



11209  
70  
204

**HOSPITAL JUAREZ DE MEXICO**

---

---

**DIVISION DE CIRUGIA**

**TELECIRUGIA LAPAROSCOPICA  
ABDOMINAL ASISTIDA POR UN BRAZO  
ROBOTICO TELEDIRIGIDO A DIEZ  
METROS DE DISTANCIA**

**REPORTE PIONERO EN AMERICA  
LATINA. JUNIO 12 1996**

**COLECISTECTOMIAS EN ANIMALES DE  
EXPERIMENTACION  
REPORTE DE TRES CASOS**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TITULO EN LA**

**ESPECIALIDAD DE: CIRUGIA GENERAL**

**P R E S E N T A**

**JOSE LUIS MOSSO VAZQUEZ**

**ASESOR: DR. ROBERTO PEREZ GARCIA**



**MEXICO, D. F.**

**JUNIO 1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

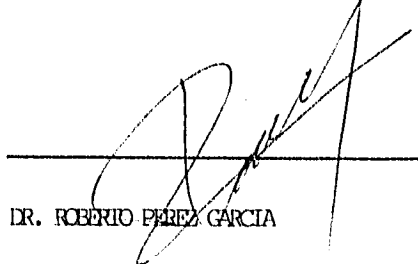


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

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

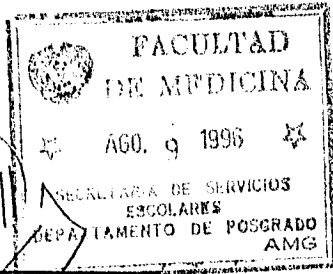
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.



DR. ROBERTO PÉREZ GARCÍA

JEFE DE LA DIVISION DE CIRUGIA, HOSP. JUAREZ DE MEXICO



SECRETARIA DE SALUD  
HOSPITAL JUAREZ DE MEXICO  
DIVISION DE ENSEÑANZA  
DR. JORGE ALBERTO DEL CASTILLO MEDINA.

JEFE DE LA DIVISION DE ENSEÑANZA, HOSP. JUAREZ DE MEX.

#### DEDICATORIA

Dedico el siguiente trabajo de investigación a mi esposa, VERONICA LARA VACA, por ser la primera mujer en el mundo que dirigió una cirugía a distancia, y a DEJANIRA y a JOSE LUIS por haberme acompañado a realizar la residencia en casa.

INDICE GENERAL

TEMARIO	PAG.
Introducción.....	1
Justificación.....	2
Título.....	3
Plantamiento del Problema.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Marco de Referencia.....	4
Hipótesis.....	5
Criterios de Inclusión.....	5
Criterios de Exclusión.....	6
Criterios de Eliminación.....	6
Recursos Materiales.....	6
Recursos Humanos.....	7
Metodología.....	14
Resultados.....	16
Conclusiones.....	25
Bibliografía.....	26
Agradecimientos.....	28

## I N T R O D U C C I O N

Bajo la supervisión del Dr. Roberto Pérez García, Jefe de la División de Cirugía del Hospital Juárez de México, me propongo demostrar en el siguiente trabajo de investigación la factibilidad para ejecutar tres movimientos a un brazo robótico de 6 grados de libertad, como la posibilidad de teledirigirlo por medios alámbricos desde una sala de control ubicada a diez metros de distancia con medios interactivos, es decir, un cirujano experto puede interactuar en tiempo real auxiliando con una endocámara sujeta a un brazo robótico a otro cirujano que realiza una cirugía laparoscópica con la mayor precisión posible, sin estar ahí.

Al convertir los medios interactivos alámbricos en inalámbricos, la presente investigación servirá de base para realizar cirugías de una ciudad a otra o de un continente a otro; como consecuencia incrementará la asistencia quirúrgica, disminuirá la morbi-mortalidad al asistir oportunamente a pacientes que se encuentren alejados. Los cirujanos poco experimentados en laparoscopia podrán ser capacitados a distancia, en lo que se traducirá finalmente en una asistencia de mejor calidad. Si aplicamos inteligencia artificial: procesamiento de voz, visión robótica, sensores de presión, etc., el robot tendrá mayor diversidad de movimientos y, por lo tanto mayor seguridad quirúrgica, debe tomarse en consideración que las decisiones del cirujano jamás podrán ser sustituidas por los avances tecnológicos, con el tiempo nuestra sociedad analizará aspectos: éticos, legales, económicos y culturales para su aceptación.

El desarrollo del presente trabajo abre un capítulo más en la historia de la cirugía en América Latina, siendo el Hospital Juárez de México el primero en llevar a cabo la aplicación de la telecirugía laparoscópica asistida por un brazo robótico en animales de experimentación al realizar tres colecistectomías laparoscópicas el 12, 13 y 14 de junio de 1996, en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco, del Instituto Politécnico Nacional.

JUSTIFICACION:

En la República Mexicana no existen proyectos de cirugía laparoscópica asistida por robots, además de existir solo dos publicaciones con reporte de casos clínicos al respecto.

La telecirugía podrá aplicarse en nuestro país para asesorar a cirujanos generales en técnicas de invasión mínima situados en lugares remotos.

La telecirugía incrementará la asistencia quirúrgica a comunidades lejanas que no gocen con la tecnología quirúrgica de avanzada.

La corta estancia hospitalaria del postoperatorio de los pacientes disminuirán el costo por día, además de una morbi-mortalidad disminuida.

El paciente podrá tratarse oportunamente sin implicar gastos de viaje, alimentos, estancia para él y sus familiares en las grandes ciudades.

El dolor postquirúrgico será menor.

La cirugía robotizada incrementará los conocimientos de las diversas técnicas quirúrgicas de invasión mínima a los médicos residentes en formación que no cuenten con la oportunidad de adquirir esta experiencia en grandes centros hospitalarios lo que reforzará el avance académico y mejor atención quirúrgica, menor morbi-mortalidad, menores gastos al paciente y del sector salud.

La cirugía robotizada abrirá camino a nuevas áreas de la cirugía para el desarrollo de la telepresencia, realidad virtual en colaboración con institutos, universidades, hospitales para el mejor desarrollo del país.

**TITULO:**

TELECIRUGIA LAPAROSCOPICA ABDOMINAL ASISTIDA POR UN BRAZO ROBOTICO A 10 METROS DE DISTANCIA.

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

No existe en nuestro país telecirugía robotizada que asistan cirugía laparoscópica. Llevar a cabo el siguiente proyecto en humanos ampliará la asistencia quirúrgica en poblaciones alejadas que no gozan de los beneficios de la tecnología de avanzada y de invasión mínima; así como el incremento en la experiencia en cirugía laparoscópica por cirujanos poco expertos coordinados a cientos de kilómetros de distancia.

**OBJETIVO GENERAL:**

Realizar telecirugía laparoscópica abdominal en animales de experimentación con un brazo robótico de 6 grados de libertad que sujetará la endocámara teledirigida a 10 metros de distancia para asistir 3 colecistectomías laparoscópicas realizadas por un solo cirujano en el Departamento de Manufactura Integrada por Computadora en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, los días 12, 13 y 14 de junio de 1996.

**OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

Aplicar la cirugía asistida por robot en humanos para incrementar el número de cirugías de invasión mínima.

Intervenir con la mejor precisión posible.

Asistir cirugía laparoscópica desde grandes distancias por un cirujano experto.



Realizar cirugías robotizadas con procesamiento de voz.

Observar el campo quirúrgico con monitores en tercera dimensión.

Realizar cirugías con sistemas de seguridad que no pongan en peligro la vida del paciente.

Realizar cirugías con el menor personal de asistencia quirúrgica.

Integrar sistemas de inteligencia artificial, visión robótica, mejores medios interactivos que proporcionen mayor precisión quirúrgica y mejor comunicación entre el cirujano y el teleoperador.

#### MARCO DE REFERENCIA:

El término robot se empleó por vez primera en CAPEK en 1920 por el Checoslovaco ROBOTIA en la obra literaria "Forced Labors" (labores forzadas).

La robótica nace en Europa y transita a Japón y a Estados Unidos de América, aplicándose en las siguientes áreas quirúrgicas: neurocirugía (cirugía estereotáxica, ortopedia (colocación de prótesis de cadera), cirugía maxilofacial, oftalmología, cirugía laparoscópica.

En el Hospital de Rothschild en París, Francia cuentan con un robot que sujeta la endocámara.

En Estados Unidos de Norteamérica la primera cirugía robotizada estereotáxica la realizó el Dr. Patrice Kelly en 1982, en la Clínica Mayo, en Rochester, Minnessota.

En noviembre de 1992, en Sacramento, California se construyó el robot DOC para colocar prótesis de cadera. En 1993, los doctores Sackier y Y. Wang de la Universidad de San Diego, fabrican con la Compañía Computer Motion en Goleta, California un robot de 6 grados de libertad AESOP (Automated Endoscope System For Optimal Potitioning)

que sujeta una endocámara con la capacidad de ser controlado por un pedal o manualmente.

En 1994, el Dr. Kavoussi, Moore y Cols. del Hospital Johns Hopkins, en Baltimore, Maryland y The Walter Reed Army, de Washintong, D. C. reportan 3 cirugías laparoscópicas asistidas por el robot AESOP que sujeta la lente teledirigido a 35 pies de distancia (10.67 metros) en puercos en quienes se realizaron una colecistectomía con un tiempo quirúrgico de 38 minutos además de una esplenectomía y nefrectomía. En diciembre de 1995, reportan 10 cirugías urológicas aplicadas a 17 humanos y donde un cirujano es asistido por uno o dos brazos robóticos controlados por un pedal o digitalmente, no tuvieron complicaciones trans ni postoperatorias, el costo del brazo robótico fue de 25 mil dólares y el costo por hora de cada brazo es de 7.70 dólares, mucho más económico que pagar 18 dólares por hora a un residente por su asistencia. Actualmente el Dr. Sackier con el robot AESOP 2000 con procesamiento de voz con un costo aproximado de 56 mil dólares.

**HIPOTESIS AFIRMATIVAS:**

La telecirugía laparoscópica abdominal asistida por un brazo robótico es útil para realizar colecistectomías.

**CRITERIOS DE INCLUSION:**

3 puercos vivos  
de ambos sexos  
de 15 kilogramos de peso.  
Raza F1  
cerdos sanos  
con ayuno de 24 horas

Provenientes del Centro de Apoyo Jhonson y Jhonson Medical México.

**CRITERIOS DE EXCLUSION:**

Cerdos que muestren signos de enfermedad previos a la cirugía.

Cerdos sin ayuno dentro de las 48 horas previas a la cirugía.

Peso menor o mayor a 15 kilogramos.

Raza diferente a Fl.

**CRITERIOS DE ELIMINACION:**

Cerdos muertos.

cerdas preñadas.

**RECURSOS MATERIALES:**

Domio de acrílico transparente de 40 por 45 centímetros por 30 centímetros de altura.

Dos intercomunicadores Maxon 49-IX con cinco canales.

Una videocasetera Zenith VHS.

Seis videocassets VHS.

Una cámara fotográfica Canon EOS 5000.

Dos rollos de películas de 36 exposiciones cada una.

Cuatro uniformes quirúrgicos.

Un equipo de cirugía menor.

Nueve pares de botas.

Nueve cubrebocas.

Dieciocho pares de guantes desechables.

Tres sobres de Vicryl del cero.

Tres hojas de bisturí del número 15.

250 mililitros de Isodine solución.

Tres cerdos Raza Fl.

RECURSOS MATERIALES (continuación) :

ESIME Unidad Azcapotzalco.

Un brazo robótico de 6 grados de libertad modelo Puma, con sistema computarizado, marca Wyse, modelo WY-50, monitor 2D, Unidad Central, tablero, regulador, teaching.

Dos diskets de 5 1/4 de pulgada, doble densidad.

Una cámara de video Sony.

Una televisión de 29" a color.

Una tabla de dos metros de largo por uno de ancho.

JOHNSON Y JOHNSON MEDICAL MEXICO :

Un equipo completo de cirugía laparoscópica.

Dos monitores de 14" marca Sony Olympus Keymed Imaging Cartti-1300.

Un insuflador Olympus.

Electrocauterio Pfizer Forcez Olympus.

Instrumental laparoscópico para cirugía de vesícula.

Una endocámara de 10 milímetros de diámetro y ángulo de cero grados.

Sistema de irrigación y aspiración.

Ocho batas desechables estériles.

Dos bultos desechables de campos quirúrgicos.

RECURSOS HUMANOS :

Dos especialistas en cirugía general.

Un especialista en anestesiología.

RECURSOS HUMANOS (continuación):

Un ingeniero en biomédica.

Seis ingenieros en electrónica.

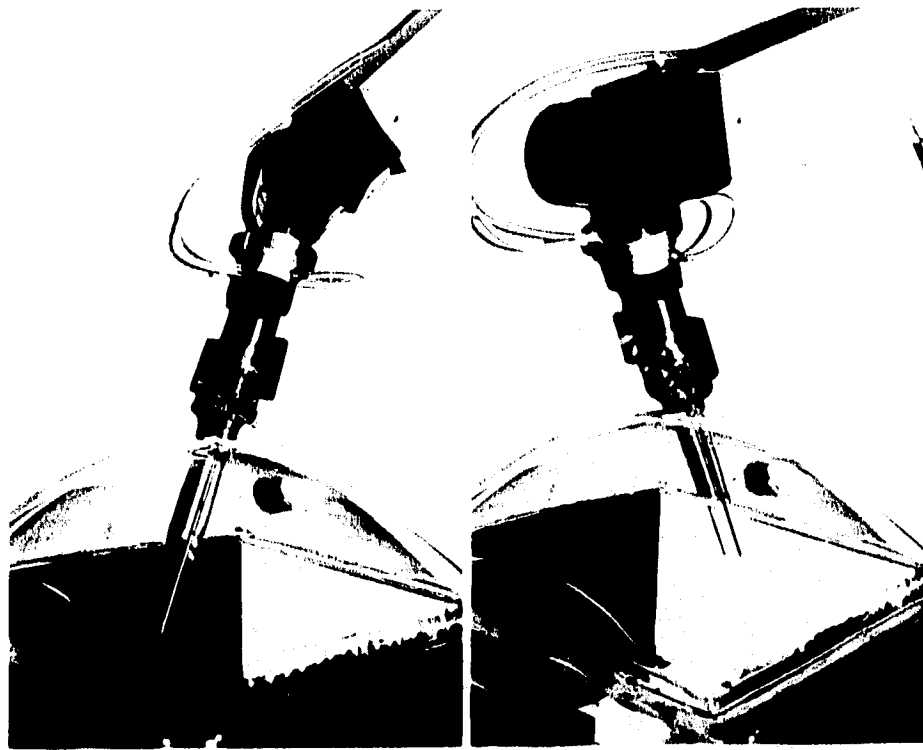
Un veterinario.

Un técnico en equipo de laparoscopia.

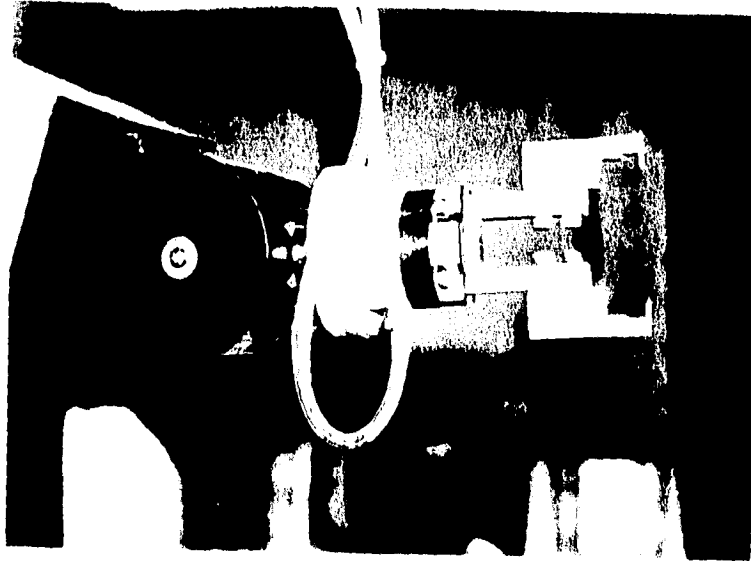
PRESUPUESTO APROXIMADO :

Gastos diversos	\$ 25,000.00
Sistema robotizado	491,000.00
Equipo de cirugía laparoscópica	<u>680,000.00</u>
<b>T O T A L</b>	<b>1'196,000.00</b>
	157,368.42 USD

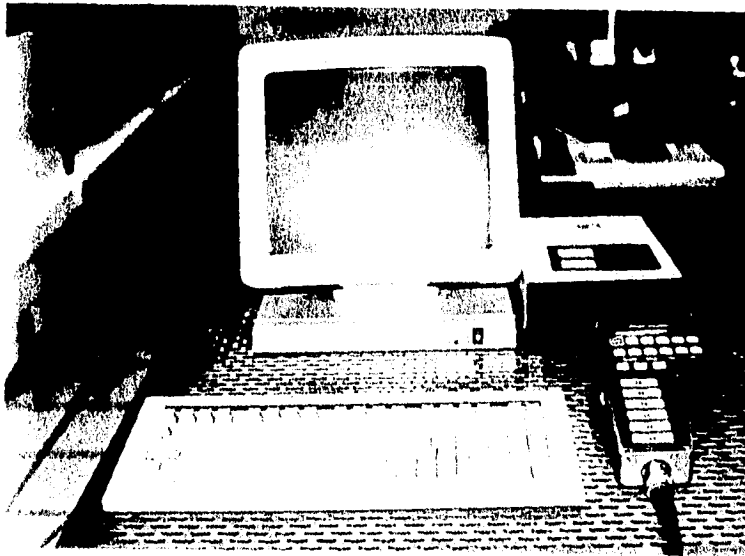
DOMO DE ACRILICO TRANSPARENTE



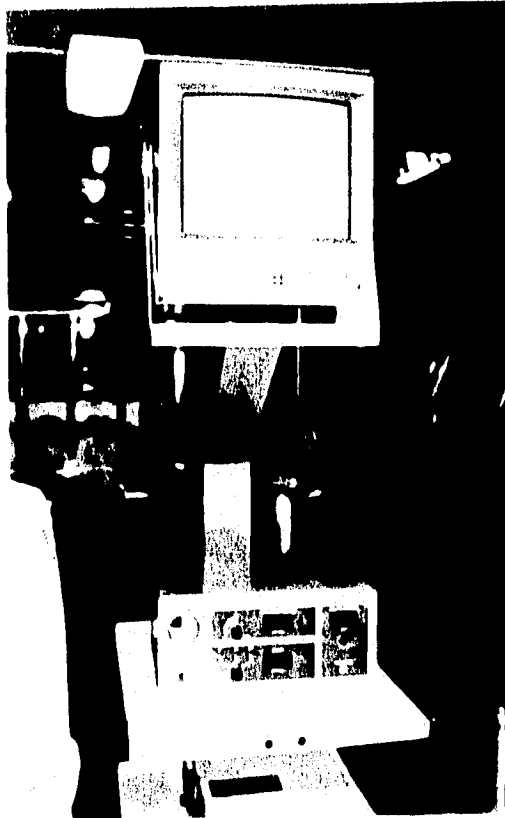
BRAZO ROBOTICO



COMPUTADORA

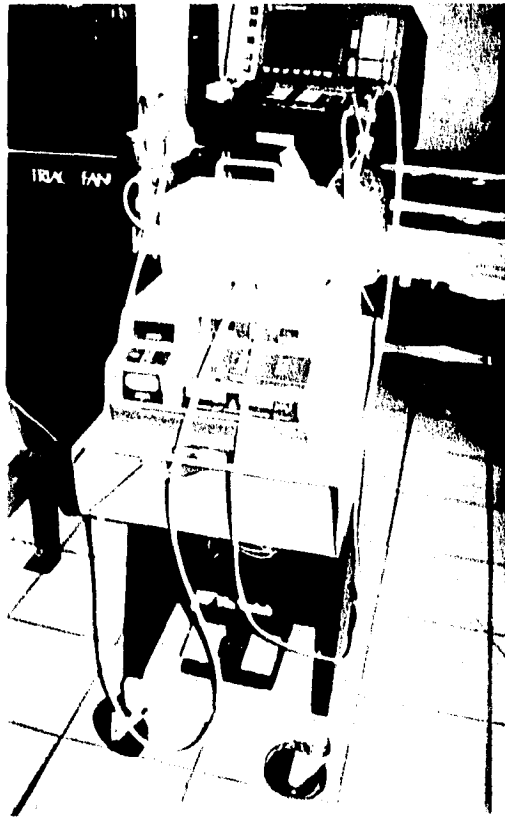


EQUIPO DE LAPAROSCOPIA

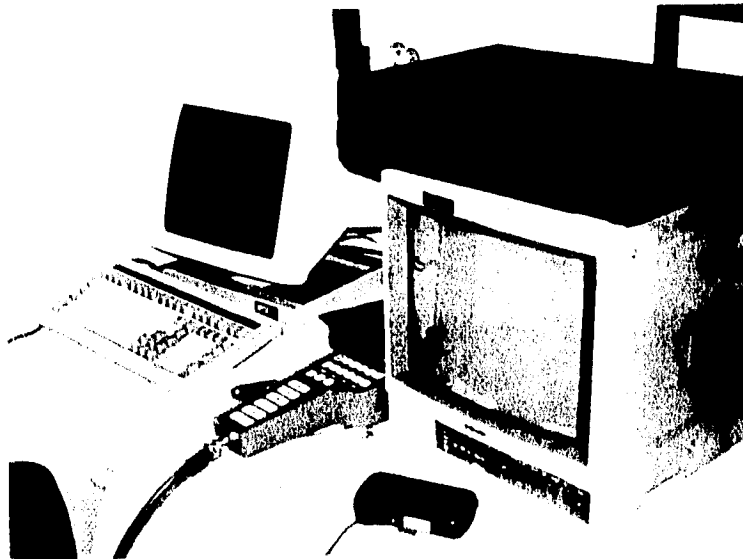




SISTEMA DE ASPIRACION E IRRIGACION EQUIPO DE ELECTROCLURUGIA



I N T E R F A S E S



#### METODOLOGIA:

##### PROGRAMACION DEL ROBOT PUMA:

En el Departamento de Manufactura Integrada por Computadora de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco, del Instituto Politécnico Nacional, se diseñó un programa software para proporcionar tres movimientos al brazo robótico (1.- adentro y afuera; 2.- derecha e izquierda; 3.- arriba y abajo) por alumnos de dicho departamento, una vez obtenidos se llevó a prueba en un domo de acrílico transparente simulando un abdomen con pneumoperitoneo el 7 de septiembre de 1995 y aplicarse en animales de experimentación el 12, 13 y 14 de junio de 1996.

##### EQUIPO DE LAPAROSCOPIA :

Se solicita al Laboratorio Johnson y Johnson un equipo completo de laparoscopia con un monitor extra e instrumentos laparoscópicos para cirugía de vesícula, quienes instalaron y apoyaron técnicamente las tres cirugías con un funcionamiento adecuado en cada una de ellas.

##### PREPARACION DE LOS ANIMALES:

Durante dos días previos a la cirugía se mantuvieron en ayuno a tres puercos escogidos al azar (un macho y dos hembras) en el Centro de Apoyo de Johnson y Johnson. Se asearon con agua y jabón, además de tricotomía abdominal. Diez minutos antes de la cirugía se administraron 10 miligramos de Diazepam por vía intramuscular, dosis única para ser llevados a la mesa quirúrgica en donde el anestesiólogo y el técnico administraron 10 miligramos de Diazepam y 10 miligramos de Tiopental por vía intravenosa a dosis respuesta. Una vez terminada la cirugía fueron llevados a una sala de recuperación en el Centro de Apoyo, 24 horas después dos de ellos fueron donados a

dos familias de bajos recursos económicos.

#### TECNICA QUIRURGICA:

Una vez coordinados la sala de control y la sala del quirófano separados por 10 metros de distancia e integrado el primero por un cirujano experto en laparoscopia y un ingeniero en electrónica y la sala del quirófano integrada por un cirujano general un brazo robótico de 6 grados de libertad, un anestesiólogo y un técnico se prueban las interfases (intercomunicadores), circuito cerrado, monitor de laparoscopia) el cirujano indica el momento para realizar la cirugía (ver figura).

Bajo anestesia general intravenosa, en decúbito supino, en semifowler, previa asepsia y antisepsia de la región abdominal y colocación de campos estériles y bolsa colectora de orina se realizan una incisión de 10 mm y dos de 5 mm de longitud, transversales localizadas en flanco izquierdo sobre la línea media clavicolar, la segunda en hipocondrio izquierdo y la tercera en flanco derecho sobre la línea axilar anterior respectivamente, a través de la primera incisión se introduce aguja de veres y dióxido de carbono a razón de 12 mm Hg de presión intrabdominal se retira aguja y se introduce trocar de 10 mm y a través de él el cirujano ubicado en la sala de control teledirige al brazo robótico que sujeta la endocámara y proporcionarle al cirujano un campo quirúrgico adecuado; se introducen trócares de 5 mm, pinzas grasper, pinza disectora bajo visión directa, se diseca la arteria y conducto cístico, y se colocan tres grapas y entre la media y la distal se corta para proceder a la disección del cuerpo y fondo de la vesícula en forma retrógrada, se extrae la vesícula, se irriga y aspira el lecho vesicular, la

la corredera parietocólica derecha y ante la ausencia de sangrado se extraen la pinza gráspes y el irrigador bajo visión directa. El robot teledirigido retira la endocámara y la coloca en las manos del cirujano. Se colocan puntos en x a la poneurosis con vicryl del cero y grapas en la piel.

**Complicaciones.**

Dificultad para meter la endocámara en dos primeras colesistectomías, limitación de movimientos del brazo robótico para explorar cuadrantes abdominales inferiores, en la sala de control había ausencia de imagen del circuito cerrado en varias ocasiones por lapsos de 5 a 10 segundos, ruidos de interferencia en los intercomunicadores al hacer contacto del cirujano con la mesa quirúrgica.

**RESULTADOS:**

PACIENTES	TIEMPO QUIRURGICO	MORTALIDAD
Puerco No. 1	35 minutos	0
Puerco No. 2	35 minutos	0
Puerco No. 3	45 minutos	0

PACIENTES	SEXO	PESO	RAZA
Puerco No. 1	hembra	15 kilogramos	F1
Puerco No. 2	hembra	15 kilogramos	F1
Puerco No. 3	macho	15 kilogramos	F1

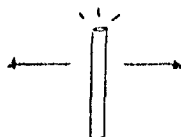
P = 0.05

PROGRAMACION DE MOVIMIENTOS

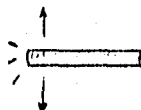
ADENTRO Y AFUERA



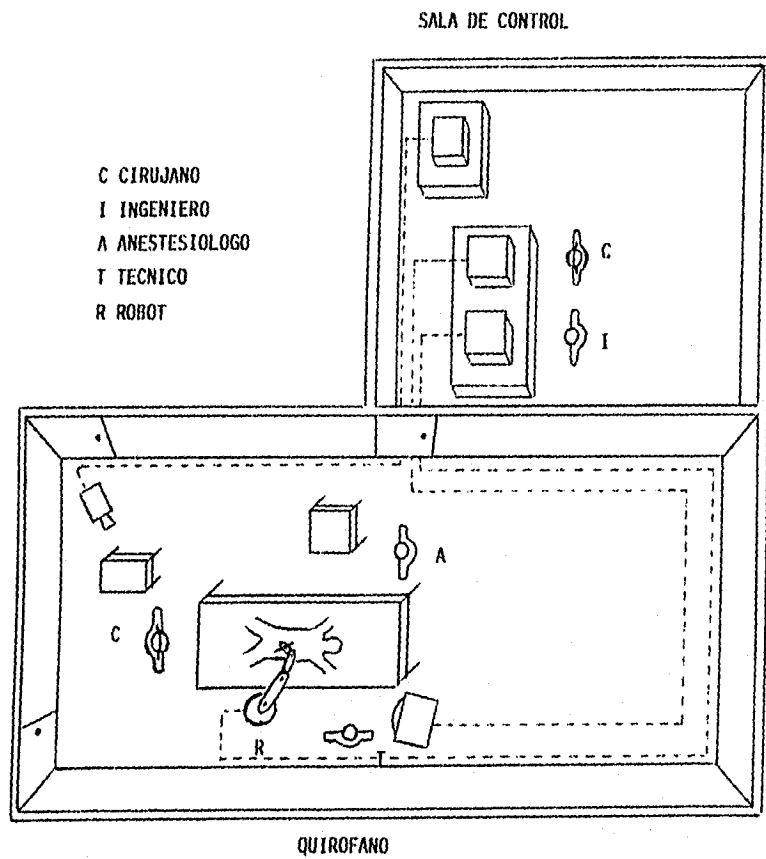
DERECHA E IZQUIERDA



ARRIBA Y ABAJO



MODELO DE LA SALA DE QUIROFANO Y LA SALA DE CONTROL



SALA DE CONTROL



19

ESTA TESIS NO PUEDE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



Q U I R O F A N O



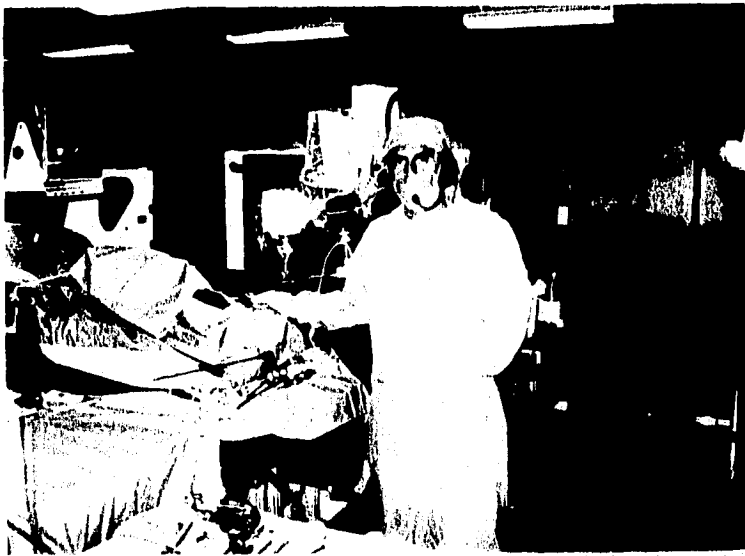
INCISIONES ABDOMINALES



COLESISTECTOMIA LAPAROSCOPICA CON  
UN CIRUJANO Y UN BRAZO ROBOTICO

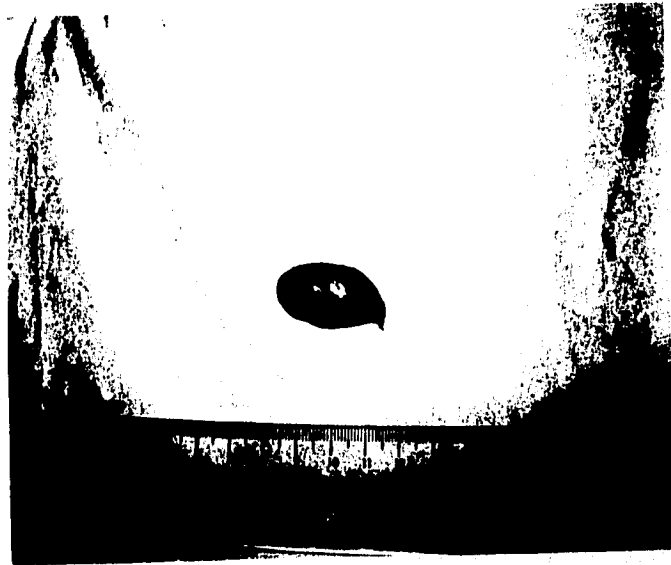


UN CIRUJANO Y SU TERCERA MANO



VESICULA BILIAR

PUERCO No. 3



#### CONCLUSIONES :

Es factible realizar cirugía laparoscópica asistida por un brazo robótico de 6 grados de libertad que sujeta la endocámara, teledirigido por un cirujano experto desde una sala de control o quirófano distal ubicado a diez o mas metros de distancia con medios alámbricos.

Con la programación del brazo robótico para realizar movimientos a la endocámara es posible utilizarlos para pinzas, tijeras y otros instrumentos laparoscópicos con efectores finales adecuados, es decir, podrán teledirigirse uno o mas brazos robóticos .

El tiempo quirúrgico será menos prolongado si se programan movimientos de mayor diversidad.

La seguridad de los pacientes será mayor si se agregan; sensores de presión, visión robótica, procesamiento de voz "inteligencia artificial". Esta investigación servirá de base para abrir nuevos campos de tecnología de avanzada, como telecirugía inalámbrica, telepresencia, realidad virtual.

El Hospital Juárez de México es el pionero al realizar telecirugía robotizada al practicar colecistectomías laparoscópicas asistida por un brazo robótico teledirigido a diez metros de distancia el día 12 de junio de 1996.

B I B L I O G R A F I A .

- 1.- Chrystian D. et Pierre H: CHIRURGIE ASSISTEE PAR LE VIRTUEL  
Technol Intern 1995, 11: 10-15.
- 2.- Barry L. y Bett R: ROBOTICA Y REALIDAD VIRTUAL, LA MEDICINA ENTRA  
EN UNA NUEVA ERA Mundo 1995, 15: 9-11.
- 3.- Jean M. B: LE ROBOT CHIRURGIEN MED 1995, 10: 122-129.
- 4.- Kavoussi L. R. y Cols: TELEROBOTIC ASSISTED LAPAROSCOPIC SURGERY.  
INITIAL LABORATORY AND CLINICAL EXPERIENCE Urol 1994, 44: 9-15.
- 5.- Kavoussi y Cols: COMPLETE ROBOT-ASSISTED LAPAROSCOPIC UROLOGIC  
SURGERY: A PRELIMINARY REPORT Urol 1995 181: 552-557.
- 6.- Michel L. T: CHIRURGIE ASSISTEE, OPERE PAR UN ROBOT Technol  
Intern 1995, 3: 60-63.
- 7.- Olivier A: LA TELECHIRURGIE S'EMPRE DES IMAGES VIRTUELLES  
Technol Intern 1995, 11: 3-6.
- 8.- Peter M y Cols: TELECONFERENCING BRIDGES TWO OCEANS AND SHRINKS  
THE SURGICAL WORLD Surg Technol Intern IV 1995, 4: 29-32.
- 9.- Rininsland HH: BASICS OF ROBOTICS AND MANIPULATORS IN ENDOSCOPIC  
SURGERY Endoscopic Surgery allied-technol 1995, 3: 154-159.
- 10.- Sackier J. M; Wang Y: ROBOTICALLY ASSISTED LAPAROSCOPIC SURGERY  
Surgery Endosc 1994, 8: 63-66.
- 11.- Satava RM: SURGERY 2001 A TECHNOLOGIC FRAMEWORK FOR DE FUTURE  
Surgery Endosc 1993, 7: 111-113.

12.- Satava RM; Simon-IB: ENDOSCOPY FOR DE YEAR 2000 Gastrointestinal  
endosc-clin-N-Am 1994, 4: 397-407.

13.- Satava RM: FOREWORD Surg Technol Intern IV 1995, 4: 23-24.

14.- Satava RM Simon IB: TELEOPERATION, TELEROBOTICS AND TELEPRESENCE  
IN SURGERY Endosc-surgery allied-technol 1993, 1: 151-153.

15.- Simon IB: SURGERY 2001, CONCEPTS OF THE PRESENCE SURGERY Surgery-  
endosc 1993, 7: 462-463.



#### AGRADECIMIENTOS :

Agradezco al Dr. Roberto Pérez García, Jefe de la División de Cirugía del Hospital Juárez de México, S. S. A. por su valiosa colaboración para llevar a término con éxito el presente trabajo.

Agradezco infinitamente al Departamento de Manufactura Integrada por Computadora de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional por la realización de los programas por computadora del sistema robotizado y la fabricación del efector final para llevar a cabo las colecistectomías laparoscópicas asistida por un robot.

Asimismo agradezco en igual forma al Centro de Apoyo del Instituto Johnson y Johnson Medical México, por haber suministrado el equipo y accesorios indispensables de cirugía laparoscópica para llevar a cabo las intervenciones realizadas.

Agradezco a los canales televisivos 9 y 11 de Televisa e Instituto Politécnico Nacional, a sus noticieros "Muchas Noticias" y "Enlace" respectivamente, así como a los diarios y revistas especializadas que difundieron en gran medida el acontecimiento científico.

En forma especial agradezco al Coronel Richard M. Satava M.D. del Walter Reed Army Medical Center, Washington D.C. USA, por haberme ilustrado e inspirado en el desarrollo de esta investigación.