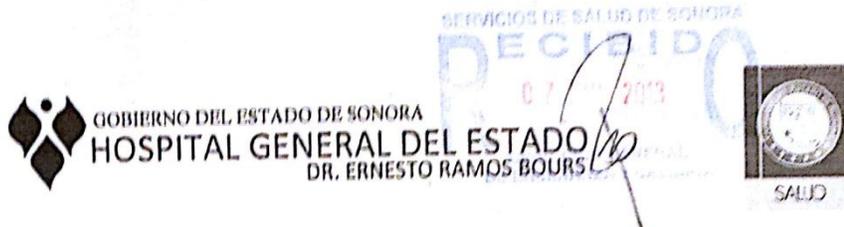
Seebeck J, G. J. (2005;16(suppl 2)). Mechanical behavior of screws in normal and osteoporotic bone. *Osteoporos Int* , S107-S111.

Stoffel K, D. U. (2003;34(suppl 2)). Biomechanical testing of the LCP: How can stability in locked internal fixators be controlled? *Injury* , B11-B19.

Vera. (1994). *Fundación Wikimedia, Inc.* Recuperado el 02 de Mayo de 2013, de Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Biomec%C3%A1nica#cite\\_ref-1](http://es.wikipedia.org/wiki/Biomec%C3%A1nica#cite_ref-1)

## 11.-ANEXOS

### 11.1 Convenio de Cooperación Académica con ITH



Hermosillo, Sonora a 07 de Junio de 2013

Asunto.- Convenio de Cooperación Académica con ITH

**Dr. Ariel Vázquez Gálvez.**

**Jefe de la Dirección General de Enseñanza y Calidad de los Servicios de Salud de Sonora**

Por medio de este nos dirigimos a usted para solicitarle su apoyo para la realización de un convenio con el Instituto Tecnológico de Hermosillo para que nos otorgue facilidades para el uso del laboratorio de mecánica, con el objeto de realizar pruebas biomecánicas con fines de investigación para el servicio de ortopedia del Hospital General del Estado de Sonora.

Agradeciendo de antemano y quedando a su disposición nos despedimos de usted con un cordial saludo.

Se anexa el Protocolo de Gestión

Dr. David Lomeli Zamora.  
Profesor Titular del Curso de Ortopedia HGE.

Dr. Carlos E. Rivera Guiza  
Residente de 4to año de TYO HGE

Ccp. Dr. Dra. Carmen A. Zamudio Reyes. Jefa de la División de Enseñanza e Investigación.  
Ccp. Dr. José Manuel Serrano Bon. Jefe del Servicio de TYO HGE  
Ccp. M.C.E. Adolfo Rivera Castillo. Director del Instituto Tecnológico de Hermosillo.



## 11.2.- Solicitud de Apoyo Colaborativo en Investigación.



SECRETARÍA DE SALUD PÚBLICA  
SUBSECRETARIA DE SERVICIOS DE SALUD  
DIRECCIÓN GENERAL DE ENSEÑANZA Y CALIDAD  
Oficio Número: SSS-SSS-DGEC-2013-380

Asunto: Solicitud de Apoyo Colaborativo en Investigación

2013: "AÑO DE LA SALUD, EDUCACIÓN Y DEPORTE EN SONORA"

Hermosillo, Sonora, a 26 de Junio de 2013.

**M.C.E. Adolfo Rivera Castillo**  
**Director del Instituto Tecnológico de Hermosillo**  
**Presente.-**

Por este medio aprovecho para saludarle, a la vez de solicitarle la posibilidad de obtener permiso y las facilidades provisionales para iniciar con un trabajo colaborativo en investigación con el Hospital General del Estado, a cargo del Departamento de Ortopedia y Traumatología, ya que ellos requieren realizar investigación en pacientes fracturados y con diversas patologías óseas y para tales estudios y la re-consolidación de estos huesos fracturados requieren la utilización de prensa mecánica para realizar estudios en biomecánica.

En el Hospital General del Estado, perteneciente a la Secretaría de Salud, no cuentan con dicha prensa, por lo que le estamos solicitando su apoyo para la realización de dicho estudio de Investigación. En breve nos estaremos comunicando para sentar las bases de cooperación y las obligaciones por ambas partes.

Sin más por el momento, agradezco de antemano las atenciones prestadas a la presente petición, quedo a sus órdenes.

**Atentamente**  
**Sufragio Efectivo No Reelección**  
**Director General de Enseñanza y Calidad**

  
**Dr. Ariel Vázquez Gálvez.**

**COPIAS:**

Dr. Bernardo Campillo García, Secretario de Salud Pública, Presidente Ejecutivo de los Servicios de Salud de Sonora y Presidente de CEIFCRHIS.

Dr. Gustavo López Caballero, Subsecretario de Servicios de Salud. Presente.

Dr. David Lomelí Zamora. Profesor Titular de Ortopedia, Hospital General del Estado.





Calzada de Los Ángeles S/N y Calle José Miro Abella  
Colonia Las Quintas, C.P. 83240  
Teléfono 01 (662) 216 91 97 y Fax 01 (662) 216 32 96