“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE CÁLCULOS RENALES Y BILIARES UTILIZADOS EN LA POBLACIÓN DE EL SALVADOR”

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PREPARADO PARA LA FACULTAD
DE INGENIERÍA.

PARA OPTAR AL GRADO DE
INGENIERO BIOMÉDICO.

POR:
BR. MAURICIO WEIL RAMÍREZ

ASESOR DEL PROYECTO:
ING. LUIS DANIEL RAMÍREZ.

CIUDADELA DON BOSCO, ENERO 18 DEL 2003.

CONTENIDO.

PÁG.

CAPÍTULO I. *INTRODUCCIÓN.*

1. INTRODUCCIÓN. **1**

CAPÍTULO II. *CONCEPTOS BÁSICOS.*

2.1. EL SISTEMA URINARIO. **2**
2.1.1. LOS RIÑONES. **2**
2.1.2. LA VEJIGA URINARIA. **3**
2.1.3. LOS URÉTERES. **3**
2.1.4. LA URETRA. **3**
2.1.5. LOS ESFÍNTERES. **3**
2.1.6. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA URINARIO. **4**

2.2. EL SISTEMA BILIAR. **6**
2.2.1. LA VESÍCULA BILIAR. **6**
2.2.2. LOS CONDUCTOS HEPÁTICOS. **6**
2.2.3. EL COLÉDOCO. **6**
2.2.4. EL CONDUCTO CÍSTICO. **7**
2.2.5. EL ESFÍNTER DE ODDI. **7**

2.3. NATURALEZA DE LOS CÁLCULOS RENALES Y BILIARES. **7**
2.3.1. CÁLCULOS RENALES. **7**
2.3.1.1. ORIGEN. **7**
2.3.1.2. CLASIFICACIÓN. **9**
2.3.1.3. DIAGNÓSTICO DE LA LITIASIS RENAL. **11**
2.3.1.4. CONSECUENCIAS DE LA LITIASIS RENAL. **16**
2.3.2. CÁLCULOS BILIARES. **17**
2.3.2.1. ORIGEN. **17**
2.3.2.2. CLASIFICACIÓN. **17**
2.3.2.3. DIAGNÓSTICO DE LA LITIASIS VESICULAR Y EN LOS CONDUCTOS BILIARES. **18**
2.3.2.4. CONSECUENCIAS DE LA LITIASIS VESICULAR Y EN LOS CONDUCTOS BILIARES. **22**

CAPÍTULO III. *COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LITIASIS APLICADAS A LA POBLACIÓN DE EL SALVADOR.*

3.1 TECNOLOGÍAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LITIASIS RENAL. **23**
3.1.1. TÉCNICAS DE IMAGENOLOGÍA. **24**
3.1.2. TÉCNICAS ENDOSCÓPICAS. **26**

3.2 TECNOLOGÍAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LITIASIS VESICULAR Y CONDUCTOS BILIARES. **27**

3.3 COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LAS DIFERENTES TIPOS DE LITIASIS. **29**

CAPÍTULO IV. *TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA EL TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE LITIASIS APLICADAS EN EL SALVADOR.* **31**

4.1 CIRUGÍA ABIERTA. **31**
4.1.1 GENERALIDADES. **31**
4.1.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TECNOLOGÍA. **31**
4.1.2 REQUERIMIENTOS DE EQUIPO. **32**
4.1.3 REQUERIMIENTOS DE PERSONAL. **44**
4.1.4 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA INSTALACIONES Y ÁREA FÍSICA. **44**
4.1.5 SISTEMAS DE APOYO. **59**
4.1.6 REQUERIMIENTOS DE ATENCIÓN POSTOPERATORIA. **60**

4.2 CIRUGÍA ENDOSCÓPICA. **61**
4.2.1 GENERALIDADES. **61**
4.2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TECNOLOGÍA. **62**
4.2.2.1 CÁLCULOS BILIARES **62**
4.2.2.2 CÁLCULOS RENALES. **63**
4.2.2.2.1 LITOTRICIA POR TECNOLOGÍA ELECTROHIDRÁULICA **63**
4.2.2.2.2 LITOTRICIA POR TECNOLOGÍA ULTRASÓNICA **70**
4.2.2.2.3 LITOTRICIA POR TECNOLOGÍA LÁSER **77**
4.2.2.2.4 LITOTRICIA CON LITHOCLAST **93**
4.2.2.2.5 LITOTRICIA CON IMPACTOR PNEUMÁTICO **98**
4.2.2.2.6 NEFROLITOTOMÍA PERCUTÁNEA ENDOSCÓPICA. **98**
4.2.3. REQUERIMIENTOS DE EQUIPO **99**
4.2.4. REQUERIMIENTOS DE PERSONAL **102**
4.2.5. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA INSTALACIONES Y DE ÁREA FÍSICA. **102**
4.2.6 SISTEMAS DE APOYO. **102**
4.2.7 REQUERIMIENTOS DE ATENCIÓN POSTOPERATORIA. **103**

4.3 CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA. **104**
4.3.1 GENERALIDADES. **104**
4.3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TECNOLOGÍA. **105**
4.3.2 REQUERIMIENTOS DE EQUIPO. **105**
4.3.3 REQUERIMIENTOS DE PERSONAL. **108**
4.3.4 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA INSTALACIONES Y ÁREA FÍSICA. **108**
4.3.5 SISTEMAS DE APOYO. **108**
4.3.6 REQUERIMIENTOS DE ATENCIÓN POSTOPERATORIA. **108**

4.4 LITOTRICIA EXTRACORPÓREA POR ONDAS DE CHOQUE. **109**
4.4.1 GENERALIDADES. **109**
4.4.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TECNOLOGÍA. **109**
4.4.1.2. PRINCIPIOS FÍSICOS, ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS **110**
4.4.1.3. PROPIEDADES DE LAS ONDAS DE CHOQUE **111**
4.4.2. TIPOS DE GENERADORES DE ONDAS DE CHOQUE UTILIZADOS EN LITOTRICIA EXTRACORPÓREA. **112**
4.4.2.1. GENERADOR ELECTROHIDRÁULICO. **112**
4.4.2.2. GENERADOR ELECTROMAGNÉTICO. **113**
4.4.2.3. GENERADOR PIEZOELÉCTRICO. **114**
4.4.2.4. GENERADOR ELECTROCONDUCTIVO. **114**
4.4.3. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN GENERADOR DE ONDAS DE CHOQUE. **115**
4.4.4 REQUERIMIENTOS DE EQUIPO. **119**
4.4.5 REQUERIMIENTOS DE PERSONAL. **126**
4.4.6 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA INSTALACIONES Y ÁREA FÍSICA. **126**
4.4.7 SISTEMAS DE APOYO. **130**
4.4.8 REQUERIMIENTOS DE ATENCIÓN POSTOPERATORIA. **130**

CAPÍTULO V. *ANÁLISIS DE COSTOS.*

5.1 CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE COSTOS. **131**

5.2 COSTOS DE EQUIPAMIENTO. **131**
5.2.1. CIRUGÍA ABIERTA **132**
5.2.2. LAPAROSCOPIA EN COLELITIASIS. **133**
5.2.3. ENDOSCOPÍA EN COLELITIASIS. **133**
5.2.4. ENDOSCOPÍA UROLITIASIS. **133**
5.2.5. LITOTRICIA EXTRACORPÓREA. **134**

5.3 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA. **134**

5.4 COSTOS DE OPERACIÓN Y ATENCIÓN POSTOPERATORIA **136**
5.4.1. SISTEMA NACIONAL DE SALUD. **137**
5.4.2. INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL. **142**
5.4.3. SECTOR PRIVADO. **143**

CAPÍTULO VI. *ANÁLISIS EPIDEMIOLÓGICO.*

6.1. LITIASIS RENAL. **144**
6.1.1. INDICADORES MUNDIALES. **144**
6.1.2. INDICADORES NACIONALES. **145**

6.2. LITIASIS EN VESÍCULA Y CONDUCTOS BILIARES. **148**
6.2.1. INDICADORES MUNDIALES. **148**

6.2.2. INDICADORES NACIONALES. **150**

CAPÍTULO VII. *CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.*

7.1. LITIASIS RENAL. **153**

7.2. LITIASIS BILIAR. **156**

CAPITULO VIII. *BIBLIOGRAFÍA.*

8.1. BIBLIOGRAFÍA. **158**

ANEXOS. **A**

1) ÍNDICE DE FIGURAS..... **B**

2) ÍNDICE DE IMÁGENES..... **D**

3) TABLA DE NIVELES RECOMENDADOS DE ILUMINANCIA HORIZONTAL EN VARIOS PAÍSES DEL MUNDO..... **F**

4) ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO..... **G**

5) RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE CÁLCULOS RENALES..... **H**

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

La investigación en el marco de la Ingeniería Biomédica requiere la aplicación de múltiples habilidades de diferentes disciplinas de la ciencia. Esta investigación deberá a su vez tener un fin bien definido y positivo para la actividad humana; específicamente en el cuidado de la salud de la persona, la seguridad del paciente y de las instalaciones, así como el efectivo uso de los escasos recursos con los que se cuenta para tratar a la persona enferma.

El Salvador es un país con muy limitados recursos económicos, lo que obliga a que al tomar una decisión respecto a cuales tecnologías adquirir para tratar uno o diversos tipos de patologías, ésta decisión se haga mediante un exhaustivo análisis de las características de la patología, sus consecuencias, y su incidencia en la población nacional en un principio; y las características técnicas de la tecnología o procedimiento para tratar dicha o dichas patologías, costos de la tecnología o procedimiento, capacidades humanas requeridas, e instalaciones necesarias en un segundo momento.

En el presente documento se presenta el consolidado de la investigación realizada acerca de las patologías de la Litiasis en el Sistema Urinario y la Litiasis del Sistema Biliar, su diagnóstico y sus métodos de tratamiento y eliminación en cinco diferentes centros de atención de El Salvador, representativos del Sistema Nacional de Salud, del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y del Sector Privado de Salud. Comprende todos los puntos expresados en el párrafo anterior y se espera que sirva de guía a Ingenieros Diseñadores de Instalaciones, Consultores y a los departamentos encargados de la adquisición de equipamiento médico.

CAPÍTULO II. CONCEPTOS BÁSICOS.

Debido a la naturaleza de este trabajo, es necesario en un primer momento familiarizarse con los sistemas anatómicos y fisiológicos involucrados con la patología de la Litiasis, y sus funciones dentro del correcto funcionamiento del organismo humano. La palabra Litiasis proviene del griego LITOS (*λιθος*), que significa piedra, y se refiere a la formación de cálculos o concreciones en una parte, especialmente en las vías biliares y urinarias. La palabra litiasis también se le conoce como calculosis o "mal de piedra" [1].

2.1. EL SISTEMA URINARIO.

El sistema urinario es un sistema especial que se dedica a la tarea de mantener constante la alcalinidad y la composición química de la sangre, mediante la remoción de los productos de desecho y el exceso de agua y sales de la sangre [3]. Se compone de las siguientes partes: dos riñones, dos uréteres, la vejiga, la uretra y dos esfínteres.

2.1.1. LOS RIÑONES.

El riñón es un órgano doble (hay dos) que elabora la orina con la que se elimina agua y desechos del organismo, además de regular la presión sanguínea y estimular la formación de la sangre. Su peso medio suele oscilar en unos 150 gramos y sus medidas aproximadas son de 11,5 cm de largo , 6 cm de ancho y 3,5 de grosor. Ambas estructuras tienen en su porción superior la glándula suprarrenal, la cual genera eritropoyetina, fundamental en la elaboración de los glóbulos rojos.

Los riñones elaboran la orina a partir de la depuración de la sangre filtrándola a sus cavidades denominadas cálices, los cuales confluyen en la pelvis renal que se continúa con el uréter. La cantidad diaria de orina es aproximadamente de un litro y medio diario y suele estar condicionada por la ingesta de líquidos y las pérdidas por sudor, heces y la transpiración a través de la piel.

2.1.2. LA VEJIGA.

La vejiga es un órgano único de localización central en la pelvis, de forma esférica – triangular, que se continúa con la uretra en su porción más inferior. Su función es de almacenaje acomodándose mediante distensión a volúmenes de orina que varían entre 250-500 ml. De la misma forma desempeña un papel fundamental en la expulsión de orina al exterior cuando alcanza su límite de capacidad de llenado. Para el proceso de expulsión (micción) la vejiga se contrae utilizando su porción muscular denominado músculo detrusor constituido por fibras musculares lisas de control vegetativo autónomo. Este músculo gracias a sus características elásticas es capaz de distenderse hasta su capacidad máxima sin apenas variar su presión interior, fenómeno conocido como acomodación. En su interior debemos diferenciar una porción denominada trígono de forma triangular limitada por los dos orificios ureterales y el uretral.

2.1.3. LOS URÉTERES.

El uréter es un órgano par que une cada riñón con la vejiga desembocando en un orificio en esta última denominado meato ureteral. Transportan la orina mediante movimientos peristálticos regulados por el sistema nervioso autónomo.

2.1.4. LA URETRA

La uretra es un órgano impar y medio en el que terminan las vías urinarias. Por este conducto se expulsa la orina desde la vejiga al exterior. En el hombre la uretra mide unos 16 cm. de largo y tiene 4 porciones, uretra prostática, membranosa, bulbar y peneana, a diferencia de la de la mujer que es totalmente membranosa y mide sólo unos 4 cm. En el hombre además de conducir la orina también conduce el semen a partir de la uretra prostática durante la eyaculación.

2.1.5. LOS ESFÍNTERES.

Los esfínteres son estructuras funcionales cuya función es por un lado mantener la orina en la vejiga durante el llenado vesical y facilitar su evacuación durante el acto miccional.

Existen dos tipos de esfínteres:

- Esfínter liso: Ubicado en el cuello vesical que responde al control del sistema nervioso autónomo, es decir sin control voluntario.
- Esfínter estriado o externo: Situado alrededor de la uretra, con fibras musculares circulares con prolongaciones hasta el cuello vesical. Su control es voluntario dependiente del sistema nervioso central.

2.1.6 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA URINARIO.

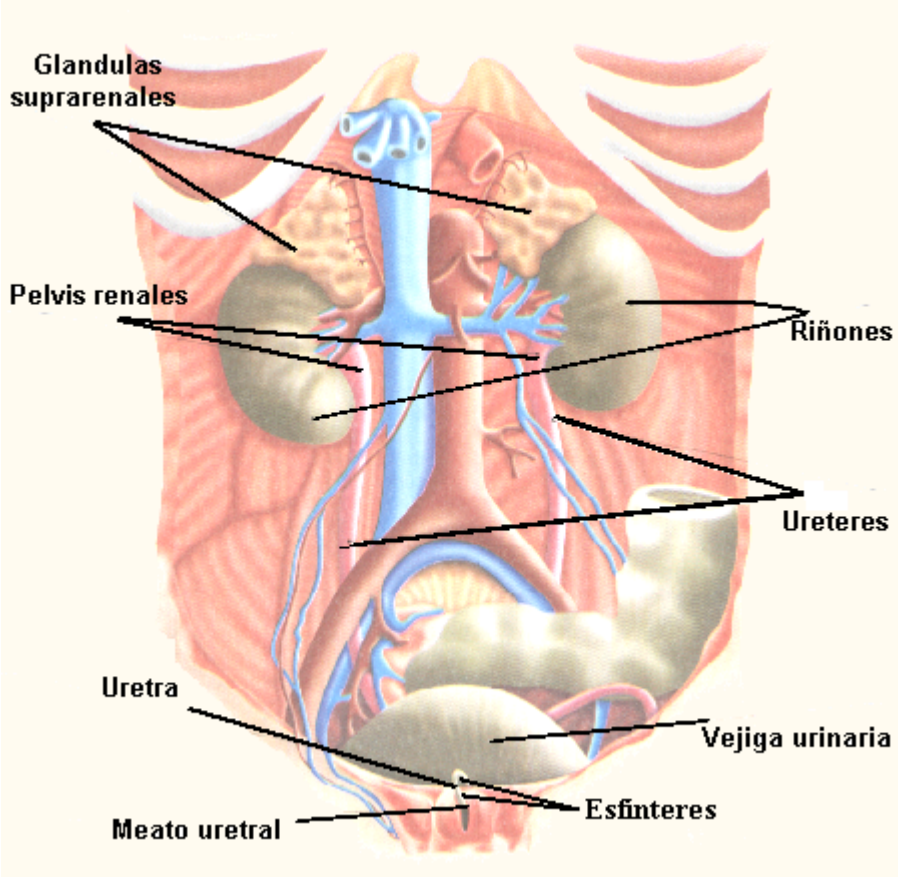
Los riñones se encuentran permanentemente filtrando la sangre de nuestro organismo utilizando el fenómeno físico de la ósmosis y la permeabilidad de las membranas. Los materiales de descarte pasan a la orina de un medio de mayor concentración a uno de menor concentración. El material de descarte (orina) se hace llegar desde los riñones hacia la vejiga por medio de los uréteres.

La dinámica de la micción (el proceso de orinar) tiene lugar cuando la vejiga alcanza su capacidad fisiológica, diferenciando por tanto dos fases:

- Fase de llenado: En virtud de su capacidad elástica y de tono muscular la vejiga se adapta a la cantidad de orina que le llega a través de los uréteres hasta capacidades de aproximadamente entre los 250-500ml. Este proceso de llenado es inconsciente hasta que se encuentra llena. Los esfínteres permanecen cerrados.

- Fase de vaciado: La evacuación se produce con la relajación de los esfínteres y la contracción simultánea del músculo detrusor precisando de una coordinación automática.

FIGURA #1. ESQUEMA BÁSICO DEL SISTEMA UROLÓGICO.



La Figura #1 muestra la estructura anatómica básica de un sistema urinario normal. Dentro del sistema urinario pueden existir ciertas malformaciones anatómicas que hagan diferir la estructura de éste a la mostrada.

2.2 EL SISTEMA BILIAR.

El Sistema Biliar es un anexo del Aparato Digestivo (Figura 3). Sirve como auxiliar en la administración de los fluidos hepáticos (bilis) al intestino delgado, en el duodeno. Está compuesto principalmente por la Vesícula Biliar, los Conductos Hepáticos, el Conducto Biliar Principal o colédoco, el Conducto Cístico y el Esfínter de Oddi o Papila de Vater (Figura 4). Su principal función dentro del proceso de la digestión es el de ayudar con el metabolismo de las grasas por medio de la secreción y conducción de la bilis.

2.2.1.LA VESÍCULA BILIAR.

Pertenece al sistema digestivo. La vesícula biliar es un órgano en forma de pera. Está ubicada en la superficie inferior del hígado y sirve de reserva para la bilis que es producida en el hígado, la que a su vez ayuda a digerir los alimentos con grasa y es almacenada en la vesícula. Durante y después de una comida, la vesícula se contrae para expulsar la bilis, la cual entra al conducto cístico y luego al conducto principal o colédoco para llegar al intestino (duodeno).

2.2.2 LOS CONDUCTOS HEPÁTICOS.

Tienen como función trasladar la bilis secretada por el Hígado hacia la vesícula biliar o directamente hacia el esfínter de Oddi. Los conductos Hepáticos Izquierdo y Derecho se unen en el conducto Hepático Principal, que a su vez forma, al unirse con el Conducto Cístico, el Conducto Biliar Principal o Colédoco (Figura 2).

2.2.3. EL COLÉDOCO.

Es el conducto biliar principal que se forma por la unión de dos conductos hepáticos que se originan en el hígado. Tiene entre 8-10 mm de diámetro y termina en el duodeno (intestino delgado), donde existe un esfínter llamado de Oddi. La vesícula expulsa su bilis al colédoco, a través del conducto cístico y de ahí llega al duodeno para ayudar en la digestión.

2.2.4. EL CONDUCTO CÍSTICO.

Es un pequeño conducto que conecta a la vesícula biliar con el conducto biliar principal o colédoco. Este conducto permite llenar y vaciar de bilis la vesícula biliar.

2.2.5. EL ESFÍNTER DE ODDI.

Es el esfínter que comunica el final del conducto biliar principal o colédoco al duodeno. Permite la entrada de la bilis al intestino delgado (duodeno) al momento de la digestión. También recibe el nombre de Papila de Vater.

2.3 NATURALEZA DE LOS CÁLCULOS RENALES Y BILIARES.

2.3.1. CÁLCULOS RENALES.

La palabra cálculo proviene del latín CALCULUS, que significa piedrecita. Se aplica a toda *"concreción anormal que se forma en el cuerpo, especialmente en el seno de líquidos contenidos en conductos y reservorios tapizados por una mucosa, compuesta generalmente de sales minerales"*[1]. Un cálculo renal o piedra en el riñón es un trozo de material sólido que se forma dentro del riñón a partir de sustancias que están en la orina. Para efectos de este documento, se llamará cálculo renal a los cálculos ubicados en cualquier parte del tracto urinario, debido a que es en los riñones donde tienen su origen.

2.3.1.1. ORIGEN.

Los cálculos renales se desarrollan a partir de cristales que se separan de la orina debido a diferentes factores y se concentran en la parte superficial interna de los riñones. Normalmente, la orina posee químicos que previenen o inhiben la formación de cristales. A pesar de eso, estos inhibidores no parecen funcionar en todas las personas provocando en éstas el desarrollo subsiguiente de litiasis. Si estos cristales se mantienen lo suficientemente pequeños, viajarán a través del tracto urinario y saldrán del organismo sin ningún problema, tanto que ni siquiera serán notados por la persona.

FIGURA #2. ESQUEMA BÁSICO DEL SISTEMA BILIAR.

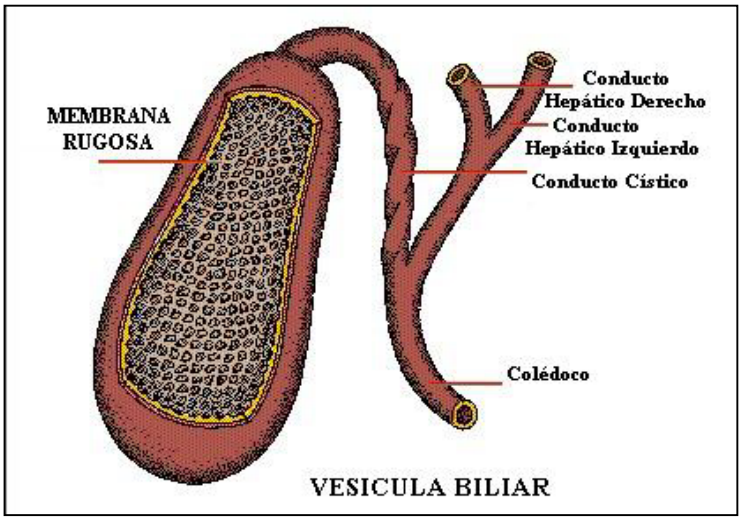
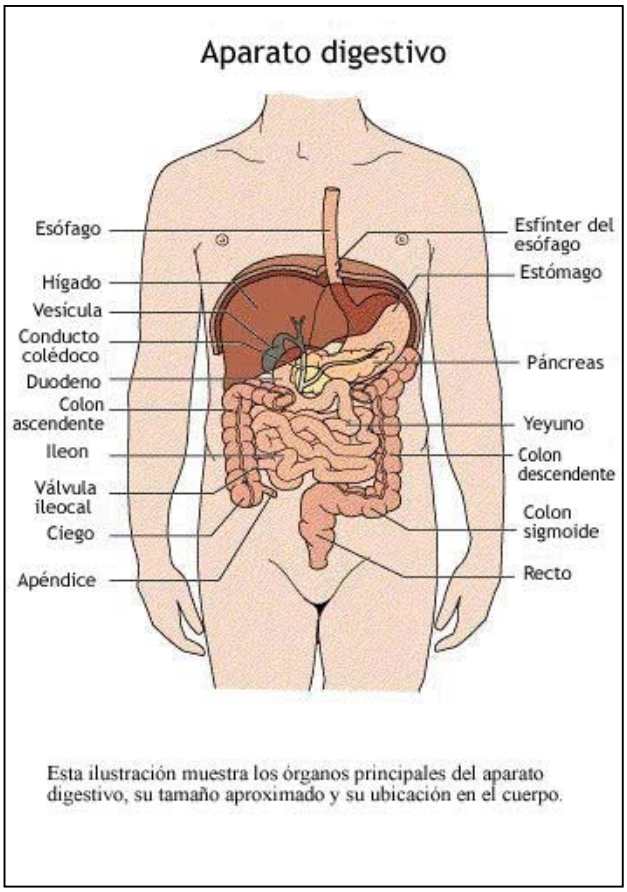


FIGURA #3. ESQUEMA BÁSICO DEL APARATO DIGESTIVO.



Los cristales pueden viajar por todo el tracto urinario y quedar atascados en cualquier parte de éste. De allí podemos encontrar cálculos en los riñones, uréteres, vejiga y uretra.

Los cálculos renales pueden contener diversas combinaciones de materiales químicos.

2.3.1.2. CLASIFICACIÓN.

Los cálculos renales se pueden clasificar de dos formas diferentes, en forma general:

a) Por su ubicación dentro del sistema urinario.

b) Por su composición química.

Por su ubicación dentro del sistema urinario se clasifican en cuatro:

a) Cálculos renales alojados en el riñón.
b) Cálculos alojados en los uréteres.
c) Cálculos alojados en la vejiga.
d) Cálculos alojados en la uretra.

Por su composición química se pueden clasificar en cuatro grupos principales:

1. **Cálculo de Calcio**. Combinado con Oxalato o Fosfato, es el tipo de piedra mas común. El calcio es un mineral que forma parte de nuestra dieta normal. El calcio que no se necesita para los huesos y los músculos pasa a los riñones. En la mayoría de las personas, los riñones eliminan el exceso de calcio junto con el resto de la orina. Las personas que forman este tipo de piedras retienen ese calcio en los riñones. La diferencia en la formación de cálculos de calcio con oxalato o con fosfato es que el oxalato se encuentra naturalmente en muchas de las comidas habituales (espinaca, café, té) y a su vez es producido por el hígado al procesarse las proteínas y la vitamina C. En cambio, los cálculos de calcio con fosfato se forman debido a trastornos metabólicos que provocan la degradación de los huesos o a una orina demasiado alcalina. Ambos tipos corresponden a mas o menos un 85% de los casos[2].

2. **Cálculos de Estruvita.** Llamada también Cálculo de Infección. Es un tipo de cálculo o piedra menos común. Puede formarse después de una infección del sistema urinario debido a que las bacterias que provocan dicha infección transforman la urea en la orina en amonio. El amonio se une al magnesio o a fosfatos para formar cristales que terminan convirtiéndose en piedra. Estos cristales atrapan bacterias al formarse, por lo que la generación de amonio sigue y por lo tanto la de cristales. Este tipo de cálculo crece en forma de coral, y de manera rápida, pudiendo llegar a ocupar una gran extensión del riñón. Corresponden a mas o menos el 2% de los casos [2].

3. **Cálculos de Acido Úrico.** El ácido úrico es un desperdicio del metabolismo de las proteínas. Se puede formar cuando hay demasiado ácido en la orina. Al precipitarse el ácido úrico, se pueden producir dos efectos: cálculos de cristales de ácido úrico y la patología llamada "Gota". Generalmente se forman cuando la persona ingiere mucha proteína o cuando tiene estadíos de deshidratación. Son de formación y crecimiento rápido. Corresponden a mas o menos el 10% de los casos [2].

4. **Cálculos de Cistina.** Son los menos comunes. La cistina es una de las sustancias que forman los músculos, nervios y otras partes del cuerpo, y se caracteriza por no ser soluble. Normalmente, no existe Cistina en la orina. La cistina se puede acumular en la orina hasta formar una piedra. La enfermedad que causa la formación de piedras de cistina es hereditaria. Corresponde a mas o menos el 1% de los casos [2].

Los porcentajes de los casos para cada tipo de cálculo pueden variar dependiendo de muchos factores como el clima, alimentación, hidratación, alimentación y trastornos metabólicos.

Cada tipo de cálculo posee características específicas de ubicación, tamaño, estructura química y otros factores que tendrán impacto en la efectividad de cada diferente tipo de técnica o metodología a emplearse en su eliminación.

2.3.1.3. DIAGNÓSTICO DE LA LITIASIS RENAL.

El diagnóstico de la Litiasis en el tracto urinario se puede hacer por diferentes medios, entre los cuales se encuentran:

A) Sintomatología.

Entre los síntomas se pueden encontrar:

a) Dolor extremo de un tipo cortante.
b) Sangre en la orina.
c) Náuseas y vómitos.
d) Orinar frecuentemente
e) Intensas ganas de orinar.
f) Ardor al orinar.
g) Fiebres y escalofríos.

B) Estudios de Laboratorio Clínico.

i) Estudios de Sangre:

1. Prueba de Función Renal. Permite sondear el correcto funcionamiento de los riñones.
2. Prueba de Calcio, Fosfato y Ácido Úrico. Permite determinar si existen niveles altos de estos agentes en la sangre, con lo que se puede determinar el posible componente de los cálculos.
3. Prueba de Hormona Paratiroidea. Esta hormona es la encargada del correcto metabolismo del calcio en la persona.

ii) Estudios de Orina:

1. Análisis Mid Stream. Mide la presencia de sangre en la orina. También muestra si existe infección y el grado de acidez de la misma.
2. Examen de la orina practicado en el laboratorio para detectar la presencia de varias células y productos químicos, como glóbulos rojos, glóbulos blancos, infección o exceso de proteína.
3. Colección de 24 Horas. Consiste en colectar toda la orina durante veinticuatro horas y analizar sus grados de acidez, concentración de calcio, fosfatos, ácido úrico y citrato respecto al volumen. Este tipo de estudio se aplica solamente a personas con largo historial de cálculos renales. También permite determinar la composición del cálculo.

C) Estudios de Imagenología.

1. *Rayos X Convencional.*

   Un 85% de los cálculos en cualquier parte del tracto urinario pueden ser hallados mediante un examen radiográfico rutinario [2]. Esta técnica permite además de ver el lugar donde se encuentra el cálculo, el tamaño del mismo. Existen algunos cálculos que resultan bastante difíciles de apreciar mediante este procedimiento, además de poder encontrarse falsos puntos en la radiografía.

2. *Pielograma Endovenoso (PEV).*

   Es el mejor y mas efectivo método aplicado hasta el momento. Consiste en la inyección de un medio de contraste a una vena. Los riñones filtran dicho medio de contraste y lo excretan en la orina. Al verlo mediante un equipo de rayos X , se puede obtener una información completa y precisa de la anatomía y funcionamiento del riñón. A su vez, se puede determinar si una piedra está presente en alguna estructura del tracto urinario y si está provocando obstrucción en él. Provee de un mapeo completo del tracto urinario, lo cual es de gran ayuda al cirujano al momento

de realizar una operación. Esta tecnología posee el inconveniente de que se necesita inyectar un medio de contraste al paciente, provocando en algunas personas reacciones secundarias como calenturas y en pocos casos, una malfunción del riñón. Casos de reacciones alérgicas o reacciones severas son extrañas.

3. *Ultrasonografía.*

   Consiste en la utilización de un equipo de ecografía o ultrasonógrafo. Este tipo de diagnóstico es menos efectivo que el Pielograma Endovenoso y requiere mayor habilidad por parte del médico para realizarlo e interpretarlo. Su ventaja es que no requiere la exposición del paciente ni del personal médico a radiaciones ionizantes. Ahora, con las nuevas tecnologías, es posible mejorar la imagen debido a que se puede inyectar un medio de contraste.

4. *Tomografía Computarizada.*

   Consiste en reconstruir la imagen del tracto urinario por medio de un tomógrafo computado. Esta tecnología de diagnóstico no requiere medio de contraste, dura menos que un PEV pero el paciente recibe una mayor dosis de radiación. Este tipo de tecnología diagnóstica permite un mejor planeamiento para cirugías de cálculos de mayor tamaño. Además, permite una mejor visualización de los cálculos de ácido úrico, los cuales pueden llegar a ser radiotransparentes.

5. *Pielograma Retrógrado.*

   Se introduce el catéter desde la uretra hacia los riñones, se inyecta el medio de contraste y se toman placas con medio de contraste. Luego el médico tira de los catéteres y sigue tomando placas hasta que estos son sacados por completo. Este procedimiento es doloroso para el paciente y debido a su naturaleza invasiva puede tener consecuencias secundarias como laceraciones e infecciones..

D) Estudios Endoscópicos.

Cistoscopia y Ureteroscopía.

Se introduce un cistoscopio a través de la uretra hasta la vejiga, el cual es un tubo rígido que lleva una fibra óptica por la cual se puede observar si hay cálculos renales u otros problemas urogenitales. Es un procedimiento mínimamente invasivo, pero que requiere anestesia y un salón limpio para su desarrollo.

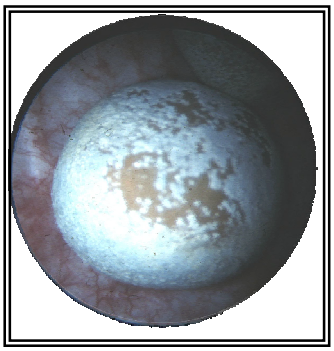


FIGURA #4.
La Figura a la izquierda muestra la localización y visualización de un cálculo en la vejiga urinaria mediante un cistoscopio. La cistoscopia es un procedimiento común, y es la base para realizar el pielograma retrógrado; el cuál se utiliza cuando los riñones se encuentran bloqueados y se necesita enviar el medio de contraste en dirección contraria al que se esperaría en un pielograma endovenoso.

Cálculo tipo Staghorn captado con Radiología Convencional

FIGURA #5.
La Figura de la izquierda muestra un cálculo del tipo Staghorn o "Asta de Ciervo" ubicado en el riñón izquierdo, obtenida mediante un examen de radiología convencional (imagen blanca encerrada en el círculo rojo). Estos cálculos son fáciles de observar mediante radiología convencional debido a su gran tamaño y a que solo pueden encontrarse en el riñón. En casi todos los casos, estos cálculos están compuestos de oxalato de calcio, por lo que son radio-opacos. A pesar de que los cálculos de esta naturaleza pueden observarse con bastante definición, la radiología convencional no es un método efectivo de diagnóstico de la litiasis renal, debido a que existen cálculos con propiedades radio-transparentes (como los de ácido úrico), además de no brindar información del estado de funcionamiento del riñón. Los cálculos encontrados en las imágenes de radiología convencional son, en muy buena parte, resultado de la casualidad al realizársele el estudio radiológico a un paciente.

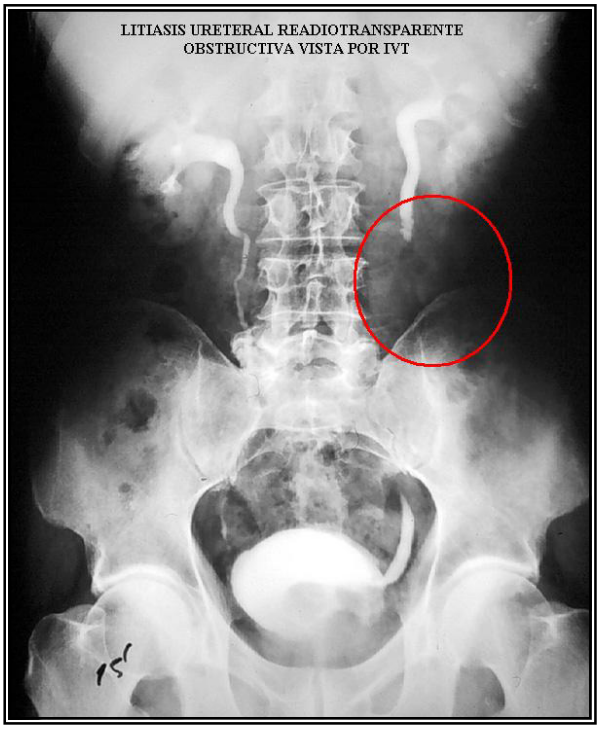


FIGURA #6.
En la Figura de la derecha se muestra una obstrucción del uréter izquierdo debido a un cálculo radiotransparente, obtenida mediante pielografía endovenosa (PEV). La pielografía endovenosa es la mejor herramienta con la que cuenta un médico para diagnosticar la litiasis renal. Además de permitir la visualización del cálculo, muestra su localización exacta y las consecuencias que causa dicho cálculo dentro del funcionamiento del sistema urinario. Permite a su vez medir el grado de filtración de los riñones. También, provee una imagen del árbol urinario que ayuda al médico a decidir cual es la mejor alternativa de tratamiento para la remoción del cálculo, basándose en la ubicación y tamaño del cálculo y en la anatomía normal o anormal del paciente observada en la imagen.

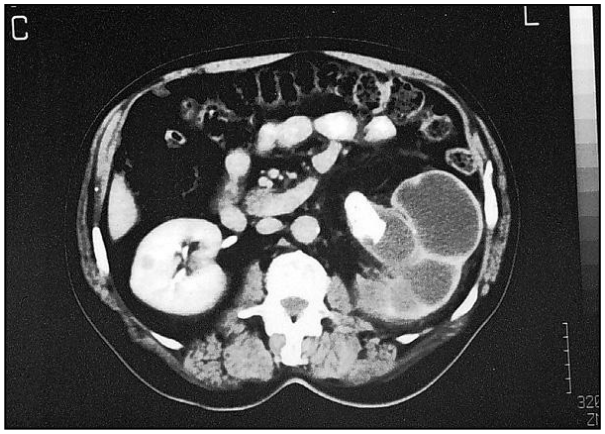


FIGURA #7.
La Figura #7 izquierda muestra litiasis cálcica en el riñón, obtenida mediante Tomografía Computarizada. Este procedimiento de diagnóstico arroja mucha información útil, pero no permite medir el grado de funcionamiento del sistema urinario. Es particularmente muy efectivo en el caso de cálculos radio-transparentes.

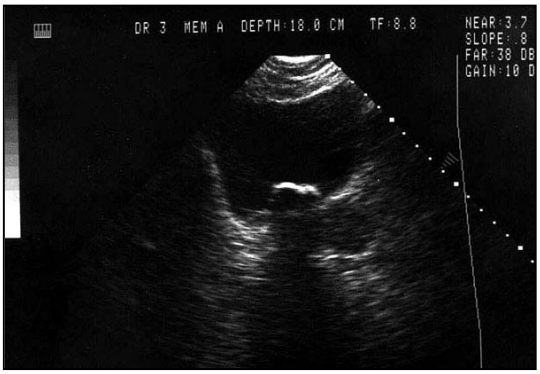


FIGURA #8.
La Figura #8 presenta un cálculo en la vejiga urinaria. Particularmente, los estudios ultrasonográficos son muy efectivos en riñones y en vejiga, pero prácticamente inútiles para cálculos alojados en los uréteres. También presenta problemas en pacientes con obesidad mórbida.

Todas las Imágenes han sido importadas del Atlas Interactivo de Urología en www.uroatlas.net. [12]

2.3.1.4. CONSECUENCIAS DE LA LITIASIS RENAL.

El no correcto y oportuno tratamiento de la litiasis renal, uretral o en la vejiga puede provocar las siguientes consecuencias:

a) Dolor intenso del tipo cortante. Esto se debe al movimiento del cálculo por el tracto urinario o a movimientos del sistema urinario en sí. Tal como se explicó en el apartado 2.3.1.2, no todos los cálculos tienen formas geométricas circulares o lisas, sino que existen de aspecto espinoso o coraliforme. Este dolor se debe al roce con las diferentes estructuras, y puede llegar a tal nivel el dolor que provoque desmayos u otro tipo de trastornos.
b) Infecciones en las vías urinarias. Debido a su naturaleza, los cálculos renales son buenos medios para el crecimiento bacteriano. Estas infecciones del tracto urinario se encuentran dentro de las mas dolorosas que hay, y vienen acompañadas por fiebres, ardor al orinar, sangrado en la orina y la posibilidad de un tipo de crecimiento y formación de otros cálculos de infección.
c) Disminución de la función renal. De no tratarse a tiempo, los cálculos pueden llegar a obstruir las vías urinarias, produciendo que no se dé la función renal de una manera correcta. Al no darse esa función renal correctamente, pueden darse trastornos fisiológicos en la persona.
d) Pérdida del riñón. Si el cálculo crece de manera incontrolada, puede llegar a cubrir la superficie interna del riñón. Si el cálculo llega ese estadío y no existe manera de disolverlo, el riñón deberá ser extraído.
e) Pérdida de la capacidad productiva de la persona. La persona con litiasis renal no rinde lo mismo que una persona sana debido a la incomodidad. Además, su capacidad productiva se ve reducida al tener que verse obligado a una intervención quirúrgica. Todo esto a su vez, acarrea un costo para la institución y para el paciente.
f) Costos de Diagnóstico, Tratamiento y Hospitalización. El proceso de diagnosticar, tratar y dar seguimiento a un paciente con litiasis renal acarrea altos costos en equipo, personal, materiales, mantenimiento, medicamentos e instalaciones.

2.3.2. CÁLCULOS BILIARES.

Se le da el nombre de cálculo biliar a las concreciones encontradas principalmente en los conductos biliares y en la vesícula biliar, y algunas veces dentro del hígado; compuestas de colesterina, pigmentos biliares y otras materias orgánicas mezcladas con sales minerales [1]. Antiguamente se les conocía como cálculos de la vejiga de la hiel. Son muy comunes en la población adulta.

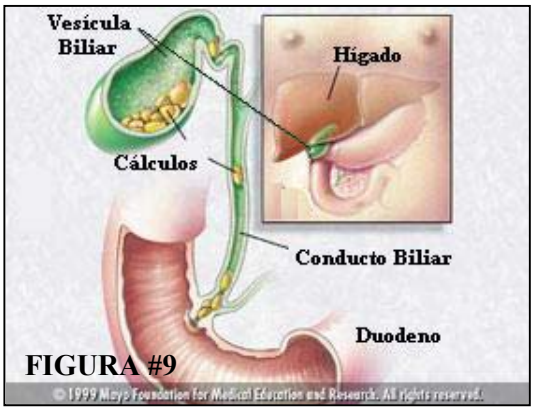


FIGURA #9

2.3.2.1. ORIGEN.

Los cálculos biliares se forman por la precipitación de cristales de colesterol debido a una alteración en la relación entre sales biliares, pigmentos biliares y colesterol. Es una enfermedad muy frecuente. La formación de piedras de colesterol se cree que se debe a la súper saturación de colesterol, nucleación acelerada de cristales de colesterol y mala o anormal motilidad de la vesícula biliar. Generalmente, las piedras crecen los primeros dos o tres años, para luego dejar de crecer. El 85% de los cálculos biliares miden menos de dos centímetros de diámetro[4].

2.3.2.2. CLASIFICACIÓN.

Los cálculos biliares se pueden clasificar de acuerdo a su ubicación:

a) Cálculos Biliares alojados en la vesícula biliar.
b) Cálculos Biliares alojados en el conducto cístico.
c) Cálculos Biliares alojados en el conducto biliar principal o colédoco.
d) Cálculos Biliares alojados en el Hígado.
e) Cálculos biliares que obstruyen el esfínter de Oddi.

2.3.2.3. DIAGNÓSTICO DE LA LITIASIS VESICULAR Y EN LOS CONDUCTOS BILIARES.

A) Sintomatología.

Los pacientes con cálculos biliares pueden ser totalmente asintomáticos (sin molestias) por mucho tiempo o presentar síntomas como dolor o dispepsia (indigestión) después de comer, particularmente comidas con grasa. Es más común en mujeres, especialmente después de los 40 años y con sobrepeso. Una vez que presentan síntomas, éstos pueden ser cólicos biliares, que se manifiestan por dolor en el cuadrante superior derecho del abdomen (boca del estómago e hígado), que generalmente se irradian a la espalda. Este dolor puede durar entre 2-4 horas y luego desaparecer completamente. Se produce por la contracción de la vesícula que trata de expulsar la bilis, cuando un cálculo se ubica en el cuello de la vesícula impidiendo la salida de la bilis. Otros síntomas pueden incluir: escalofríos, fiebre, ictericia (color amarillo de piel y mucosas), los cuales generalmente se presentan como complicaciones de la colelitiasis (piedras en el colédoco).

B) Estudios de Laboratorio Clínico.

1. Examen de Leucograma

Leucocitosis (elevación de los glóbulos blancos) y aumento de las enzimas hepáticas. Puede ocurrir dependiendo de la complicación, sin embargo esta información no es específica.

C) Estudios de Imagenología.

1. Radiología Convencional.

Por medio de la radiología convencional es posible observar calculosis vesicular a mediana y gran escala. Es uno de los métodos menos costosos, aunque no presenta información suficiente del colédoco y de la vesícula cuando la litiasis es mínima. No es muy utlizado.

2. Ultrasonido (Ecografía):

Es un examen no invasivo y rápido que da información acerca de la vesícula, presencia de cálculos y examina la vía biliar (conductos). Resulta una de las mejores armas para el diagnóstico de la litiasis biliar

3. Cintigrafía Biliar(HIDA):

Es un examen realizado con Tecnecio 99 y una gama-cámara que permite ver la vesícula y conductos. Es el mejor examen para confirmar el diagnóstico de colecistitis aguda. Este tipo de análisis no se aplica en El Salvador aunque pudiera serlo.

4. Colangio-Pancreatografía Retrógrada Endoscópica (CPRE)

CPRE Significa "Colangio-Pancreatografía-Retrógrada-Endoscópica". Esta técnica se realiza por medio de un endoscopio que se introduce por la boca hasta llegar al duodeno. Allí se identifica el esfínter de Oddi (o papila de Vater), y se inyecta medio de contraste para visualizar los conductos biliares y el conducto pancreático por medio de un intensificador de imágenes. Se puede hacer diagnóstico de coledocolitiasis y al mismo tiempo extraerlos. Este es uno de los procedimientos más comunes en caso de sospecha de coledocolitiasis u obstrucción del esfínter de Oddi.

5. Colecistografía.

El paciente es inyectado con un contraste a base de iodo y luego se toman placas radiográficas de la vesícula al cabo de un período de tiempo. (Algunas personas ingieren píldoras de iodo la noche previa al examen radiológico). El exmen muestra el movimiento de la vesicular biliar y cualquier obstrucción en el conducto cístico.

6. Tomografía Computarizada.

Este tipo de examen no es comúnmente aplicado debido a su alto costo.

IMÁGENES PARA EL DIAGNOSTICO DE LITIASIS BILIAR:

FIGURA #10.

En la Figura de la izquierda, la letra A ubicada sobre la posición de la Vesícula Biliar muestra una gran cantidad de granulaciones que se deben a una vesícula llena de cálculos pequeños. Este un ejemplo de la radiología convencional en el diagnóstico de la Litiasis Biliar. La radiología convencional es un método ampliamente aplicado, pero a pesar de ello no brinda mayor información del estado de la vesícula o de sus conductos. La radiología convencional es muy efectiva en el diagnóstico de megacálculos biliares.

FIGURA #11

La Figura de la izquierda muestra una masa de cálculos biliares dentro de la vesícula biliar utilizando un ultrasonógrafo con transductor abdominal convexo de 3.5 MHz. La Ultrasonografía es el método mas utilizado para el diagnóstico de cálculos biliares. También, brinda características específicas del la piedra como su tamaño y su ubicación exacta así como el estado de la vesícula. Posee la mejor razón costo beneficio.

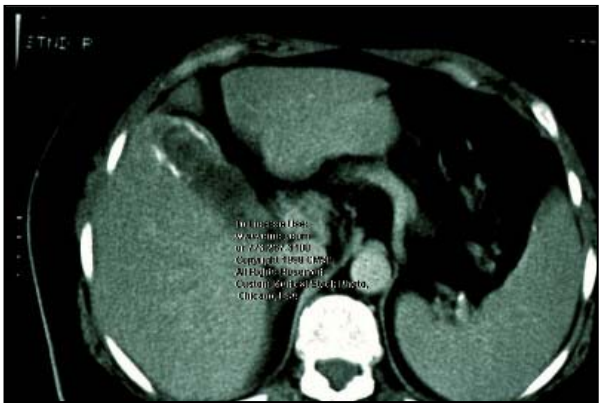


FIGURA #12

A la izquierda se puede observar una imagen tomada por medio de un Tomógrafo Computarizado, en el que se pueden definir el hígado y la vesícula biliar. Es el examen diagnóstico menos accesible y menos utilizado.

FIGURA #13

La figura de la derecha muestra una radiografía tomada durante la realización de una CPRE. Nótese la imagen del endoscopio y las vías biliares. La Colangio-Pancreatografía Retrógrada Endoscópica tiene la ventaja de que al mismo tiempo de diagnosticar y evaluar la patología de la litiasis biliar, es capaz de eliminar los cálculos alojados en el conducto biliar principal o colédoco por medio de la introducción de una cesta o canasta llamada Dormia. Requiere una especialidad de Cirujano Endoscopista para el médico que la realiza.

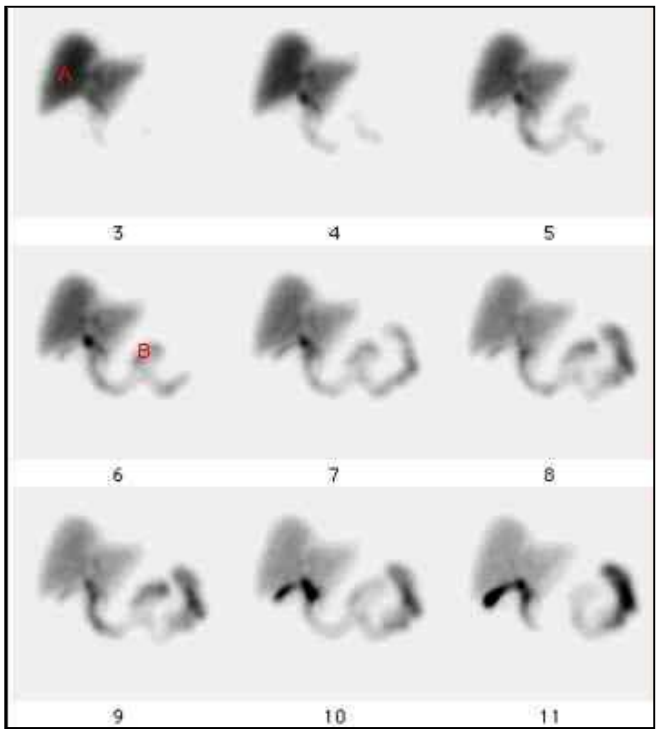


FIGURA #14.

La Tecnología llamada Cintigrafía Biliar o HIDA es por el momento el mejor medio para el diagnóstico de patologías del sistema biliar, incluyendo la litiasis. A la izquierda se muestra una serie de imágenes que representan el paso de la sustancia (Tecnecio 99) por la vesícula biliar y sus conductos. Puede apreciarse en la posición 6 la existencia de un cálculo en el colédoco identificado por medio de la letra B. Este estudio no se encuentra disponible al público en El Salvador, aunque los equipos Medicina Nuclear del Hospital Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social podrían realizarlo.

2.3.2.4. CONSECUENCIAS DE LA LITIASIS VESICULAR Y EN LOS CONDUCTOS BILIARES.

La mayoría de los pacientes permanecen asintomáticos. A pesar de eso, las consecuencias de los cálculos biliares pueden ser severas.

a) Episodios aislados de dolores biliares mal llamados “cólicos” [4].
b) Complicaciones de tratamiento de por vida como pancreatitis y colecistitis aguda.
c) Rara vez puede llegar a provocar cáncer de vesícula.
d) Pérdida de la Vesícula Biliar.
e) Pérdida de la capacidad productiva de la persona. La persona con litiasis biliar sintomática no rinde lo mismo que una persona sana debido a la incomodidad. Además, su capacidad productiva se ve reducida al tener que verse obligado a una intervención quirúrgica. Todo esto a su vez, acarrea un costo para la institución y para el paciente.
f) Costos de Diagnóstico, Tratamiento y Hospitalización. El proceso de diagnosticar, tratar y dar seguimiento a un paciente con litiasis biliar acarrea altos costos en equipo, personal, materiales, mantenimiento, medicamentos e instalaciones.

CAPITULO III. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LITIASIS APLICADAS A LA POBLACIÓN DE EL SALVADOR.

3.1 TECNOLOGÍAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LITIASIS RENAL.

Tal como se explicó en el capítulo dos, existen diversas tecnologías y procedimientos empleados para el diagnóstico de la litiasis renal en el ser humano, cada uno con diferentes grados de efectividad. También es importante determinar que tipo de información brinda cada tecnología o procedimiento, con el fin de establecer un mejor cuadro diagnóstico para el paciente, pudiéndose tomar una mejor decisión al determinar el tipo de terapia o procedimiento al cuál será sometido. En esta comparación de tecnologías no se abordarán los métodos sintomatológicos ni de laboratorio clínico.

El tratamiento específico para los cálculos en el sistema urinario será determinado por el médico urólogo basándose en lo siguiente:

- La edad del paciente, su estado general de salud y su historia médica.
- Qué tan avanzada está la enfermedad.
- La tolerancia del paciente a determinados medicamentos, procedimientos o terapias.
- Las expectativas del paciente para la trayectoria de la enfermedad.
- La opinión o preferencia del paciente y/o del médico.
- Ubicación y tamaño del cálculo.
- Características anatómicas particulares del Sistema Urinario.
- La disponibilidad de tecnología.
- Capacidad de pago.

3.1.1. TÉCNICAS DE IMAGENOLOGÍA.

Para una mejor visualización de las ventajas y desventajas de las diferentes técnicas utilizadas para el diagnóstico de la Urolitiasis y mencionadas en el capítulo anterior, se presenta la siguiente tabla comparativa. Se toman como principales factores para la comparación de metodologías la sensitividad, sensibilidad, costo y accesibilidad entre otras.

Modalidad de Imagenología	Sensitividad (%)	Especificidad (%)	Ventajas	Limitaciones
Ultrasonografía	Ureteral 19 Otras localidades 95	97	Accesible. Buena para diagnosticar hidronefrosis y Cálculos. No requiere radiación ionizante	Pobre visualización de cálculos ureterales.
Radiología Convencional	Ureteral 45 a 59 Otras localidades 95	Ureteral 71 a 77 Otras localidades 65	Accesible y de bajo costo.	Cálculos en la sección media del uréter. Cálculos flebolíticos, cálculos radioluscentes, Calcificaciones Extraurinarias y condiciones no genitourinarias.
Pielograma Endovenoso	64 a 87	92 a 94	Accesible. Provee información de la anatomía y funcionamiento de ambos riñones.	Calidad de imagen variable. Requiere preparación del paciente y medio de contraste. No hay visualización de condiciones no genitourinarias. Requiere mas imágenes en obstrucciones de alto grado
Pielograma Retrógrado.	N/D	N/D	Un poco menos accesible que el Pielograma Endovenoso. Provee información de anatomía y funcionamiento de uréteres. Se aplica cuando no existe buena función renal.	Requiere preparación del paciente y anestesia. Se requiere instalaciones limpias. Peligro de ocasionar infecciones y lesiones internas.
TC Helicoidal sin contraste	95 a 100	94 a 96	Examen Radiológico mas sensitivo y específico (más rápido y diagnóstico definitivo). Signos indirectos del grado de obstrucción. Provee información de condiciones no genitourinarias.	Menos accesible y de costo relativamente alto. No existe una medición directa de la función renal.

Tabla #1

N/D: No existen datos o información relevante relacionada a la Especificidad y Sensitividad de este procedimiento.

Los datos utilizados para la creación de la Tabla #1 se han obtenido de diferente fuentes internacionales como revistas de "Médicos Familiares Americanos" [12] y la "Asociación Colombiana de Facultades de Medicina" [13], así como por la información arrojada por una encuesta realizada a urólogos tanto del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y Hospital de la Mujer.

Se excluye de este análisis la imagenología por Resonancia Magnética Nuclear debido a que en El Salvador no se utiliza en el campo de la litiasis urinaria consecuencia de su alto costo y a que no provee mejores criterios para diagnosticar que las tecnologías descritas en la tabla anterior. La sensitividad se refiere a la capacidad del aparato a determinar la existencia de cálculos. La Especificidad es la capacidad de determinar la ubicación exacta y tipo de cálculo.

De lo anterior se puede concluir que el método que posee las mejores características de diagnóstico es la Tomografía Computarizada , pero debido al alto costo de la tecnología no es utilizada sino como último recurso por los Hospitales del Sistema Nacional de Salud Pública y del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, contrario al caso del área privada en la que sí se emplea comúnmente como primer método de diagnóstico.

El procedimiento que presenta mejores características de costo / efectividad y presenta información anatómica y fisiológica consistente de todo el sistema urinario es el Pielograma Endovenoso, ampliamente utilizado por los Centros de atención del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y del Instituto Salvadoreño del Seguro Social.

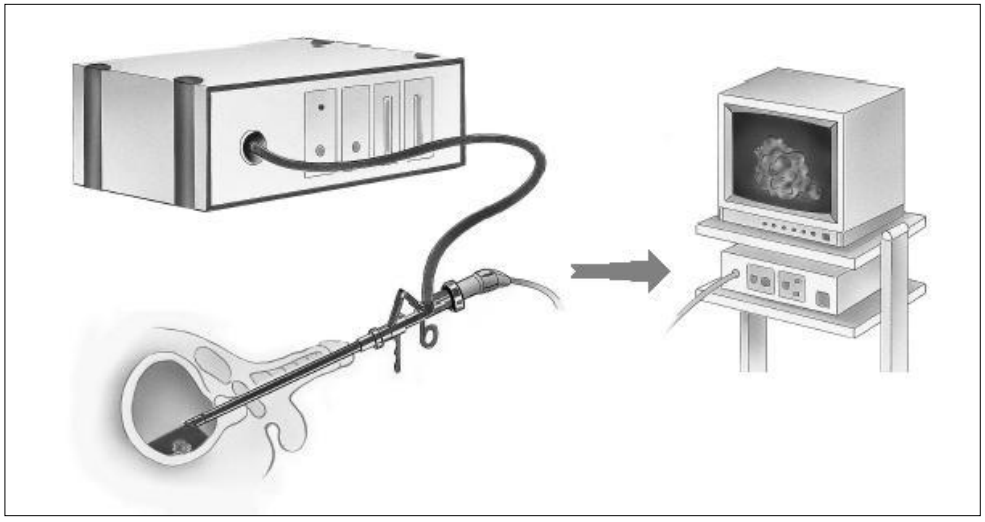
3.1.2. TÉCNICAS ENDOSCÓPICAS.

ENDOUROLOGÍA. Cistoscopia y Ureteroscopía

Con relación a la Cistoscopia, ésta tiene cerca de un 100% de sensitividad y de especificidad en cálculos alojados en la uretra y la vejiga. Ese porcentaje baja en los uréteres. Su ventaja es la de poder observar directamente el cálculo y cualquier otro problema interno, siempre que esté dentro de su rango de visión. Sus desventajas son que requiere el uso de anestésicos, un breve período de recuperación, y puede haber infecciones si el cistoscopio no ha sido bien desinfectado. Además existe la probabilidad de lesiones. La Cistoscopia no requiere el uso de radiaciones ionizantes para introducir la guía que seguirá el endoscopio, no así la Ureteroscopía que requiérela introducción de una guía por la uretra hacia los uréteres, la que servirá como referencia al a seguir del ureteroscopio.

La Cistoscopia provee excelente visión del cálculo, por lo que es fácil destruirlo por medios mecánicos como pinzas o si el cálculo es muy pequeño, halarlo con una cesta de Dormia.

Figura # 15.



La figura muestra la configuración de un Cistoscopio utilizando una cámara de video para visualizar un cálculo en la vejiga. En el país, generalmente se utiliza el cistoscopio sin cámara de video y monitor, es decir, con el médico ve directamente del Cistoscopio.

3.2 TECNOLOGÍAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA LITIASIS VESICULAR Y CONDUCTOS BILIARES.

TÉCNICAS DE IMAGENOLOGÍA Y DE ENDOSCOPÍA COMBINADA..

A diferencia de los estudios diagnósticos para cálculos renales, no se ha encontrado información comparativa de los diferentes métodos de imagenología para el diagnóstico de la litiasis biliar. Los datos que a continuación se presentan son el resultado de una encuesta realizada a médicos cirujanos (del Sector Público, del Sector Privado y del Sector Seguro Social) que realizan procedimientos de Litiasis Biliar.

Modalidad	Ventajas	Limitaciones	Aplicación
Radiología Convencional.	Bajo Costo.	Según los médicos, es el método menos efectivo.	Ampliamente aplicada aunque no da criterios diagnósticos suficientes.
Ultrasonido (Ecografía):	Bajo costo. Método con mayor razón costo/beneficio.	Pacientes con obesidad mórbida y malformaciones congénitas.	Ampliamente Aplicada.
Cintigrafía Biliar(HIDA)	Permite observar la anatomía y fisiología del árbol biliar.	Medio de contraste de alto costo. Larga duración del examen.	No es aplicada en El Salvador aunque pudiera serlo.
CPRE:	Permite sacar los cálculos del colédoco de una sola vez.	Costo moderado. Utilización de medios de contraste. Puede haber lesión del duodeno.	Ampliamente Aplicada
Colecistografía.	Permite observar la anatomía y fisiología del árbol biliar.	Costo moderado. Requiere preparación del paciente.	Aplicada ocasionalmente
Tomografía Computarizada.	Permite observar y descartar otras posibles causas de síntomas.	Costo alto. Aplicación mayor de radiaciones ionizantes. Generalmente no brinda mayor información .	Aplicada Raramente.
Tabla #2.			

Se excluye de este análisis la imagenología por Resonancia Magnética Nuclear debido a que en El Salvador no se utiliza en el campo de la Litiasis Biliar debido a su altísimo costo y a que no provee mejores criterios para diagnosticar que las tecnologías descritas en la tabla anterior.

De los procedimientos para el diagnóstico de cálculos biliares aplicados en El Salvador, los que utilizan tecnología Ultrasonográfica poseen el mayor apoyo y aceptación por parte de los médicos cirujanos. Posee las mejores relaciones de costo / efectividad debido a que permite ver la ubicación y tamaño de los cálculos, así como brinda información de las estructuras cercanas, pudiéndose descartar otros factores ajenos a la litiasis en el diagnóstico. Debido a su facilidad ya que en la gran mayoría de los casos el diagnóstico es definitivo, la tecnología ultrasónica resulta ser de bajo costo debido a que no hay necesidad de emplear otros procedimientos para corroborar el diagnóstico. Tampoco requiere instalaciones especiales de alto costo. En cuanto a los cálculos biliares ubicados en los conductos cístico y colédoco, la eficacia de la Ultrasonografía disminuye.

La Colangio-Pancreatografía Retrógrada Endoscópica conocida en el medio hospitalario simplemente como CPRE es la técnica adecuada para el diagnóstico y el tratamiento de los cálculos en los conductos biliares. Sus principales limitaciones son que se requiere una sala de operaciones para procedimientos Endoscópicos y un médico con una subespecialidad en cirugía endoscópica, haciendo que los costos suban de manera bastante considerable. Además, no funciona para eliminar cálculos alojados en la vesícula biliar.

Los demás métodos de diagnóstico de la Litiasis Biliar a excepción de la Radiología Convencional no son comúnmente utilizados debido a su alto costo. La radiología convencional es el método menos efectivo para el diagnóstico de la litiasis renal. Su uso solamente queda restringido para megacálculos (cálculo de gran tamaño) alojados en la vesícula biliar o vesículas con problemas de sobrepoblación de cálculos.

Debido a la naturaleza de este trabajo, en este capítulo no se abordan las metodologías de diagnóstico de la Litiasis Biliar que comprenden la sintomatología y los estudios de laboratorio clínico.

3.3 COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LAS DIFERENTES TIPOS DE LITIASIS.

En base a toda la información recolectada por medio de la investigación bibliográfica y estudio de campo en los centros de atención en los que se desarrolló el presente Estudio y Análisis de Tecnologías para el Tratamiento y Eliminación de Cálculos Renales y Biliares, se ha llegado a establecer el siguiente Cuadro Comparativo de Tecnologías para el Diagnóstico de la Urolitiasis y la Colelitiasis.

	Riñón	Uréteres	Vejiga	Uretra	Vesícula Biliar	Colédoco	Conducto Cístico
Radiología Convencional	X	X	X	X	X	X	X
Pielograma Intravenoso.	X	X	X	X			
Pielograma Retrógrado	X	X	X	X			
Ultrasonografía	X		X	X	X	X	X
CPRE (Endoscopía)					X	X	X
Ureteroscopía[a] y Cistoscopia	X	X[a]	X	X			
Resonancia Magnética	X	X	X	X	X	X	X
Tomografía Computarizada.	X*	X*	X*	X*	X	X	X
Exámenes de Sangre.	X	X	X	X	X	X	X
Exámenes de Orina	X	X	X	X	X	X	X
Cintigrafía Biliar					X	X	X
Colecistografía					X	X	X

X = Se puede utilizar		= Usado Comúnmente		= Raramente
*=Solo Sector Privado		= No Existe en El Salv.		= No se usa.

Tabla #3

La Tabla #3 muestra una comparación entre los diferentes tipos de estudios para diagnosticar las patologías de Urolitiasis y Litiasis Biliar. El objetivo es poder observar cuales procedimientos pueden ser utilizados en ambos casos. A partir de esta tabla y combinando los datos de ésta con la información contenida en las Tablas #1 y #2 de este capítulo, se ha logrado llegar a las siguientes conclusiones:

Para un hospital general o de especialidades, la tecnología radiológica convencional es imprescindible. Con equipos radiológicos pueden realizarse un sinnúmero de metodologías diagnósticas. En lo que atañe a este trabajo, un equipo de rayos X fijo puede proveer al hospital de exámenes radiológicos convencionales, estudios de Pielografía Endovenosa, Pielografía Retrógrada y Colecistografía. Un equipo de radiología con fluoroscopia puede proveer de los medios para realizar los estudios anteriores y es indispensable para la Colangio Pancreatografía Retrógrada Endoscópica y la Ureteroscopía diagnóstica.

Un equipo de ultrasonido es eficaz para el diagnóstico de la litiasis en la vesícula biliar, riñones y vejiga, y no tan efectiva en uréteres y conductos biliares. Generalmente se utiliza el mismo tipo de transdutor convexo de 3.5 MHz y en el caso del sistema urinario puede justificarse el uso de la opción Doppler.

La tomografía axial computarizada en los Hospitales del MSPAS y del ISSS no es ampliamente utilizada ni para el diagnóstico de la Urolitiasis ni de la Litiasis Biliar debido a sus altos costos. La Litiasis Biliar en El Salvador utiliza la tecnología de la Tomografía Computarizada casi en forma nula. Su aplicación entonces se ve reducida a la urología diagnóstica en el sector privado, para personas con alta capacidad económica.

Los demás métodos no son ampliamente (exceptuando los de laboratorio clínico) no raramente utilizados o en el caso de la Cintigrafía Biliar no son utilizados debido a razones de costos dentro de las instituciones.

CAPITULO IV. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA EL TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE LITIASIS APLICADAS EN EL SALVADOR.

4.1. Cirugía Abierta.

4.1.1. GENERALIDADES.

La palabra Cirugía quiere decir "Trabajo de mano" o "Trabajar con las manos". Proviene del griego ***χειρ*** que significa Mano y de ***εργον*** que significa Trabajo [1]. Esto implica todo procedimiento médico en el cual la principal herramienta empleada en el trabajo de aplicar una técnica o metodología para sanar a un paciente es la mano.

Es el tipo de procedimiento mas comúnmente realizados en instituciones con limitaciones presupuestarias para la adquisición de equipamiento especializado.

4.1.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TECNOLOGÍA.

a) Para Cálculos Renales.

La cirugía abierta en el tratamiento de la litiasis urinaria ha sido el método tradicional hasta el año de 1980 que se introdujeron nuevas alternativas terapéuticas como la Nefrilitotomía Percutánea, el cateterismo uretral con canastilla (endourología) y la litotricia extracorpórea entre otras. Consiste en la exposición total o parcial del riñón, uréter o vejiga al medio exterior por medio de una incisión en el paciente, con el fin de poder extraer el cálculo.

b) Para Cálculos Biliares.

Consiste en la exposición y remoción de la vesícula biliar y los cálculos que pudieran haber salido de ella hacia el colédoco mediante la exposición total de la Vesícula y los conductos asociados a la tarea de conducir la bilis del hígado al duodeno. En esta cirugía llamada colicistectomía abierta se remueve totalmente la vesícula biliar del cuerpo y se sella el conducto cístico mediante una grapa quirúrgica.

4.1.2. REQUERIMIENTOS DE EQUIPO.

Los requerimientos de equipo médico tanto para procedimientos abiertos de Litiasis Biliar y Urinaria son los de una sala de operaciones estándar para procedimientos generales y no variará entre procedimientos de cálculos renales o biliares. Con el objetivo de determinar de una manera técnica las características de los equipos que deberán encontrarse dentro de la sala de operaciones, se ha desarrollado la siguiente descripción en base a bases de licitación actuales de instituciones nacionales y de las bases de licitación 2002 para equipamiento del Hospital Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España. Los requisitos de equipamiento fueron obtenidos en base a una investigación de campo realizada en el Hospital Nacional Rosales, Hospital Nacional Zacamil "Dr. Juan José Fernández", Hospital de Especialidades del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y Hospital de la Mujer.

a) Equipo Médico

1. MESA DE OPERACIONES UNIVERSAL CON TODOS SUS ACCESORIOS.

Descripción:

Mesa multiuso operativa, móvil, adaptable a cualquier especialidad quirúrgica y orientada a aplicaciones de cirugía mayor con capacidad de pacientes con obesidad mórbida, con accionamiento mecánico o electrohidráulico para todos sus movimientos.

Características:

- Si es eléctrica, deberá alimentarse a 110V, 60 Hz, monofásica.
- La mesa permitirá el uso con pacientes de hasta 360 kg.
- Material de Alta durabilidad y resistencia a la humedad y corrosión: Acero Inoxidable, Aluminio.
- Material Radiotransparente.
- Con colchoneta electroconductiva para cada una de las piezas principales.
- Posicionamiento para ciertas intervenciones: litotomías, posición urológica y otras.
- La mesa deberá contar con los accesorios necesarios para cada tipo de procedimiento quirúrgico, los cuales estarán dentro de la sala de operaciones en el gabinete de material no estéril.

- La mesa dispondrá de un tablero compatible con el uso de rayos X dividido en secciones.
- Con compatibilidad para el uso de chasis de rayos X.
- La mesa dispondrá de placas apoya piernas ajustables individual o simultáneamente.
- La mesa permitirá la realización de movimientos trendelemburg, antitrendelemburg, inclinaciones laterales y desplazamientos longitudinales y verticales como mínimo, valorándose rango de movimientos e inclinaciones.
- Que cumpla con los requisitos estipulados en las normas IEC 601-1, ISO 9000 ó 9001, y deberá tener certificado CE y TUV.
- Aprobada para su comercialización por la FDA o por lo menos que posea carta de predistribución aprobada.

2. MAQUINA DE ANESTESIA.

Descripción:

Las características técnicas para una máquina de anestesia se basan en las utilizadas por el Sistema Nacional de Salud con la asesoría de la GTZ (Misión Técnica Alemana) y en catálogos de diferentes fabricantes.

Características:

- Deberá ser capaz de suministrar tres gases: Oxígeno, óxido Nitroso y Aire comprimido.
- Deberá tener control de relación para evitar mezclas hipóxicas, flujómetros dobles para cada gas, ajuste de 0 a 10 lts por minuto iluminados para su mayor visibilidad, manómetros indicadores de presión de entrada de cada gas, entradas con conector tipo diamante para conectar a sistema centralizado.
- Deberá contar con absorvedor doble autoclavable, con selección automática manual, espirómetro, válvula APL y válvula limitadora de presión en vías aéreas.
- Deberá monitorear los siguientes parámetros: Volumen Minuto, Volumen Tidal, Frecuencia Respiratoria, Concentración de Oxígeno, Presión en Vías Aéreas, Trazo de presión en vías aéreas con alarmas visuales y audibles ajustables. También tendrá alarmas de falla de suministro de electricidad y de baja presión de gases.

- Deberá poseer dos vaporizadores: uno de Halotane y uno de Enflurane (El uso vaporizadores de Isoflurane y Sevoflurane en vez de los de Halotane y Enflurane quedarán en consideración del anestesista). Ambos estarán conectados a la línea de anestésicos, y deberá tener un sistema de protección para evitar la habilitación de mas de un vaporizador a la vez..
- También deberá poseer un ventilador de volumen que provea como mínimo los siguientes parámetros: Flujo Inspiratorio 10-100 l/min, Volumen Tidal 50-1500 ml, Frecuencia Respiratoria 2-100 Resp/min, Relación I:E 1:0.5 - 1:7.5, PEEP 0-60 cm H_2O. Deberá tener capacidad de usarse en pacientes pediátrico – adultos.
- La Máquina de anestesia deberá tener un sistema de evacuación de gases. Dicho sistema no afectará el circuito de paciente.
- Deberá operar a 110V, 60 Hz, Monofásico.
- Tomacorriente Grado Hospitalario.
- Batería de respaldo de no menos de una hora.
- De preferencia será móvil, con rodos y frenos, bandeja superior para colocación de equipo, pintura y materiales resistentes a la corrosión y abrasivos, preferiblemente de acero inoxidable. Bordes redondeados.
- Que cumpla con los requisitos estipulados en las normas IEC 601-1 y IEC 601-2, ISO 9000 ó 9001, y deberá tener certificado CE y TUV.
- Aprobada para su comercialización por la FDA o por lo menos que posea carta de predistribución aprobada.

3. LÁMPARA SCIALÍTICA.

Descripción:

Lámpara Scialítica fija de techo de Doble Cuerpo (Unidad Principal y Satélite), ambos cuerpos con similares características.

Características:

- Fuente de Luz Fría.
- Intensidad de iluminación de 80,000 a 150,000 luxes en cada cuerpo.
- Bombillos halógenos de fácil obtención en el mercado salvadoreño.

- Temperatura de color 4200 K.
- Luz principal con bombilla de descarga y/o halógena.
- Se deberá valorar cambio automático a bombilla halógena.
- Instalación detallando geometría de los puntos de anclaje respecto a la mesa de quirófano, radio de cobertura, altura mínima del quirófano y altura libre.
- Alimentación a 110V, 60 Hz. Monofásica.
- Que cumpla con los requisitos estipulados en las normas IEC 601-1, ISO 9000 ó 9001, y deberá tener certificado CE y TUV.
- Aprobada para su comercialización por la FDA o por lo menos que posea carta de predistribución aprobada.

4. GENERADOR DE ELECTROCIRUGÍA.

Descripción:

El equipo de electrocirugía tiene la finalidad de permitir al cirujano realizar los procedimientos quirúrgicos con mayos facilidad, ayudándole a obtener un corte limpio y con menor cantidad de sangramientos. Deberá poseer las siguientes características:

Características:

- Equipo Multidisciplinario.
- Modos Monopolar y Bipolar.
- Generador monopolar con corte 300W a 400 Ohmios.
- Generador monopolar con coagulación 200W a 400Ohmios.
- Generador Bipolar con 60W/50Ohmios.
- Deberá tener Capacidad de utilizarse en procedimientos laparoscópicos.
- Activadores de Mano (handswitch) y de pié (footswitch).
- Que cumpla con los requisitos estipulados en las normas IEC 601-1 e IEC 601-2, ISO 9000 ó 9001, y deberá tener certificado CE y TUV.
- Aprobada para su comercialización por la FDA o por lo menos que posea carta de predistribución aprobada.

5. BOMBAS DE INFUSIÓN.

Descripción:

Las bombas de infusión generalmente se encuentran dentro de los hospitales en calidad de comodato. Esto implica en que puede llegarse a no invertir recursos económicos en equipamiento de estos dispositivos. Deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

Características.

- Controlada con microprocesador digital.
- Márgenes de flujo.
- Precisión de trabajo.
- Conexión a red y batería.
- Alarmas :
    - error de flujo.
    - Parada.
    - puerta abierta.
    - recipiente Vacío.
    - Avería.
    - Oclusión.
- Compatible para alimentación enteral.
- Flujos basales y/o analgesia controlada por el paciente (PCA).
- Reporte de administración de bolos.
- Alimentación de red a 110 V, 60 Hz. Monofásico.
- Que cumpla con los requisitos estipulados en las normas IEC 601-1 e IEC 601-2, ISO 9000 ó 9001, y deberá tener certificado CE y TUV.
- Aprobada para su comercialización por la FDA o por lo menos que posea carta de predistribución aprobada.

6. MONITOR DE SIGNOS VITALES.

Características:

- Deberá ser portátil, robusto y resistente a los químicos y condiciones de uso hostiles en sala de operaciones.

- Deberá tener al menos los siguientes parámetros:
- Tres canales de ECG. Frecuencia Cardiaca, Ritmo Cardiaco, Ritmo Respiratorio. Saturación de Oxígeno SPO2, Presión No invasiva (NIBP) y Temperatura.
- Opcionalmente podrá contar con Capnografía, Presión Sanguínea Invasiva y Módulo de gases anestésicos y análisis del segmento ST.
- La pantalla de preferencia será con tecnología Electroluminiscente, TFT o LCD y deberá proporcionar una vista sin problemas de las curvas y parámetros fisiológicos desde cualquier perspectiva sin perder su claridad. Podrá ser monocromático o a colores.
- Deberá poseer batería de respaldo con una duración mínima de 60 minutos y carga rápida.
- Los cables y accesorios deberán ser resistentes al maltrato y a los productos de limpieza. En cuanto a los sensores de saturación de oxígeno, se recomienda el uso de tecnologías MASSIMO® SET.
- Que cumpla con los requisitos estipulados en las normas IEC 601-1 e IEC 601-2, ISO 9000 ó 9001, y deberá tener certificado CE y TUV.
- Aprobada para su comercialización por la FDA o por lo menos que posea carta de predistribución aprobada.

7. EQUIPO DE RADIOLOGÍA EN ARCO EN C CON INTENSIFICADOR DE IMÁGENES.

Descripción:

Equipo radiológico móvil en Brazo en C con intensificador de imágenes. Las configuraciones para un brazo en C son variadas y dependerán de los procedimientos que se deseen realizar. Como características básicas, se pueden nombrar las siguientes:

Características:

- Generador de Rayos de X de alta frecuencia. Mínimo 40 KHz.
- Potencia del Generador de 4KW como mínimo.
- Equipo de preferencia con Tecnología Digital.
- Tensión Máxima en Secundario de 125 KVp.

- Corriente Máxima en Tubo de Rayos X para Radiografía en el rango de 90 mA.
- Corriente Máxima en Tubo de Rayos X para Fluoroscopia en el rango de 12 mA.
- Los focos podrán variar, pero se aceptan configuraciones de 0.3 y 0.6 mm como aceptables.
- Tubo de Rayos X de ánodo Rotatorio, con capacidad Térmica mínima del ánodo de 200,000 HU.
- Colimador controlable desde la consola, rotable.
- Control Automático de Exposición.
- Totalmente portátil.
- Movimiento del equipo mecánico o accionado por baterías.
- Desplazamiento vertical en el rango de los 400 mm.
- Desplazamiento horizontal en el rango de los 200 mm.
- Balanceado del brazo en el rango de los +/- 12º o mayor.
- Rotación del brazo en el eje horizontal en el rango de +/- 200º.
- Movimiento del arco en el rango de los 115º.
- Distancia focal SID 910 mm +/- 10%.
- Profundidad del arco C 650 mm +/- 10%.
- Espacio libre 700 mm +/- 10%.
- Dos monitores grado médico
- Almacenamiento de Imágenes o estudios de fluoroscopia.
- Alimentación de red autorregulada 110V / 230 V, 60 / 50 Hz. Monofásico.
- Que cumpla con los requisitos estipulados en las normas IEC 601-1, ISO 9000 ó 9001, y deberá tener certificado CE y TUV.
- Aprobada para su comercialización por la FDA o por lo menos que posea carta de predistribución aprobada.
- Casa Distribuidora certificada y aprobada por las UNRA (Unidad Reguladora y Asesora del Uso de Radiaciones Ionizantes, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de El Salvador), así como sus instalaciones y sus parámetros de funcionamiento

8. DESFIBRILADOR.

Características:

- Funcionamiento semiautomático y manual.
- Monitorización del ECG. Tres de derivaciones y un canal de visualización como mínimo.
- Alarmas en los límites de frecuencia cardiaca y ritmos susceptibles de choques.
- Cardioversión sincronizada.
- Registrador.
- Pantalla de fácil visualización desde cualquier ángulo.
- Nivel de energía de descarga entre 2 y 300 julios.
- Alimentación a red y con baterías.
- Resumen de sucesos.
- Palas externas pediátricas y de adultos.
- Funcionamiento a 110V, 60 Hz. Monofásico.
- Que cumpla con los requisitos estipulados en las normas IEC 601-1 e IEC 601-2, ISO 9000 ó 9001, y deberá tener certificado CE y TUV.
- Aprobada para su comercialización por la FDA o por lo menos que posea carta de predistribución aprobada.

9. CRONÓMETRO.

Descripción:

El cronómetro permite al staff de la sala de operaciones llevar el tiempo de un determinado proceso quirúrgico a la vez de una parte dicho procedimiento en específico. Consiste en un reloj ya sea de agujas o digital que permite tener dos lecturas simultáneas, una de tiempo total que dura el procedimiento quirúrgico y otra de tiempo parcial de un determinado momento o periodo del procedimiento.

Características:

- Reloj de procedimiento total y parcial separados.
- Números lo suficientemente grandes para poder ser vistos sin problema en toda la sala de operaciones.
- Números y Agujas de alto contraste respecto al fondo del cronómetro.
- De ser digital, no habrá centelleo de números.
- Deberá proveer horas minutos y segundos.
- Silencioso en su funcionamiento.
- Puede llevar alarmas.
- Deberá funcionar con alimentación de red a 110V, 60Hz, monofásico y a su vez con baterías recargables.
- No existen normas para este tipo de dispositivo.

10. EQUIPO DE SUCCIÓN.

Características:

- De acero inoxidable en su módulo, resistente a químicos.
- Rango de presión de aspiración de 0-58 cm de H_2O.
- Con dos botellas de vidrio o plástico autoclavable con no menos de 1,500 ml de capacidad cada una. Cada botella incluirá trampa de seguridad.
- Tomacorrientes Grado Hospitalario.
- Portátil, con carro con rodos no menores de 3 pulgadas.
- Motor de 1/3 HP.
- Alimentación de 110V, 60 Hz, monofásico.
- Regulación de succión incluido por medio de perilla. Manómetro de presión de succión.
- De preferencia con tecnología libre de aceite.
- Que cumpla con los requisitos estipulados en las normas IEC 601-1 e IEC 601-2, ISO 9000 ó 9001, y deberá tener certificado CE y TUV.
- Aprobada para su comercialización por la FDA o por lo menos que posea carta de predistribución aprobada.

11. NEGATOSCOPIO.

Descripción:

El negatoscopio es una pantalla diseñada para poder observar las películas radiográficas con un buen nivel de iluminación y contraste. Deberá estar ubicada dentro de la sala de operaciones, visible al cirujano. Deberá cumplir con las siguientes características

Características:

- Negatoscopio de uno o dos cuerpos, con capacidad de posicionar cuatros placas de 14 x 17 pulgadas horizontalmente y simultáneamente sin superponer una sobre la otra.
- Intensidad de Luz de 1500 a 1650 LUX en caliente.
- Contador de Horas de uso (opcional).
- Sistema para posicionar películas por medio de pestaña en la parte superior.
- Alimentación Eléctrica de 100V, 60 Hz. Monofásico.
- Iluminación por tubos fluorescentes.
- Pantalla de Acrílico Blanco.
- El Chasis deberá estar aterrizado, y deberá ser de material resistente a la humedad y a los químicos de limpieza.
- De preferencia de color blanco mate o gris claro.
- Pintura al horno.
- Cable de conexión a red eléctrica grado hospitalario.
- Este equipo puede ser de fabricación nacional y pude no cumplir los estándares aplicados a los otros equipos médicos, siempre y cuando se respeten las condiciones aquí descritas.

b) Mobiliario Común para todos los procedimientos.

El mobiliario en el interior de la Sala de Operaciones deberá ser de acero inoxidable, liso, durable y de gran facilidad de limpieza. El mobiliario mínimo que deberá existir para un procedimiento abierto de Litiasis Urinaria como Litiasis Biliar (realmente es el mobiliario básico para cualquier procedimiento)es el siguiente:

- Gabinete o Carro de Servicio
- Mesa de Instrumentos.
- Mesita de Mayo.
- Mesas Pequeñas para batas, guantes y equipo de preparación.
- Trípode porta-palanganas.
- Mesa de Anestesia.
- Banquillos giratorios y bancos de pié.
- Soportes o Tripiés, llamados también Gigantes, para frascos o bolsas con solución intravenosa.
- Cesto para ropa sucia.
- Cubetas con pedal y base rodante.
- Botes para basura contaminada (ROJO).
- Botes para basura no contaminada (NEGRO).
- Superficie para escribir. Puede ser un pizarrón de acero inoxidable pegado a la pared o un área dentro del gabinete, para que la enfermera circulante guarde y escriba en los registros

Las características básicas que deberán cumplir son:

- De fácil limpieza y resistentes a líquidos limpiadores corrosivos o solventes.
- Rodos de 2 pulgadas de radio como mínimo. Rodos de material aislante. Con sistema de frenado.
- Sin bordes o vértices filosos.
- Material de acero inoxidable.
- Con estabilidad en sus movimientos.

c) Instrumental Quirúrgico.

Los requerimientos de instrumental quirúrgico empleados en el campo de la cirugía abierta son muy similares entre procedimientos de diferentes especialidades. Así tenemos para Litiasis Urinaria y Litiasis Biliar (colelitiasis) respectivamente:

UROLITIASIS	COLELITIASIS
2 Sondas Nasogástricas #6 y #8.	2 Bisturís.
2 Bisturís.	8 Pinzas Kelly o Murphy.
8 Pinzas Kelly o Murphy.	6 Pinzas Randall.
6 Pinzas Randall.	2 Separadores Farabeuf.
2 Separadores Pinochieto.	1 Tijera Mayo Curva.
1 Tijera Mayo Curva.	1 Tijera Mayo Recta.
1 Tijera Mayo Recta.	2 Tijeras Metzelbaum.
2 Tijeras Metzelbaum.	2 Diver y Espátula Maleable.
2 Diver y Espátula Maleable.	2 Pinzas Karman.
2 Pinzas Karman.	2 Pinzas Císticas.
2 Pinzas Císticas.	2 Pinzas Kosher.
2 Pinzas Kosher.	2 Pinas de Disección con garra.
2 Pinzas de Disección con garra.	2 Pinzas de Disección sin garra.
2 Pinzas de Disección sin garra.	
Tabla #4	

Todo el instrumental deberá ser de acero inoxidable y esterilizable tanto en autoclave como en solución de gluteraldehido. Debido a que solamente se enuncia el instrumental mínimo para un procedimiento quirúrgico, es aconsejable que se se tengan de dos a tres juegos disponibles por emergencias o por si el volumen de trabajo es muy alto.

4.1.3. REQUERIMIENTOS DE PERSONAL.

Tanto en procedimientos de litiasis urinaria como biliar, los requerimientos de personal no serán diferentes. Lo que cambiará es la preparación específica de cada persona envuelta en dicho procedimiento, en especial el Médico Cirujano y el Médico Auxiliar. Incluso dentro de una misma especialidad, existen subespecialidades que no permiten que un mismo médico realice un mismo procedimiento de extracción de cálculos con diferentes tecnologías. En cuanto a Cirugía abierta se tienen los siguientes requerimientos de personal:

- MEDICO CIRUJANO PRINCIPAL.
    - Urólogo en el caso de Litiasis Urinaria y Cirujano General en el caso de extracción de cálculos Biliares
- MEDICO AUXILIAR (PUEDE SER MEDICO RESIDENTE).
    - El médico residente deberá ser de la especialidad del médico cirujano principal. Es un recurso que resulta mas económico que un especialista graduado.
- MEDICO ANESTESIÓLOGO.
- ENFERMERA INSTRUMENTISTA.
- ENFERMERA CIRCULANTE.
- AUXILIARES DE LIMPIEZA.
- PERSONAL DE MANTENIMIENTO.

4.1.4. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA INSTALACIONES Y ÁREA FÍSICA.

El lugar donde se desarrollan los procedimientos de cirugía abierta para el tratamiento de la Litiasis Renal y la Litiasis Biliar es la Sala de Operaciones o Quirófano. Se definirán por consiguiente las características técnicas mínimas y los requerimientos de área física de las salas de operaciones específicamente.

Sala de Operaciones

La sala de operaciones es el lugar donde se desarrolla el procedimiento quirúrgico. Se caracteriza por que en su interior las condiciones de asepsia, humedad, temperatura, flujos de material, equipo y de personal se encuentran controlados. Deberá tener una ubicación estratégica dentro del hospital, cercana a la Central de Esterilización y Equipos, a Radiología y a Cuidados Críticos; y lejana a la Consulta Externa.

Por cuestiones de economía y versatilidad, es conveniente que la sala de operaciones en las cuales se darán los procedimientos quirúrgicos para la eliminación tanto de cálculos renales y biliares sea una sala de operaciones que también pueda funcionar para otros tipos de cirugía.

No existe ningún diseño que sea adecuado para todos los hospitales, cada uno se proyecta sobre bases individuales para satisfacer necesidades específicas actuales y futuras.

a) Requerimientos de Espacio Físico.

El tamaño de cada sala quirúrgica varía según su aplicación. Según Atkinson [7], por motivos de economía y razones de funcionamiento se recomienda que *todos los quirófanos sean del mismo tamaño, para que puedan practicarse sin distinción cirugías electivas y de emergencia* [7]. Según el mismo autor, el tamaño del quirófano para múltiples usos es de 6 metros de largo por seis metros de ancho por tres metros de altura, o aproximadamente 37 m^2, y el tamaño máximo después del cual pierde su eficacia es de 60 m^2.

Debido a que en determinados procedimientos de eliminación de litiasis es necesario el uso de equipos móviles como un brazo en C con intensificador de imágenes móvil, además de los monitores de las cámaras laparoscópicas, los requerimientos de espacio aumentan con respecto al mínimo establecido por Atkinson. Este patrón de diseño concuerda con los criterios utilizados en Estados Unidos en el diseño de quirófanos para cirugía ambulatoria, en específico, en el estado de Washington [14], el cual expresa que el tamaño ideal para un quirófano para cirugía general y especializada (como la laparoscópica) con equipos

accesorios móviles deberá ser de 42 m^2 netos. Esto se puede lograr con salas de operaciones con 6.5 m por 6.4 m. La altura del techo deberá estar dentro del rango del rango de los 3,000 mm y los 2,890 mm, considerándose inaceptable una altura menor a los 2,890 mm. Este criterio de los 42 m^2 concuerda con las mediciones realizadas en un estudio de campo realizado en el Hospital Nacional Zacamil "Dr. Juan José Fernández" , el Hospital Nacional Rosales y el Instituto Salvadoreño del Seguro Social. Las diferencias entre uno y otro quirófano para efectos prácticos son despreciables (menores 3 m^2.)

REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA ÁREA FÍSICA.

Espacio Físico.

Área Física Mínima:	37 m^2, con dimensiones mínimas de 6 m en una dirección.
Área Física Máxima:	60 m^2, con dimensiones mínimas de 6 m en una dirección.
Área Libre Mínima:	30 m^2.
Área Física Ideal:	42 m^2, con dimensiones de 6.4 m por 6.5 m.
Altura del Techo Mínima:	2,890 mm.
Altura del Techo Máxima:	3,000 mm.

Los criterios ideales aplican a salas de operaciones para procedimientos convencionales generales. No aplican para procedimientos especializados que requieren equipamientos especiales como microscopios quirúrgicos, angiógrafos para cateterismo cardiaco, salas de cirugía de corazón abierto en las que se utiliza bombas corazón pulmón ni ningún equipamiento de grandes proporciones.

Ejemplo de Distribución de Equipos y Mobiliario en el Espacio Físico.

Elaborado en base a criterios norteamericanos aplicados a la realidad Salvadoreña.

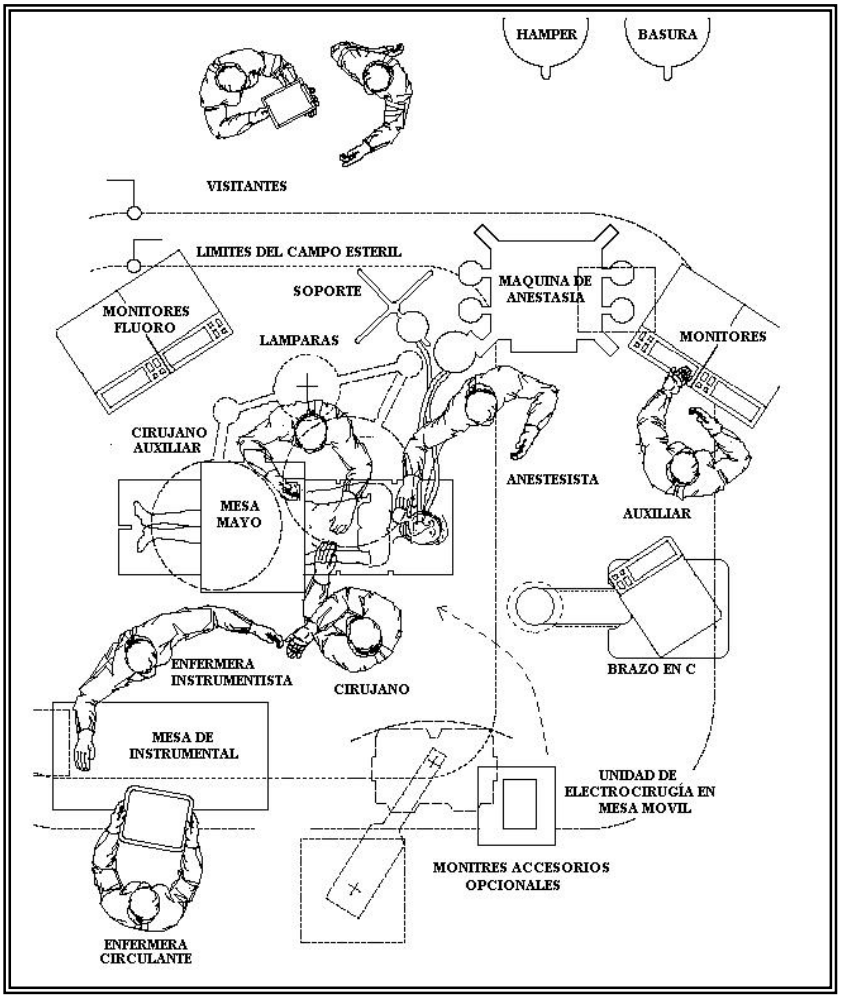


FIGURA #16.

La Figura #16 muestra un ejemplo de distribución del equipamiento, personal y mobiliario dentro de una sala de operaciones para procedimientos de cirugía abierta. Este ejemplo ha sido diseñado con proporciones reales para demostrar la funcionalidad de los quirófanos con dimensiones de $42m^2$. Los dibujos y sus proporciones han sido tomados de diagramas existentes [14] y modificados de acuerdo a los requerimientos propios de los procedimientos de tratamiento y eliminación de litiasis Biliar y Renal.

b) Puertas y Ventanas.

Las puertas deberán ser corredizas y al mismo tiempo sellantes herméticamente. De preferencia, deberán ser accionadas por un pedal que la abra y la cierre. También puede utilizarse un sistema de sensores de movimiento comerciales de bajo costo. Esto para evitar el contacto del médico o enfermera con la puerta y la probable contaminación tanto del médico como de la puerta.

Con respecto a las medidas, éstas deberán tener no menos de un metro con veinte centímetros de ancho y no mas de un metro cuarenta. Esto para permitir el libre tránsito de camas camillas, equipos accesorios y personal simultáneamente de una manera efectiva y cómoda. También, se considera que las puertas no deberán ser de vidrio, sino de un material liso, lavable y de gran resistencia al desgaste físico y la oxidación. Deberá incluir una ventana de observación.

No es aconsejable que se coloquen ventanales en una sala de operaciones. Esto se debe a que todo el personal deberá estar totalmente concentrado en el procedimiento que se está realizando. Tampoco de recomienda que penetre luz de sol al quirófano.

c) Iluminación.

Dentro de la sala de operaciones, se pueden distinguir dos tipos de iluminación:

i) Iluminación General.

Esta iluminación es provista por bancos de lámparas fluorescentes comerciales ubicadas en los extremos laterales del cielo de la sala de operaciones. Tomando como ejemplo el Hospital Nacional ZACAMIL, el cuál posee quirófanos de 42.4 metros cuadrados y una iluminación consistente en 12 luminarias fluorescentes para montaje superficial con dos tubos fluorescentes de 36 Watts cada uno con difusor prismático, se tiene una relación de 20.38 Watts por metro cuadrado. Según la "Orden de 15 de junio de 2000, de la Consejería de Sanidad y Consumo, por la que se establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los centros hospitalarios de la Comunidad Autónoma de Canarias (B.O.C. 107, de 16.8.2000)", los niveles de iluminación general o llamada también "Ambiental" en la sala

de operaciones podrá ser regulable, desde los 100 Lux hasta los 1000 Lux en continuo o en no menos de cuatro escalas. Esto concuerda con las tablas obtenidas en el estudio realizado por Andrea Pattini del Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)- Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA) CRICYT-CONICET, Mendoza, Argentina en el año 2000, en la cual se vieron involucrados diecisiete países entre Europeos, Americanos y Asiáticos. (ANEXO 1). A diferencia del criterio de utilizar lámparas fluorescentes de montaje superficial empleado en el Hospital Zacamil, se recomienda el uso de gabinetes cerrados con pantalla empotrados en el techo y sin aberturas, siempre con difusor prismático con las mismas especificaciones de iluminación mencionadas anteriormente..

ii) Iluminación de Campo Operatorio.

Será aplicada directamente al campo operatorio por medio de una lámpara cielítica. Esta iluminación deberá tener como característica esencial la no generación de sombras, aumento de temperatura ni cambios en el color de los tejidos expuestos, así como una intensidad suficiente. Según la "Orden de 15 de junio de 2000, de la Consejería de Sanidad y Consumo, por la que se establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los centros hospitalarios de la Comunidad Autónoma de Canarias (B.O.C. 107, de 16.8.2000)", la luz de Campo Operatorio exenta de sombras con nivel de 100.000 lux es la adecuada. Según Andrea Pattini, este parámetro de iluminación varía considerablemente entre país y país (ANEXO 1). Tomando estos parámetros, y los expresados en diferentes catálogos de fabricantes y bases de licitación para lámparas scialíticas en España, se puede llegar a establecer que lo mas aconsejable es una Intensidad de iluminación entre 80.000 y 150 LUX en total y una Temperatura de color de 4200 K.

d) Superficies: Pisos y Paredes.

Los pisos de los quirófanos deberán ser de un material electroconductivo y antideslizante (debido al uso de transformadores de aislamiento). Deberá ser liso y libre de grietas, sisas o bordes a 90 grados. Resistente a los productos de limpieza y desinfección. Las paredes

también deberán ser lisas, de material lavable a prueba de agua y desinfectantes, sin zócalos, sisas ni divisiones. Entre las uniones pared y pared, pared piso y pared techo no deberán existir ángulos de 90 grados. Se recomienda para el piso utilizar material como el terrazo electroconductivo. Para paredes, se recomienda la construcción con bloque armado, forrado con materiales como la formica con rellenado de sellante plástico en sus uniones y pintura acrílica lavable, libre de olor y resistente al fuego. El color de la pintura deberá ser claro, en acabados verdes, celestes o blancos, del tipo epoxi, resistente al fuego.

e) Aire Acondicionado.

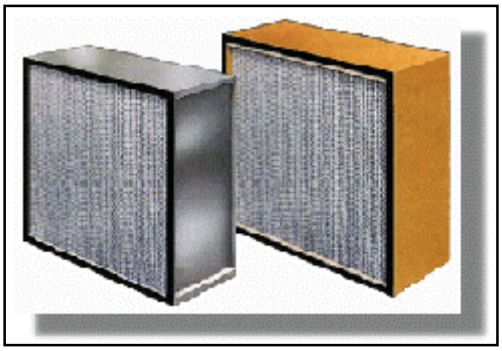
Las condiciones requeridas para el aire que circula en el ambiente quirúrgico han sido recientemente revisadas y publicadas por el CDC (Centro para el Control de Enfermedades, Atlanta, Georgia, USA). Debe controlarse el ingreso y egreso del aire acondicionado al quirófano, circulación e intercambio con el exterior, tipos de filtros usados, manutención y control de los mismos, conductos centrales y accesorios, tomas de aire y de extracción.

El sistema de filtrado de aire al quirófano mas sencillo y aplicable a la realidad nacional de El Salvador requiere de dos filtros en base y en serie. El primero (prefiltro) con forma de panal de abeja, no permite que ingrese ningún objeto de grandes dimensiones al sistema de ventilación. Cuenta con un sistema de fieltro sostenido por alambre galvanizado. El segundo es un filtro de alta eficiencia 90-95 %, con un sellador que no permite la adhesión de partículas o gérmenes, con un sistema de filtro aislado por capas de material aislante que atraen las partículas por ionización.

Para los quirófanos donde se realicen transplantes de órganos, cirugías de ortopedia o cirugías en huéspedes inmunocomprometidos, el segundo filtro o final debe ser un filtro de alta eficiencia HEPA 99,97 % - 99,99 %. Estos filtros deben contar con marco galvanizado de 24 pulgadas de alto por 24 de ancho y 12 pulgadas de profundidad. El prefiltro cumple la importante función de disminuir la saturación del filtro HEPA, aumentando su vida útil y disminuyendo costos (los filtros HEPA son de alto costo). Por la misma razón en muchas Instituciones Españolas, se agrega un filtro intermedio que se ubica entre el prefiltro y el

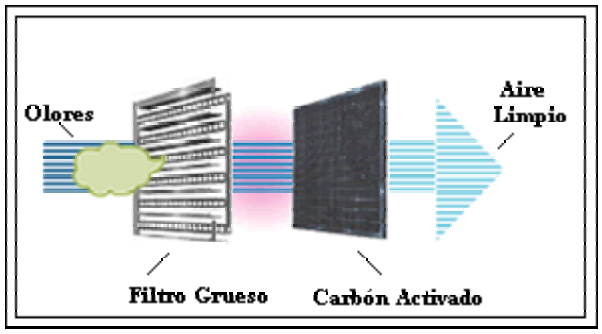
filtro final. En países con mayores capacidades financieras, se emplea la tecnología de tres filtros en serie: filtro grueso, filtro de carbón activado para atrapar olores y filtro HEPA.

FIGURA #17 FILTRO HEPA CONVENCIONAL.



El filtro HEPA convencional atrapa las partículas de mas de 3 micrones en el aire. Está construido en base de microfibra de vidrio. Su precio oscila entre los $200 y los $500 y su duración es variable entre uno y cinco años, dependiendo del volumen y calidad del aire filtrado.

FIGURA #18 SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AIRE DE TRES FILTROS.



Se debe comprobar que los filtros no presenten fugas y establecer sistemas de monitoreo periódico de los mismos, así como también que la presión dentro del quirófano sea positiva con respecto a las áreas adyacentes (aproximadamente 0.005 pulgadas de presión, según Atkinson). Cuando se usa un sistema con tres filtros en base y en serie, el primero y el segundo filtro se recambian mas rápidamente que el tercero o filtro final. Cuando se usa un sistema con dos filtros en base y en serie, el prefiltro se cambia mensualmente. El filtro HEPA debe cambiarse, excepto evidencia de saturación previa, aproximadamente al cumplimentarse un año de colocado.

El número de recambios por hora debe estar normatizado. Se recomienda un mínimo de 15

y un máximo de 30. Algunas bibliografías señalan un número de recambios de aire por hora entre 20 y 25, de los cuales al menos el 25% deben ser de aire fresco. Dada la recirculación de aire existente en la sala, es necesario un sistema de atrapamiento de gases anestésicos. El volumen de un quirófano de área de 42 m^2 y 3 m de altura es de 126 m^3, por lo que deberá haber una recirculación de aire de aproximadamente de 3,150 m^3 por hora (tomando el criterio de 25 recambios por hora).

La humedad debe ser del 55 %. Cuando la humedad supera el 55 %, provoca transpiración y permite el crecimiento de moho. Cuando hay baja humedad se aumenta la generación de partículas y se desarrollan cargas electroestáticas. La temperatura oscilará entre 18 y 24ºC., dependiendo de los requerimientos del paciente. Especial atención merece el aumento de la temperatura ya que por encima de los 35ºC, aumenta la generación de partículas.

Las tuberías y accesorios del aire acondicionado deben colocarse por fuera de las paredes de los quirófanos. Para minimizar la generación de partículas en los quirófanos, las paredes y pisos deben estar en buenas condiciones, ser lavables y resistentes a la abrasión.

El conducto de entrada del aire deberá encontrarse en el techo, y los orificios de salida estarán ubicados casi al nivel del piso. Si se usa un mecanismo contrario, el aire puede entrar por las rendijas de las puertas o por ellas mismas cuando se abran, permitiendo la entrada de microorganismos, anulando todo el sistema

Se recomienda la pintura epoxi como revestimiento, ya que cumple con esos requisitos. Debe evitarse la presencia de bordes, hendijas y recovecos. Los bordes serán redondeados para facilitar la limpieza de la suciedad acumulada. La ropa de personal debe estar confeccionada con telas que no desprendan fibras.

A continuación se ofrecen los requerimientos de VENTILACIÓN para las áreas quirúrgicas, basadas en estándares internacionales y que responden a las recomendaciones efectuadas por el CDC.

- Mantener una ventilación con presión positiva en la Sala de Operaciones con respecto a la de corredores y áreas adyacentes.
- Mantener un mínimo de 15 recambios de aire por hora, de los cuales 3 deben ser de aire fresco.
- Filtrar todo el aire, recirculado y fresco a través de filtros con una eficiencia no inferior al 90 %.
- El aire debe ser introducido a la altura de los techos y aspirado cerca de los pisos.
- No se recomienda el uso de ventilación a través de flujo laminar o colocación de luces ultravioletas en la Sala de Operaciones como método para prevenir las infecciones de sitio quirúrgico.
- Mantener la puerta de la Sala de Operaciones cerrada, excepto que haya necesidad de pasaje de equipamiento, personal o pacientes.
- Limitar el número de personal que entra en la Sala de Operaciones. Solo debe hacerlo el estrictamente necesario.
- La temperatura deberá mantenerse entre los 18 y 24 grados, y la humedad relativa en un 55%.

No deben utilizarse sistemas de ventilación que incluyan equipos de aire acondicionado de pared ni mucho menos un tipo paquete (split).

El aire acondicionado es un sistema de refrigeración y ventilación pero no es un sistema de filtración de bacterias.

f) Suministro de Gases.

Se dispondrá de canalizaciones fijas, de suministro de gases de uso médico, desde el almacenamiento exterior al bloque, y tendrán en cada quirófano las siguientes cantidades mínimas de puntos de suministro:

a) Dos tomas de oxígeno.

b) Dos tomas de vacío con diferenciación de alto y bajo flujo.

c) Dos tomas de Óxido Nitroso.

d) Aire medicinal.

e) Todas las tomas estarán perfectamente identificadas mediante señalización universal.

También deberá existir un suministro de emergencia en forma de cilindros dentro de la sala adecuadamente asegurados por medio de cadenas en caso de falla del sistema centralizado.

g) Sistema Eléctrico.

Los requisitos de instalaciones eléctricas para una sala de operaciones que se plantean en este documento se han tomado en base a criterios y normativas vigentes en países como España y los Estados Unidos de América, tal es el caso de las normas UNE [15], NEC [16] y NFPA en uno o mas de sus apartados [16][17].

Se dará mayor énfasis a los sistemas de protección a tomar en cuenta en el diseño de nuevos quirófanos, debido a los problemas frecuentes que presenta la red eléctrica nacional.

Recomendaciones Generales.

- Los interruptores principales, paneles y transformadores en la sala de operaciones deberán estar situados en un área separada de las tuberías de gases, drenajes y de abastecimiento de agua y vapor. Deberán estar también accesibles por fuera de la sala de operaciones al personal de mantenimiento. Luces generales y luces especiales (lámparas scialíticas) deberán estar en circuitos separados.

- Cada Sala de Operaciones deberá contener como mínimo dieciséis tomacorrientes simples u ocho duplex a la cabeza de la mesa de operaciones, y ocho tomacorrientes simples o cuatro duplex repartidos en el resto del cuarto. Todos los tomacorrientes anteriores serán a 110V, 60 Hz.. Debido a que se necesita conectar equipo como el intensificador de imágenes o un láser que pueden poseer configuraciones de tomacorriente especiales, se dispondrá de receptáculos debidamente etiquetados con RAYOS X o LASER para que no haya confusión. Esto según el Comité de Estándares para el Diseño de Instalaciones para el Cuidado de la Salud de los Estados Unidos de Norte América en Michigan. Todos los Receptáculos y tomacorrientes deberán ser Grado Hospitalario.
- Los receptáculos alimentados por el sistema eléctrico de emergencias deberán poseer un color o marca distintiva. TODOS LOS RECEPTÁCULOS DE LA SALA DE OPERACIONES ESTARÁN CONECTADOS AL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA. Dicho color o distintivo deberá ser el mismo para cualquier área del Hospital. Generalmente, se utiliza el color verde para distinguirlos.
- Para Evitar peligro de explosiones, los receptáculos y los tomacorrientes deberán estar a una altura de entre 150 y 160 centímetros respecto al piso. Algunas bibliografías no requieren esta altura si son utilizados receptáculos a prueba de explosiones.
- Los cables eléctricos en el piso son peligrosos para el personal y el paciente. Se recomienda el uso de rieles fijos en el techo para que los gases intubados, aire comprimido y el tomas de corriente eléctrica lleguen mas cerca de la mesa de operaciones. Esto eliminará accidentes con los cables. A este sistema se le llama Sistema de Columnas, y puede ser fijo o plegable.
- Los tomacorrientes deberán agruparse en circuitos separados. Con esto se reduce la probabilidad de que se fundan los fusibles o fallen los circuitos interrumpiendo la electricidad en una situación crítica.

Medidas de Protección para Sistema Eléctrico.

A continuación se enuncian diferentes métodos utilizados para proporcionar una efectiva seguridad eléctrica las instalaciones quirúrgicas. Es de recordarse que no todos los equipos que se encuentran dentro de la sala de operaciones están necesariamente conectados a un transformador de aislamiento, por lo que se deberá cumplir con los criterios aquí establecidos para garantizar la seguridad de las instalaciones y de los que las utilizan. Se aplicará el criterio de uso de transformadores de aislamiento, debido a que las condiciones de los hospitales del país lo requieren de acuerdo a factores tales como: La red eléctrica del país y su falta de estabilidad, utilización en algunos centros de atención de equipos que no poseen certificaciones de seguridad eléctrica (en ciertos casos por su gran antigüedad), sistemas eléctricos de las instituciones deteriorados y que pueden dar lugar a fallas, y otros.

— *Puesta a tierra de protección*

La instalación eléctrica de los edificios con locales para la práctica médica y en concreto para quirófanos, deberá disponer de un suministro trifásico con neutro y de conductor de protección. Tanto el neutro como el conductor de protección serán conductores de cobre, tipo aislado, a lo largo de toda la instalación. Todas los chasis de los equipos electromédicos deben conectarse a través de un conductor de protección a un común de puesta a tierra de protección (PT) y éste, a su vez, a la puesta a tierra general del edificio. La impedancia entre el común de puesta a tierra de cada quirófano y las conexiones a los chasis, o a los contactos de tierra de las bases de toma de corriente, no deberá exceder de 0,2 ohmios.

— *Conexión de equipotencialidad.*

Todas las partes metálicas accesibles han de estar unidas a una conexión de equipotencialidad (EE) mediante conductores de cobre aislados e independientes. La impedancia entre estas partes y el sistema equipotencial (EE) no deberá exceder de 0,1 ohmios. Se deberá emplear la identificación verde-amarillo para los conductores de equipotencialidad y para los de protección. El sistema de equipotencialidad (EE) estará

unido al de puesta a tierra de protección (PT) por un conductor aislado con la identificación verde-amarillo, y de sección no inferior a 16 mm^2 de cobre. La diferencia de potencial entre las partes metálicas accesibles y las conexiones de equipotencialidad no deberá exceder de 10 mV eficaces en condiciones normales.

— *Suministro a través de un transformador de aislamiento (de separación de circuitos) para uso médico.*

Según el National Electric Code de los Estados Unidos de Norteamérica, el uso de los transformadores de aislamiento para sala de operaciones ya no es obligatorio desde 1984.

Por otro lado, en España y Argentina se prescribe el empleo de un transformador de aislamiento (como mínimo, por quirófano) para aumentar la fiabilidad de la alimentación eléctrica a aquellos equipos en los que una interrupción del suministro puede poner en peligro, directa o indirectamente, al paciente o al personal implicado y para limitar las corrientes de fuga que pudieran producirse. Se realizará una adecuada protección contra sobreintensidades del propio transformador y de los circuitos por él alimentados. Se concede importancia muy especial a la coordinación de las protecciones contra sobreintensidades de todos los circuitos y equipos alimentados a través de un transformador de aislamiento, con objeto de evitar que una falta en uno de los circuitos pueda dejar fuera de servicio la totalidad de los sistemas alimentados a través del citado transformador.

Para la vigilancia del nivel de aislamiento de estos circuitos, se dispondrá de un monitor de detección de fugas, que encenderá una señalización óptica (color rojo) cuando se detecte una pérdida de aislamiento capaz de originar una corriente de fuga superior a 2 mA en instalaciones a 127 V y a 4 mA en instalaciones a 220 V siempre que se trate de medida por impedancia, o que sea inferior a 50.000 ohmios cuando se trate de medida por resistencia, accionando a la vez una alarma acústica. Deberá disponer, además, de un pulsador de detención de la alarma acústica y de un indicativo óptico (color verde) de correcto funcionamiento.

La tensión secundaria del transformador de aislamiento no sobrepasará los 250 voltios eficaces. La potencia no excederá de 7,5 kVA.

El transformador de aislamiento y el dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento, deberán cumplir la norma UNE 20 615.

Se dispondrá un cuadro de mando y protección por quirófano, situado fuera del mismo, fácilmente accesible y en sus inmediaciones. Este deberá incluir la protección contra sobreintensidades, el transformador de aislamiento y el monitor de fugas. Es muy importante que en el cuadro de mando y panel indicador del estado del aislamiento todos los mandos queden perfectamente identificados, y de fácil acceso. El cuadro de alarma del monitor de fugas deberá estar en el interior del quirófano y fácilmente visible y accesible, con posibilidad de sustitución fácil de sus elementos.

— *Protección diferencial*

Se emplearán dispositivos de protección diferencial de alta sensibilidad (ó 30 mA) para la protección individual de aquellos equipos que no estén alimentados a través de un transformador de aislamiento, aunque el empleo de los mismos no exime de la necesidad de puesta a tierra y equipotencialidad. Se dispondrán las correspondientes protecciones contra sobreintensidades. Los dispositivos alimentados a través de un transformador de aislamiento no deben protegerse con diferenciales en el primario ni en el secundario del transformador.

h) Sistemas de Emergencia.

La sala de operaciones deberá estar conectada tanto al sistema de emergencia como al sistema de rama de vida del hospital. Como sistema de emergencia entenderemos al sistema que suple de energía eléctrica al hospital en el momento en el que falle el servicio normal de energía. Como sistema de rama de vida entenderemos a aquel en el que se incluyen las luminarias de emergencia, señalizaciones de emergencia (como salidas y rutas de evacuación) y sistemas de comunicación, los cuales están conectados pero no dependen del

de emergencia. El sistema de soporte de vida se basa en el uso de baterías recargables de larga duración.

En cuanto a su conexión al sistema de emergencia, todo tomacorriente dentro de la sala de operaciones deberá estar conectado al sistema de emergencia, así como toda la luminaria.

4.1.5. SISTEMAS DE APOYO.

El funcionamiento del bloque quirúrgico exigirá que el hospital disponga de las siguientes funciones de apoyo:

1) Asistencia médica permanente multidisciplinaria.
   a) Debido a que pueden existir complicaciones que requieran la participación de otros especialistas como cardiólogos, cirujanos vasculares, nefrólogos, etc.

2) Analítica urgente básica con gasometría las 24 horas (Laboratorio Clínico).
   a) Debido a que es necesario un análisis rápido y efectivo de parámetros sanguíneos que permitirán al médico realizar la operación con mayor seguridad.

3) Radiología básica las 24 horas.
   a) Los parámetros radiológicos de los equipos de rayos X son controlados por un técnico radiólogo. Deberá estar listo para poder realizar exámenes de urgencia o programados.

4) Sistema de comunicación eficaz con el resto del hospital.

5) Departamento de Mantenimiento las 24 Horas del Día

4.1.6. REQUERIMIENTOS DE ATENCIÓN POSTOPERATORIA

Los tiempos de Hospitalización e Incapacidad para procedimientos abiertos se han obtenido de dos fuentes: La primera es el indicador de Estancia Promedio Hospitalaria por Servicio de dos hospitales nacionales, contenido en el Sistema de Información Gerencial del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, y de una encuesta realizada a mas de 15 médicos entre urólogos y cirujanos del Instituto Salvadoreño del Seguro Social y el Sector Privado. El impacto que tendrá el tiempo de atención operatoria será diferente para cada institución. En cuanto a las instituciones del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, este impacto se ve en dos frentes: el primero en la poca capacidad que tienen los hospitales para albergar el gran pacientes que requieren atención y la segunda en el costo que dichos pacientes causan a la Institución. En el caso del Seguro Social, a estos dos parámetros se le debe agregar el 75% del sueldo que por ley la Institución deberá pagar al paciente asegurado durante su periodo de incapacidad. En cuanto al sector privado, debido a que el paciente corre por el total de los gastos, no existe ninguno de los problemas anteriores.

Tabla de Estancia Hospitalaria Promedio sin Complicaciones.

Urolitiasis por Cirugía Abierta	5.2 a 10 Días.
Litiasis Biliar por Cirugía Abierta	2.67 a 3 Días.

Incapacidad Promedio sin Complicaciones.

Urolitiasis por Cirugía Abierta.	30 Días
Litiasis Biliar por Cirugía Abierta.	30 Días

En la Clínica de Especialidades R&K no se desarrollan procedimientos quirúrgicos. No aplica a esta parte de la investigación. Si existe algún problema o complicación en el paciente, se envía ya sea a un centro de atención público, del Seguro Social o a un hospital privado. El número de días puede aumentar de acuerdo a la gravedad de las complicaciones u otros factores como enfermedades nosocomiales.

4.2. CIRUGÍA ENDOSCÓPICA.

4.2.1. GENERALIDADES.

La cirugía endoscópica hoy en día es uno de los principales procedimientos empleados para el tratamiento de la litiasis renal (endourología), y para el tratamiento de litiasis en el conducto biliar principal (Colédoco) de manera ambulatoria o con corto tiempo de hospitalización. La palabra Endoscopía es una palabra compuesta, derivada de "endo", que significa "adentro, interno" y por "scopía", que significa "ver, mirar". Consiste en el examen o inspección directo de una cavidad o conducto dentro del cuerpo por medio de instrumentos ópticos adecuados al lugar objeto de la inspección.

El instrumento utilizado en esta metodología es el endoscopio, el cual es un instrumento empleado para el examen visual de la superficie interna de una cavidad o víscera hueca o conducto, y que se denomina de acuerdo al órgano a que se aplican. Los endoscopios utilizados en urología son tres: el cistoscopio que permite observar la uretra y la vejiga, el ureteroscopio que además de observar la uretra y vejiga tiene la capacidad de llegar hasta los uréteres por sus características flexibles y el ureterorenoscopio que permite tener visualización del interior de la uretra, vejiga, uréteres y riñones. En cuanto a las aplicaciones de los endoscopio para la litiasis biliar, se utiliza un duodenoscopio, el cual se introduce por la boca y se hace llegar hasta el duodeno. La endoscopía en la litiasis biliar se utiliza en procedimientos donde el colédoco es la zona a tratar.

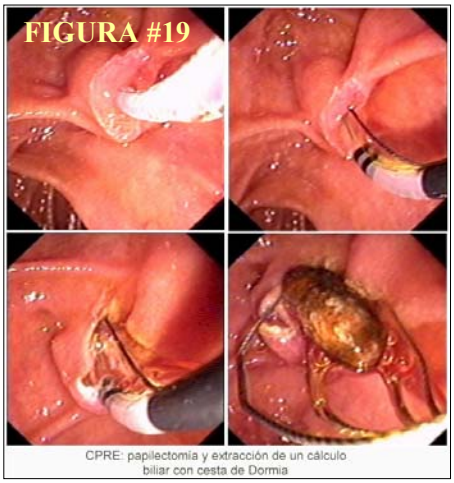
Algunos autores incluyen dentro la cirugía endoscópica la cirugía laparoscópica, pero para efectos de este documento no se incluirá en ella debido a las diferencias que existen en sus metodologías de aplicación, equipamiento, preparación del médico que aplica la tecnología y a que las instalaciones donde se desarrollan los procedimientos Endoscópicos no deberían ser utilizadas para procedimientos abiertos o laparoscópicos.

4.2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS TECNOLOGÍAS.

4.2.2.1 CÁLCULOS BILIARES

Coledocolitiasis.

Colangio Pancreatografía Retrógrada Endoscópica CPRE



CPRE: papilectomía y extracción de un cálculo biliar con cesta de Dormia

La ColangioPancreatografía Retrógrada Endoscópica (CPRE) es una exploración que se realiza de manera muy parecida a la gastroscopía. Es útil para el diagnóstico y tratamiento de algunas enfermedades del páncreas, vesícula y vías biliares y del hígado.

El endoscopio (duodenoscopio) se introduce por la boca y se le hace avanzar hasta llegar al duodeno y localizar la papila, que es el orificio donde desembocan los conductos biliares y pancreáticos. A través de este orificio se inyecta un contraste y se hacen radiografías para ver estos conductos y si hay alteraciones. Con esta técnica se pueden extraer piedras (cálculos) con una pequeña cesta (Cesta o catéter de Dormia) que estén situados en el conducto biliar principal (colédoco) o colocar pequeños tubos de plástico o de malla metálica (prótesis) en alguna zona estrecha de los conductos biliares o pancreáticos. Para aplicar estos tratamientos a veces es necesario hacer una esfinterotomía, que consiste en agrandar el orificio por donde drena la bilis haciendo un pequeño corte, para así poder colocar las prótesis o sacar las piedras hacia el intestino.

Aunque es un tratamiento más sencillo y seguro que una operación quirúrgica, existen algunos riesgos. Además de las posibles complicaciones descritas de la gastroscopía (desgarres, reflejos, etc), la inyección del contraste puede causar reacciones alérgicas, inflamación del páncreas (pancreatitis) o infección de los conductos biliares (colangitis).

La vesícula biliar no se trabaja por medios Endoscópicos.

4.2.2.2 CÁLCULOS EN EL SISTEMA URINARIO.

Urolitiasis.

Endourología. Ureteroscopía y Ureterorenoscopía.

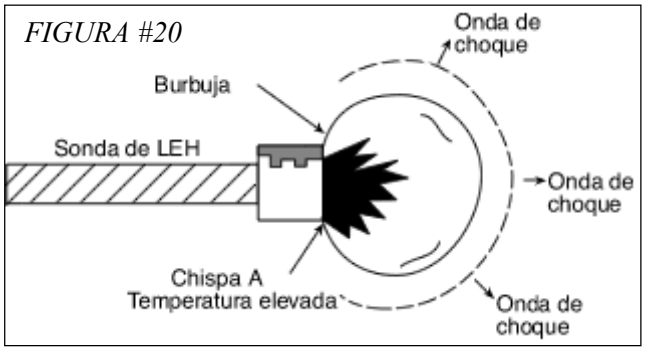
La Endourología (Urología Endoscópica) es la rama de la urología moderna en la que se realizan procedimientos diagnósticos y terapéuticos, utilizando equipos especializados (lentes de fibra óptica, fuente de luz, monitores), produciendo la menor injuria al paciente.

Para el tratamiento de la litiasis urinaria por medio de tecnologías endoscópicas, actualmente existe una diversidad de métodos distintos, con diferentes principios de funcionamiento y grados de efectividad. A continuación se describen los principales:

4.2.2.2.1 LITOTRICIA POR TECNOLOGÍA ELECTROHIDRÁULICA (LEH).

Según Médicos del Hospital de Especialidades del Instituto Salvadoreño del Seguro Social es utilizado, pero al tratar de corroborarse la información por medio de los encargados de sala de operaciones y del Departamento de Mantenimiento, no fue posible establecer la existencia del Litotritor Electrohidráulico en la Institución.

FIGURA #20



El primero de estos fragmentadores o Litotritores fue inventado en 1955 por Yutkin, ingeniero de la Universidad de Kiev. El LEH es en realidad una bujía subacuática, que consiste en una abertura aislada de entre dos polos de diferentes polaridades. Cuando la resistencia de la abertura aislada es superada por el voltaje entre los polos, salta una chispa entre ambos, presentando dos efectos diferentes: el primero una onda de choque de la propia chispa, y el segundo una burbuja formada por el vapor sobrecalentado por la energía de la chispa (cavitación).

PRINCIPIOS FÍSICOS.

Los principios físicos de una chispa obtenida por medio de una bujía son una compleja interacción entre procesos electromagnéticos, termodinámicos y moleculares. La formación de una chispa está dividida en diferentes fases. La primera es la fase de ruptura, en la cual el gas es ionizado y un canal de plasma se establece. Esto resulta en una alta corriente y temperatura. Este proceso es seguido por una fase llamada de transiente en donde el canal se expande a la presión del gas que lo rodea y finalmente, la generación de un arco eléctrico, que genera una burbuja.

Ésta burbuja se expande en el medio incompresible e impacta debido a ambos efectos (expansión mecánica y cavitación). La fase de expansión es la que se detecta por el sonido "tic", cuando la sonda está cerca del cálculo y después se genera una presión negativa brusca por el colapso de la burbuja, produciéndose el sonido «pop» en la sonda.

El colapso brusco de la burbuja entonces genera un chorro de alta velocidad de líquido sobre las estructuras adyacentes, en el caso del litotritor intracorpóreo electrohidráulico, el cálculo. Es por ello que la sonda no debe estar en contacto directo con el cálculo. La velocidad a la cual se proyecta el chorro de agua es uno de los principales parámetros de diseño, y está regido por la expresión conocida como Modelo de Rayleigh.

$$S = -\left[\frac{2(p_h - p_v(T))}{3\rho}\left(\frac{R^3{}_{\max}}{R^3} - 1\right)\right]^{1/2}$$

Donde $\boldsymbol{S}$ es la velocidad de la pared de la burbuja en el momento del colapso, $\boldsymbol{p_h}$ es la presión hidrostática actuante fuera de las paredes de la burbuja, $\boldsymbol{p_v}$ es la presión de vapor saturado en el interior de la burbuja (dependiente del medio y de la temperatura), ρ es la densidad del líquido, $\boldsymbol{R_{max}}$ es el radio máximo de la burbuja antes de colapsar y $\boldsymbol{R}$ es el radio de la burbuja instantáneo.

Debido a que la generación de la chispa tiene efectos térmicos adversos y a su vez el fenómeno de cavitación se mejora notablemente al darse impulsos de alta intensidad y de muy cortos tiempos de duración, las descargas utilizadas en los electrodos están en el orden de los kilovoltios y pulsos con tiempos inferiores a los 10 ms.

Naturalmente que cuando se desarrolló por vez primera el LEH, los materiales utilizados para producir los efectos descritos eran precarios, el material del cable tenía una resistencia alta y no se podía conseguir el aumento rápido del voltaje ni la pulsación breve necesarios para fraccionar los cálculos con seguridad.

Sin embargo, con los avances en electrónica y materiales, se pudieron construir sondas con un extremo más resistente, y fue posible reducir la duración de la pulsación del dispositivo, permitiendo que se expandiera una energía considerablemente menor con el aumento rápido del voltaje. Con el mejoramiento de los materiales se redujo el calibre de la sonda de 10 fr originalmente a 5fr y finalmente a sondas de menores diámetros, como la de 1.6 fr mejorándose la seguridad del aparato al ser posible disminuir la duración del pulso gracias a una mejor conducción de los materiales. Esto garantizó la disminución de accidentes y complicaciones que se observaban desde un inicio; quedaron reportadas en la literatura las rupturas vesicales y ureterales que eran capaces de ser provocadas por los instrumentos más rudimentarios, además del otro factor fundamental, la pericia del endoscopista, cuya curva de aprendizaje fue a la par.

Aunque las técnicas modernas han aumentado la seguridad en el empleo de la LEH, muchos cirujanos informan todavía de lesiones ureterales imprevistas durante su realización; cuando esto sucede se recomienda cesar la búsqueda de fragmentos.

Generalmente todos los Litotritores electrohidráulicos poseen los mismos elementos básicos de funcionamiento, los cuales se pueden apreciar en el diagrama de bloques.

DIAGRAMA DE BLOQUES. LITOTRITOR ELECTROHIDRÁULICO.

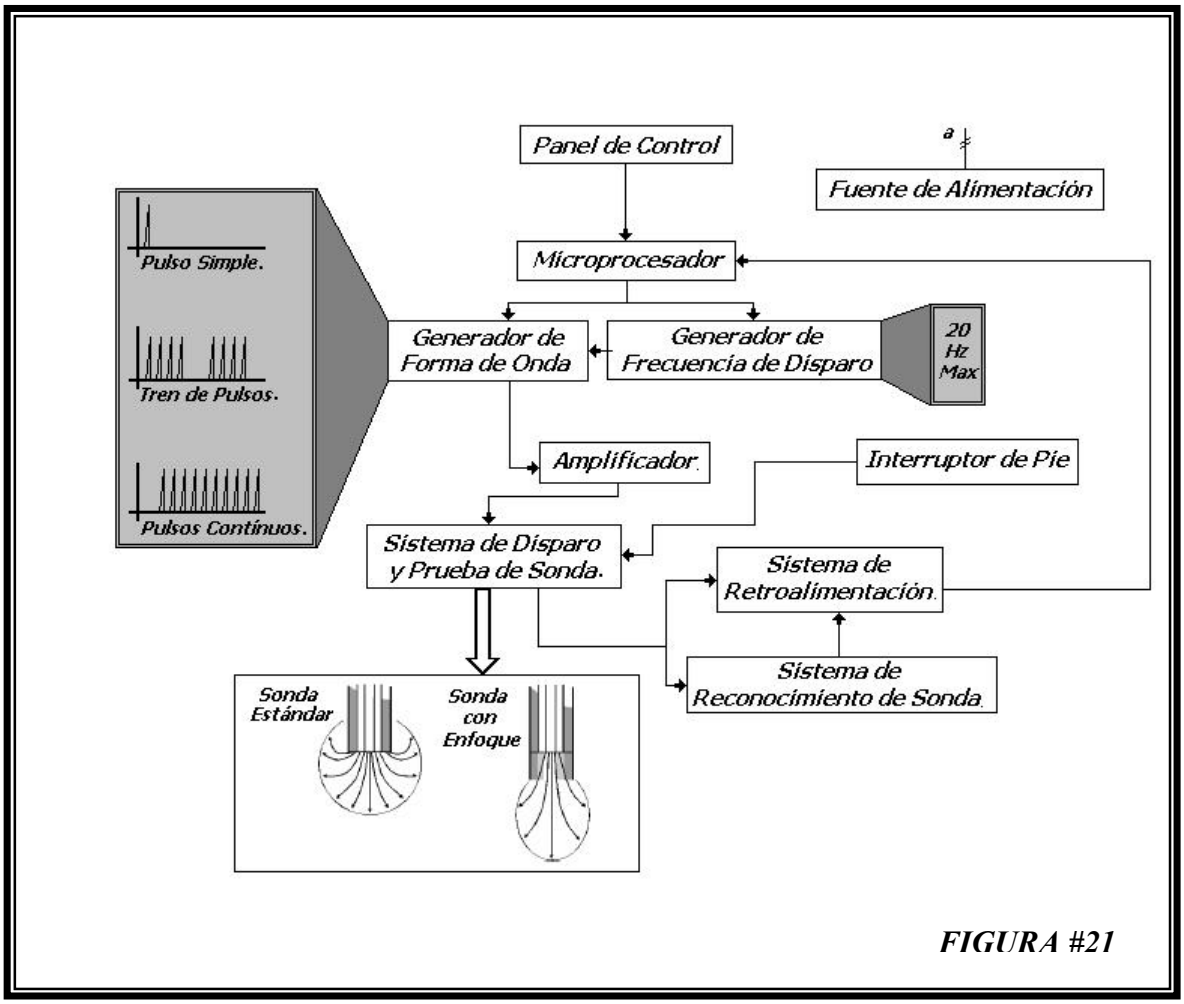


FIGURA #21

Panel de Control.

Sirve como interfase entre el usuario y equipo. Por medio de éste se pueden controlar los parámetros de Potencia, Forma de Onda y Frecuencia de Disparo. En ciertos modelos de Litotritores Electrohidráulicos, también permite al usuario observar el estado de la sonda.

Microprocesador.

Controla los sistemas de seguridad y sirve como comunicación al Panel de Control para con los demás componentes del equipo. Sus principales funciones son: Manejar las alarmas de desconexión de sonda, fin de vida útil de sonda, alarma de parámetros incorrectos como

potencia de salida elevada o muy baja, reconocimiento de sondas automáticamente y otros que puedan incluir los diferentes modelos.

Generador de Forma de Onda.

Esta etapa dependerá del fabricante del equipo. Comercialmente se pueden encontrar tres tipos diferentes de formas de onda, las cuales pueden observarse en el diagrama de bloques y se explican a continuación: Onda Simple, en la cual se genera una sola excitación o pulso, el cual se repetirá según los parámetros establecidos en Generador de Frecuencia de Disparo. Onda en Tren de Pulsos, en la cual se generan trenes de pulsos independientes y cuya duración es limitada. Onda Continua, en la que los pulsos se dan continuamente y sin interferencia. Las características de cada tipo de forma de onda tienen mucho que ver con el tipo de onda de choque producida, así como los efectos cavitativos consecuentes.

Generador de Frecuencia de Disparo.

Esta etapa permite al usuario poder definir cuantos choques quiere por segundo. Está establecido para funcionar en el rango de los 1 a los 20 Hz, según el fabricante.

Amplificador.

Amplifica las señales enviadas por el Generador de Forma de Onda y el Generador de Frecuencia de Disparo. Esta amplificación provee a la salida un voltaje que está en el rango de los 2000 KV. También, al controlar el nivel de amplificación, se controla la potencia de salida en la sonda. La potencia transmitida por la sonda está en orden de 1 Watt por segundo de aplicación.

Sistema de Disparo y Prueba de Sonda.

Permite realizar el disparo de manera segura, mediante la medición de los parámetros de la sonda introducida al paciente (resistividad, conductividad de la sonda).

Sistema de Reconocimiento de Sonda.

Este sistema es relativamente nuevo en el mercado, y permite que el equipo determine automáticamente el tipo de sonda conectada, ajustando automáticamente los parámetros de potencia previniendo un daño en ésta si se emplean técnicas con mayor potencia que la que la sonda tiene como estándar.

Sistema de Retroalimentación.

Lleva una muestra de todas las señales de los sistemas de los que se compone el equipo de vuelta al Microprocesador, asegurando un desempeño seguro del equipo.

Interruptor de Pié.

Permite al usuario activar y desactivar la generación de impulsos.

Fuente de Alimentación.

Provee la alimentación necesaria al equipo y se encuentra dividida en dos etapas: Etapa de abaja potencia, que alimenta al microprocesador y otros dispositivos electrónicos y el sistema de alta potencia que alimenta el amplificador y es capaz de soportar altas densidades de corriente y niveles de voltaje instantáneos.

Existen diversos fabricantes de Litotritores intracorpóreos que utilizan tecnologías electrohidráulicas, aunque el uso de ésta ya no es tan ampliamente difundido en todo el mundo debido a sus efectos secundarios indeseables. En el País no fue posible conseguir literatura técnica de éstos equipos, así que fue obtenida directamente del fabricante o de sus representantes en diversos países del mundo incluyendo El Salvador. Las marcas escogidas fueron Karl Storz, Richard Wolf y Olympus, de las cuales solamente las primeras dos poseen tecnologías electrohidráulicas en el mercado.

TABLA COMPARATIVA DE LITOTRITORES INTRACORPÓREOS ELECTROHIDRÁULICOS EN EL MERCADO.

	STORZ CALCUTRIP	WOLF RIWOLITH 2280
Voltaje de Pulso	1900 Voltios	N/D
Dimensiones	520x160x380 mm	495x168x341 mm
Alimentación	100/120 VAC, 50/60 Hz	100/120/230/240 VAC 50/60 Hz
Peso	16 Kg.	15.5 Kg.
Consumo de Potencia	N/D	200 VA
Pot. Máx. de Aplicación:	1.5 Ws	N/D
Tipo de Sondas	Flexibles no enfocadas	Flexibles enfocadas y no enfocadas.
Tamaño de sondas.	1.6 Fr a 7 Fr.	1.7 Fr a 9 Fr.
Frec. de Disparo o Aplicación	4 frecuencias pre-fijadas	Ajustable continuamente desde 6 a 20 Hz
Otros usos Documentados.	Cálculos Salivales	No posee otros usos documentados.
Tabla #5		

N/D = No fue posible obtener mayor información.

FIGURA #22.
Litotritor Intracorpóreo con tecnología Electrohidráulico CALCUTRIPT de Karl Storz, de fabricación alemana. Es el equipo que posee menores características de portatibilidad, pero el que tiene aplicaciones fuera de la litotricia urológica documentadas. Su ventaja es que puede introducirse por sondas de menor diámetro que su competidor de Richard Wolf.

FIGURA #23.
Litotritor Intracorpóreo con tecnología Electrohidráulico RIWOLIT de Richard Wolf, de Fabricación Alemana. Es más portátil que su competidor de Storz y posee dos ventajas sobre él: sondas de aplicación con enfoque y sin enfoque de onda de choque y aplicaciones documentadas de tratamientos exitosos de cálculos salivales. Otra ventaja es que posee ajustes continuos y no prefijados de la frecuencia de disparo.

4.2.2.2.2 LITOTRICIA POR TECNOLOGÍA ULTRASÓNICA.

Este tipo de tecnología es utilizada en El Salvador en el Hospital Nacional Rosales desde finales del mes de noviembre del presente año. La sonda de ultrasonidos actúa aplicando una energía eléctrica a una placa piezocerámica que entonces vibra a alta frecuencia. Si se une una sonda metálica a la placa, se transmite toda la energía vibratoria hasta el final de la sonda; el extremo de ésta hace que el cálculo resuene a alta frecuencia y se fragmente. Si se observa su efecto sobre el tejido elástico, el daño es mínimo, debido a que el tejido no resuena con la vibración. Con la transmisión de la vibración, se pierde energía, la cual se disipa en forma de calor; esto es evidente si se utiliza una sonda metálica percutánea y se sujeta cualquier porción de su longitud mientras vibra.

GENERALIDADES DEL ULTRASONIDO.

El término ultrasonido hace referencia a las ondas sonoras a frecuencias más altas que las que quedan dentro del alcance del oído humano, es decir, a frecuencias superiores a los 18 Khz aproximadamente. Las ondas ultrasónicas obedecen a las mismas leyes básicas del movimiento ondulatorio de las ondas sonoras de frecuencias más bajas, sin embargo, tienen las siguientes ventajas:

1. Las ondas de frecuencias más altas tienen longitudes de onda mas cortas, lo cual significa que la difracción o flexión en torno a un obstáculo de dimensiones determinadas se reduce en forma correspondiente. Por lo tanto es más fácil dirigir y enfocar un haz de ultrasonido.

2. Las ondas ultrasónicas pueden atravesar sin dificultad las paredes metálicas de tubo y recipientes. Esto quiere decir que el sistema de medición o aplicación entero puede montarse externamente al fluido, es decir, es no invasor. Esto es muy importante con fluidos hostiles, o sea, aquellos con propiedades corrosivas, radioactivas, explosivas o flamables. Tampoco existe la posibilidad de que ocurra obstrucción con fluidos sucios o pastas aguadas.

3. El ultrasonido puede emitirse y propagarse a través del tejido biológico, lo que lo hace idóneo para aplicaciones médicas.

4. El silencio del ultrasonido se aprovecha en aplicaciones militares importantes.

PRINCIPIOS FÍSICOS. GENERACIÓN DE ULTRASONIDO POR MEDIO DE TRANSDUCTORES DE MODERADA Y ALTA POTENCIA.

En los transductores actuales, los materiales piezoeléctricos que se emplean generalmente son de tipo cerámico. Las cerámicas piezoeléctricas presentan los mayores factores de conversión electromecánica y tienen, en términos generales, las propiedades más favorables para la transducción de potencia.

Las cerámicas piezoeléctricas son materiales constituidos por un conglomerado de cristalitos ferroeléctricos que están orientados al azar. Se originan generalmente en una reacción en estado sólido de distintos óxidos seguida de un tratamiento a alta temperatura. En su estado primitivo la cerámica es isotrópica (inerte) y no piezoeléctrica a causa de la distribución azarosa y de la estructura de los dominios (regiones dentro de cada cristalito en las que los dipolos eléctricos tienen una orientación común). El material cerámico se hace piezoeléctrico mediante un tratamiento de polarización consistente en la aplicación de un campo eléctrico constante de muy alta intensidad en la dirección elegida, con el fin de hacer girar los ejes polares de los cristalitos hacia aquellas direcciones, permitidas por la simetría, más próximas a la del campo eléctrico. El tratamiento de polarización, aunque resulta indispensable, no garantiza el alineamiento perfecto de los dipolos.

Los materiales piezoeléctricos mas comunes y con las mejores características empleados en tecnologías que requieren el uso de potencias moderadas como la litotricia intracorpórea por ultrasonido están fabricados de cristales compuestos de Titanato Zirconato de Plomo o PZT, Titanato de Bario u otros cristales Niobatos.

En los materiales piezoeléctricos las propiedades elásticas y eléctricas están acopladas. Por tanto, los parámetros eléctricos y mecánicos tienen que estar presentes en las relaciones constitutivas. Generalmente, el esfuerzo ***T*** y la deformación ***S*** son los parámetros mecánicos considerados y el campo eléctrico ***E*** y el desplazamiento dieléctrico ***D***, los parámetros eléctricos.

Para un medio piezoeléctrico, la interacción entre las variables eléctricas y mecánicas puede expresarse con las relaciones

$$\boxed{\begin{aligned} D &= dT + \varepsilon^{T} E \\ S &= s^{E} T + dE \end{aligned}}$$

donde $\boldsymbol{\varepsilon}$ y $\boldsymbol{s}$ son, respectivamente la permitividad y compliancia del medio y $\boldsymbol{d}$ la constante piezoeléctrica. La primera ecuación describe el efecto piezoeléctrico directo (mecánico-eléctrico) mientras que la segunda se refiere al efecto inverso (electro-mecánico). Los superíndices indican la magnitud que se mantiene constante bajo las condiciones de contorno.

La tecnología de litotricia Intracorpórea por ultrasonido emplea el principio físico aplicado en la expresión $\mathbf{S = S^{E}T + dE}$, en el cual se puede observar que la deformación de los cristales productora de la vibración ultrasónica es dependiente del campo eléctrico que se le aplique, compliancia del material y la constante piezoeléctrica del mismo. Entonces, la potencia de esta vibración será controlada por el nivel del campo eléctrico aplicado al cristal.

La vibración ultrasónica se transmite por medio de una sonda sólida de excepcional dureza y bajo coeficiente de dilatación hacia el cálculo, llamada sonotrodo. Debido a la naturaleza del cálculo, éste absorbe la energía ultrasónica en una manera similar a una multitud de choques inelásticos de alta frecuencia que conllevan mas que la fragmentación del cálculo a la pulverización del mismo.

DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN EQUIPO DE LITOTRICIA INTRACORPÓREA POR ULTRASONIDO.

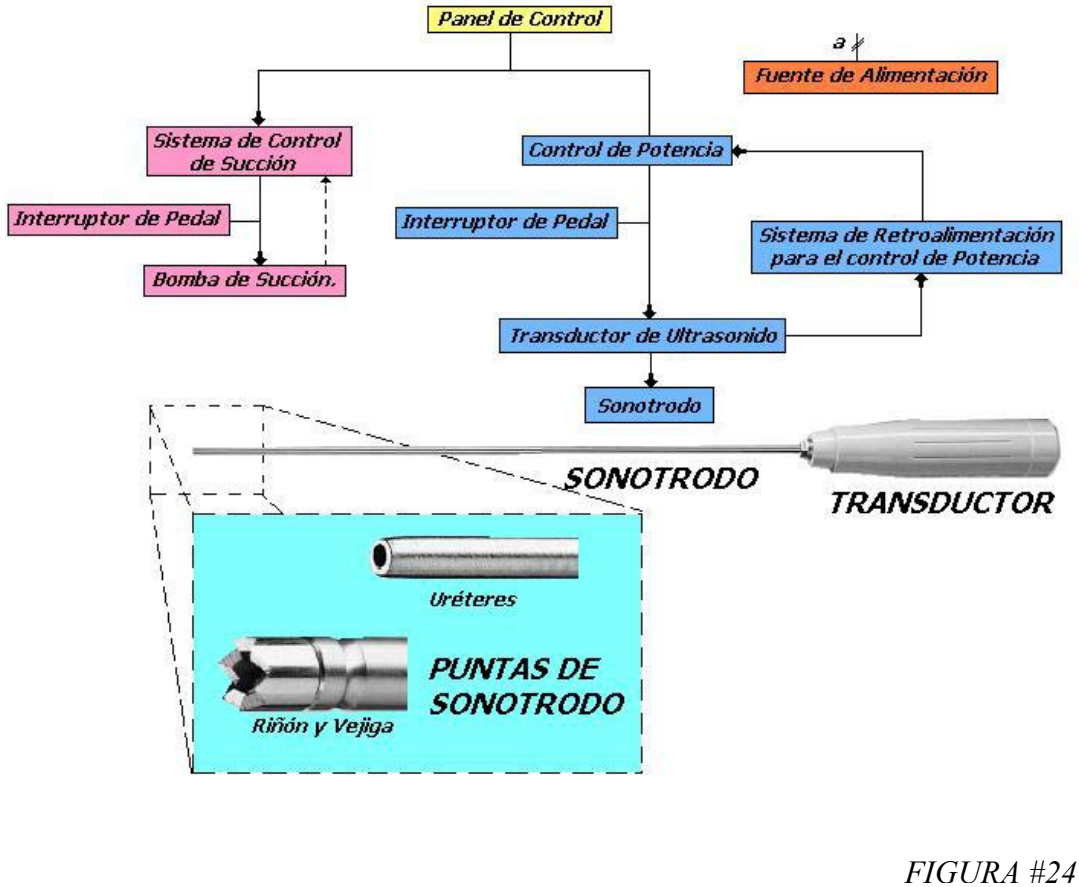


FIGURA #24

Panel de control.

Solo posee dos controles. El panel de control permite al usuario poder controlar por separado el nivel de potencia de salida del transductor hacia el sonotrodo y el nivel de succión presente en el lumen interior del sonotrodo generado por la bomba. Estos equipos poseen el mas sencillo control de todas las tecnologías existentes para el tratamiento y eliminación de cálculos renales. Además, todas las conexiones (transductor, interruptores de pié, entrada de succión) se encuentran localizadas en este bloque.

Fuente de Alimentación.

Provee el suministro de energía eléctrica a los diferentes componentes del equipo litotritor.

Control de Potencia.

Permite manejar el grado de energía que se transmite al cálculo a través del sonotrodo mediante el control del campo eléctrico aplicado al material piezoeléctrico en el transductor. Este control permite manejar la deformación de los cristales piezoeléctricos, produciendo mayores o menores expansiones y contracciones en el transductor, que serán proporcionales a la amplitud de la señal ultrasónica. Según la física del sonido, la amplitud de una señal ultrasónica está relacionada de manera proporcional con la potencia de la misma.

Transductor de Ultrasonido.

Contenido en la pieza de mano o de trabajo del equipo. Contiene un cristal piezoeléctrico (generalmente de PZT o Titanato de Bario) que al ser estimulado por un campo eléctrico externo produce una vibración ultrasónica característica a dicho cristal. Posee en todos los modelos comerciales una rosca, donde el sonotrodo va acoplado. El material piezoeléctrico está acoplado desde el momento de su fabricación a un pieza metálica, generalmente en forma de aro, la cual es la responsable de la transmisión de la energía vibratoria a la pieza donde está contenida la rosca del sonotrodo.

Sistema de Retroalimentación para el Control de Potencia.

Su función principal es el de evitar la generación de señales de muy alta potencia que puedan poner en peligro la integridad física del paciente y del sonotrodo. Los problemas ocasionados por una mala retroalimentación serían el calentamiento excesivo del sonotrodo, lo que puede ocasionar quemaduras al paciente y la destrucción del sonotrodo. La retroalimentación toma una muestra de la señal de saluda y la lleva al Control de Potencia, el cuál ajusta sus parámetros de salida para mantener el nivel deseado.

Sonotrodo.

Es la pieza que lleva la energía ultrasónica desde el transductor a través del cistoscopio, ureteroscopio o renoscopio hacia el cálculo, fragmentándolo al tener contacto con él. Está construido con materiales altamente resistentes y con características de bajo coeficiente de dilatación y alta capacidad de difusión de calor. En su gran mayoría son huecas, debido a que de esta manera la energía calorífica en disipada de manera mas eficiente. Pueden encontrarse en configuraciones diferentes, así entonces se tienen sonotrodos de diferentes diámetros, puntas lisas o puntas dentadas, semiflexibles o rígidos. En su extremo posterior podeen una rosca que permite su correcta adaptación a la pieza de mano donde está contenido el transductor.

Sistema de Control de Succión.

El sistema de control de succión posee doble finalidad: evacuar todo el detrito producido por la destrucción del cálculo y proveer al sonotrodo de una irrigación constante para la disipación del calor generado por la transmisión de la energía ultrasónica. Deberá manejar la bomba de succión de tal manera que pueda mantener las presiones adecuadas escogidas por el usuario (que van desde los 0 a los 0.6 bar).

Bomba de Succión.

Es la encargada de aspirar el detrito producido por la destrucción del cálculo en el interior del árbol urinario. Es controlada por medio de un Sistema de Control de Succión utilizando un transductor de flujo. El transductor de flujo envía una señal al Sistema de Control de Succión que permite a éste poder regular la potencia administrada a la bomba, debido a que es necesario un ajuste automático por la producción de gradientes de presión ocasionados por la cantidad de escoria que está siendo aspirada.

Interruptores de Pedal.

Su única función es la de activar el transductor de ultrasonido y la bomba de succión cuando son accionados por el usuario.

TABLA COMPARATIVA DE LITOTRITORES INTRACORPÓREOS ULTRASÓNICOS EN EL MERCADO.

	STORZ CALCUSON	**OLYMPUS LUS – 2**	**WOLF. 2271**
Niveles de Energía de Aplicación	Un Nivel de energía.	Tres niveles de energía	Tres niveles de energía
Ajuste de Potencia	Ajuste de Energía en la sonda Autorregulado	Niveles de energía controlados manualmente	Niveles de energía controlados manualmente.
Dimensiones	305x110x260 mm		320x90x360 mm
Frecuencias de Funcionamiento	26 KHz	N/D	22 a 27 KHz
Peso	8.5 Kg.	N/D	3.7 Kg.
Alimentación	110/120/200/240 VAC 50/60 Hz	N/D	110/120/200/240 VAC 50/60 Hz
Opción de Aspirador	Aspirador Opcional	Aspirador Incorporado	Aspirador Incorporado
Consumo de Potencia	N/D	N/D	200 VA
Tabla #6			

N/D = No fue posible obtener mayor información.

FIGURA #25.

Litotritor Ultrasónico Intracorpóreo Olympus LUS-2 de fabricación Estadounidense. Posee tres niveles de energía que regulan la potencia de salida.

FIGURA #26.

Litotritor Ultrasónico Intracorpóreo WOLF 2271, con aspirador incorporado. Posee similares características a su similar de Olympus. Es el mas portátil de todos.

FIGURA #27.

Litotritor Ultrasónico Intracorpóreo CALCUSON de Storz, fabricado en Alemania. Posee un solo nivel de energía, siendo la potencia regulada por el propio dispositivo.

4.2.2.2.3 LITOTRICIA POR TECNOLOGÍA LÁSER.

Los procedimientos de eliminación de cálculos renales utilizando Láser no son aplicados en El Salvador debido a la inversión necesaria en equipamiento, aunque año con año los costos van disminuyendo.

El láser se desarrolló en 1960, y el primer medio utilizado fue el rubí; éste emite una longitud de onda de 690 nm y se puede utilizar como dispositivo de longitud de onda continuo. Es capaz de fragmentar cálculos urinarios, pero produce suficiente calor como para ocasionar daños indeseables en los tejidos. Debido a esto se buscó la forma de evitar dichas complicaciones, y una forma adecuada para lograrlo fue desarrollar la actividad pulsátil, produciendo un incremento brusco de energía, de la misma forma en que se mejoró la litotripsia electrohidráulica.

Debido a la relativa facilidad para transmitir una pulsación de energía láser a través de endoscopios rígidos y flexibles, se ha popularizado éste método de eliminación de cálculos en una forma muy importante. Existen varios tipos de láser, como son el neodimioitrio-aluminio-granate (Nd:YAG), el láser de colorante sintonizable con lámpara de destello bombeable (FPDL), el Holmio:YAG (Ho:YAG), y el láser de Alejandrita Todos estos tipos de láser tienen efectos diferentes sobre los cálculos en función de la duración de sus pulsaciones, de su longitud de onda, de su potencia y de sus efectos plasmáticos y de cavitación.

Sus precios oscilan entre los $45,000 y $250,000 dólares, dependiendo del láser.

El concepto físico del láser es postulado por Albert Einstein en 1917: *el proceso de emisión de la radiación puede ser interferido, estimulándose el paso del átomo de su posición de excitación a la de reposo.*

Sin embargo pasaron muchos años hasta 1960 donde Teodoro Maiman consigue construir el primer Laser de Rubi. donde LASER es un acrónimo compuesto por las iniciales de: LIGHT AMPLIFICATION BY STIMULATED EMISSION OF RADIATION que significa *"luz amplificada por estimulación de una radiación".* A partir de ese momento se desarrollan diferentes tipos de emisores de Láser con distintas aplicaciones y es en 1965 donde se inicia como campo de aplicación la Medicina.

PRINCIPIO FÍSICO

"*Cualquier emisión lumínica se produce por la emisión de un fotón (cuanto de energía) desde un emisor, este fotón describe una trayectoria reproduciendo en todo las características del movimiento ondulatorio dentro del campo electromagnético. La posibilidad de intervención artificial en el proceso de descarga del emisor y la consiguiente emisión del fotón define la posibilidad de obtener la emisión Laser*".

Los parámetros de cualquier fenómeno ondulatorio electromagnético son:

1. **Amplitud**: es la intensidad del movimiento ondulatorio y la Energía de la onda es proporcional al cuadrado de su amplitud.
2. **Período:** tiempo necesario para que se realice una oscilación completa.
3. **Frecuencia:** es el número de oscilaciones que tiene lugar en un segundo y es el recíproco del período.
4. **Longitud de Onda:** es la distancia a la que se repite la forma de onda.

Los fenómenos electromagnéticos se caracterizan porque la velocidad de su propagación es 300,000 Km/seg. La diferencia entre los diversos tipos de radiación esta dada por los valores de la longitud de onda y frecuencia, siendo éstos valores recíprocos.

La radiación electromagnética puede ser clasificada para efectos de este trabajo según su longitud de onda en:

Rayos Infrarrojos	10.000 a 760 nm.
Luz Visible	760 a 380 nm.
Radiación Ultravioleta	380 a 180 nm
Rayos X y Gamma	menores a 180 nm.
Tabla #7	

Actualmente los diversos tipos de Láser generalmente se construyen en el espectro visible y en espectro de Infrarrojos Cercano.

COMO SE PRODUCE LA LUZ

Existen dos teorías para explicar el fenómeno de la luz:

- **Teoría Electromagnética**: La luz es una onda electromagnética compuesta de campos eléctricos y magnéticos que varían de manera periódica al viajar por el espacio.

  Las ondas electromagnéticas transportan energía y no requieren de un medio para propagarse.
- **Teoría Cuántica.** Hipótesis de Planck: La radiación no se puede emitir ni absorber en una cantidad arbitraria sino que siempre se emite o absorbe en cantidades discretas llamadas cuantos. Para una radiación con una frecuencia (γ) dada, cada cuanto tiene una energía cuyo valor esta dado por el fotón, así:

Energía del fotón = h x γ.

donde h = constante de Planck = 1.60 x 10-19 Joule . seg. Esta constante es importante en cuanto a dosimetría puesto que en la interacción láser-tejido la energía depositada es un factor crucial.

Las teorías electromagnética y cuántica de la luz se complementan entre sí, bajo ciertas circunstancias la luz presenta un carácter ondulatorio y bajo otras un carácter corpuscular.

LA RADIACIÓN LÁSER

Las características especiales de la emisión Láser con respecto a la luz normal son :

1. La luz Láser es altamente Monocromática.
2. La luz Láser es altamente Coherente.
3. La luz Láser es altamente Direccional.
4. La luz Láser puede enfocarse con Precisión.

1) Monocromaticidad*:* La radiación Láser se emite en una longitud de onda concreta. Su finura de definición puede ser de 1 parte en 10^9.

2) Coherencia*:* Todas sus ondas se propagan en fase (por emitirse en el mismo instante de tiempo).

3) Unidireccionalidad*:* Se transmite en forma de un haz fino sin divergencia. Se desvía de un paralelismo perfecto solo por efectos de difracción determinados por la longitud de onda y el diámetro de la apertura de salida. Esta difracción está dada por la ecuación:

$$Sen\theta = \lambda / a$$

Donde θ es el ángulo de difracción respecto al eje central, λ es la longitud de onda del ha láser y a el área de salida del tubo generador del láser o de la punta de fibra óptica.

4) Presición: Esta propiedad se relaciona con el paralelismo del haz láser. Como en la luz de las estrellas, el tamaño del punto enfocado en un haz láser está limitado solo por los efectos de la difracción y no por el tamaño de la fuente.

Debe aclararse además, que la radiación láser es de alta densidad fotónica que es lo que lo convierte como adecuado para las aplicaciones médicas, a través de fenómenos biológicos térmicos o atérmicos.

GENERACIÓN DE UN HAZ LÁSER.

Los tres procesos que participan en la interacción entre la materia y la radiación son los siguientes:

1) ABSORCIÓN:

La figura 27-A muestra un sistema atómico en los dos estados mas bajos posibles, de energías E_1 y E_2. A éste se presenta un espectro de radiación continuo. Se considera un fotón de este campo de radiación aproximándose al átomo de dos niveles e interactuando con él, y sea la frecuencia γ asociada al fotón tal que:

$$h\gamma = E_2 - E_1$$

El resultado es que el fotón desaparece y que el sistema atómico se mueve a su estado de energía mas alto. A este proceso se le llama absorción.

2) EMISIÓN ESPONTÁNEA:

En la figura 27-B el sistema atómico está en el estado de mas alta energía y no existe una radiación cercana. Después de un tiempo medio (τ), este sistema atómico (aislado) se mueve por sí mismo a su estado de energía mas bajo, emitiendo un fotón de energía $h\gamma$ en el proceso. A este proceso se le llama *emisión espontánea*, en cuanto a que ninguna

influencia externa desencadenó la emisión. Normalmente la vida media ***(τ)*** de la emisión espontánea por medio de átomos excitados es del orden de 10^{-8} s. Sin embargo, existen algunos estados en los que es mucho mas largo, en el orden de los 10^{-3} s. A tales estados se les llama *metaestables*; y desempeñan un papel crucial en la operación del láser.

3) EMISIÓN ESTIMULADA.

En la figura 27-C el sistema atómico está nuevamente en su estado mas alto, pero esta vez está presente la frecuencia de radiación dada por la ecuación $h\gamma=E_2-E_1$. Como en la absorción, un fotón de energía $h\gamma$ interactúa con el sistema. El resultado es que el sistema es impulsado a su estado mas bajo, y ahora existen dos fotones donde antes solo existía uno. A este proceso se le conoce como *emisión estimulada.*

Este fotón emitido es idéntico en todas sus formas al fotón "desencadenante" o "estimulante". Poseen la misma energía, la misma fase, la misma dirección, la misma longitud de onda y estado de polarización. Además, cada uno de estos fotones puede desencadenar emisiones estimuladas adicionales y así sucesivamente, como una reacción en cadena. A este fenómeno se le atribuye la "amplificación" del acrónimo láser.

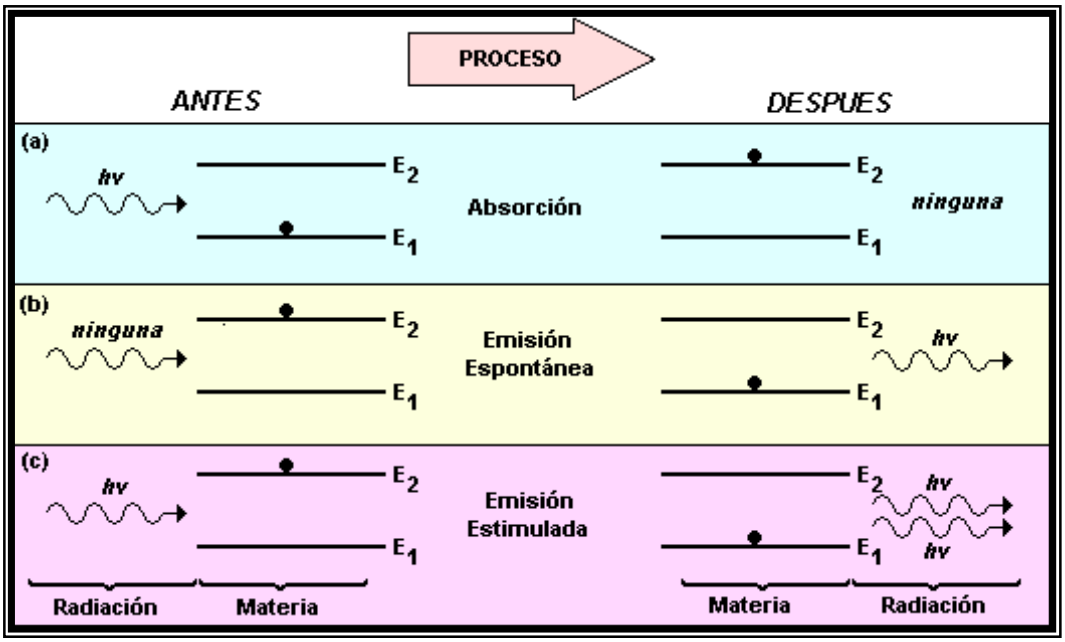


FIGURA #28. Los equipos láser actualmente utilizados que posean medios sólidos o líquidos manejan tres o cuatro niveles de energía en sus átomos para obtener un mejor resultado.

CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS LÁSER

Existen diferentes formas de clasificación de los rayos láser, a saber:

Clasificación Física.

Según su medio activo:	*Según su Longitud de Onda*
Sólidos. Líquidos. Gaseosos. Diodos	Ultravioletas. Visibles. Infrarrojos.
Tabla #8	

Clasificación por su medio de Bombeo:

- Bombeados por descarga (HeNe, CO2, Excimer).
- Bombeados Ópticamente (Nd:YAG, Ho:YAG, Dye).
- Bombeados Eléctricamente, semiconductor.

Clasificación Clínica:

- *Laser de baja densidad de potencia LLLT (Laser Blando).*
  Este grupo puede dividirse en Laser Terapéutico o Diagnóstico.
- *Laser de alta densidad de potencia.*
  A este segundo grupo podemos organizarlo según su campo de aplicación en:
  a) Láser quirúrgicos para tejidos blandos.
  b) Láser quirúrgicos para tejidos duros.
  c) Láser quirúrgicos para fotopolimerización.

INTERACCIÓN LASER - TEJIDO

Todas las longitudes de onda tienen esencialmente el mismo mecanismo de interacción con el tejido.

En términos generales el láser puede tener cuatro interacciones diferentes.

1. **Reflexión:** la energía del láser puede reflejar fuera de una superficie en una forma directa o difusa. Esto presenta la preocupación de inseguridad cuando se dirige la energía del láser hacia los blancos imprevistos.
2. **Absorción:** es la interacción con el tejido más beneficiosa. El objetivo del tratamiento es cumplido a través del efecto fototérmico.
3. **Transmisión:** la energía viaja directamente a través del tejido, sin causar efecto.
4. **Dispersión:** el haz del láser para se extiende fuera en una área más grande. Esto es útil en la fotopolimerización de resinas compuestas, pero el haz al dispersarse, disminuye su densidad de poder con el tiempo hasta llegar a un punto donde los efectos biológicos no son significantes.

EFECTOS DEL LÁSER EN LOS TEJIDOS.

1. **Fotoablación**: Es el proceso por el cual removemos tejido térmicamente cuando un rayo de longitud de onda específico se pone en contacto con los tejidos, dando como resultado una apariencia de la superficie rugosa y/o ulcerada de los tejidos que generalmente presenta hemostasis.
2. **Coagulación:** Es el proceso de inducir una rápida liberación de agua y otros sustratos celulares del tejido cuando un específico rayo de longitud de onda se pone en contacto, ejemplos típicos de esto incluye: hemostasis, soldar tejidos y unir-cerrar los tejidos.
3. **Excisión:** Es la penetración física de los tejidos por un haz o rayo de longitud de onda específica y que el tejido permanezca vivo al proceso de ablación.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE LÁSER UTILIZADOS PARA LITOTRICIA.

a) Láser de Neodimio.

El neodimio es un elemento ubicado en la tabla periódica de los elementos en la sección de tierras raras. Se utiliza para estimular un medio cristalino, con la subsecuente producción de una longitud de onda de 1,064 nm. Al principio, el cristal de vidrio fue utilizado como medio cristalino, pero el YAG (Ytrio Aluminio Granate) ha probado ser un cristal mucho mas durable para aplicaciones láser. Debido a que su longitud de onda es pobremente absorbida por el agua, el haz tiende a transmitirse bien en medios líquidos y no produce ondas de choque a pulsos de baja energía. Por la razón anterior, se necesitan altas potencias de salida que implican fibras ópticas mayores para transmitir la energía suficiente para producir la cavitación y la onda de choque. Estas fibras hacen que la energía se disperse sobre un área mayor, reduciéndose su eficiencia. Además, la longitud de onda de 1,064 nm es pobremente absorbida por la mayoría de cálculos.

Utilizado en forma de pulsos de alta energía y de corta duración se mejora la efectividad en la generación de onda de choque y de cavitación, pero en cuanto a el láser de Nd:YAG se han tenido problemas. Además de la generación de calor al momento del disparo, las altas energías empleadas provocan la fragmentación de la fibra óptica en su punta, dejando a veces fragmentos dentro del uréter que a su vez son causa de fibrosis. Si se aplica un dispositivo acoplador optomecánico, buena parte de la onda de choque liberada regresa a la fibra, deteriorándola más.

Por las causas antes mencionadas, no es recomendable el uso de esta tecnología específica.

b) Láser de Colorante Sintonizable con Lámpara de Destello Bombeable o FPDL.

Debido a que la energía láser puede ser absorbida selectivamente por algunos materiales y reflejada por otros de acuerdo a su longitud de onda, se realizaron experimentos con un FPDL para la fragmentación de cálculos. A una longitud de onda de 504 nm, usando

“colorante coumarin verde ” como el líquido medio láser, se ha demostrado que el FPDL es un efectivo fragmentador de cálculos. Esto se debe a que el láser verde es absorbido por muchos de los materiales de los que están constituidas las piedras y reflejado por el tejido circundante. La corta longitud de pulso de 1 microsegundo permite la generación de la onda de choque sin permitir la generación de calor excesivo, y una fibra de 250 micrómetros permite una efectiva transmisión de energía sin excesiva difusión de energía. Esto permite una transmisión de 80 a 140 mJ/pulso sin daño en la fibra.

Debido a que el FPDL trabaja vaporizando una porción del cálculo y causándole fragmentación por ondas de choque producidas en la superficie de la piedra, es lógico que existan problemas asociados a una determinada longitud de onda y cálculos de diferentes composiciones. Las piedras tienen diferentes tasas de absorción y reflexión, lo que afecta la formación del plasma sobre ellas. También la dureza de los cálculos contribuye a este problema. El FPDL muestra a su vez problemas para fragmentar cálculos de Oxalato de Calcio Monohidratado debido a que tienen la capacidad de absorber casi toda longitud de onda visible al ojo humano (Ver Anexo) debido a su color negro. Para evitar estos problemas, los cálculos pueden rtatarse con medicamentos u otras substancias que permitan que absorban la energía en sus superficie, aumentando la efectividad del FPDL Pero la tecnología no es perfecta, se han encontrado complicaciones como daños tisulares, extrusión de fragmentos de cálculo, pulsación retrógrada y en algunos casos la imposibilidad de reventar la piedra. A pesar de ello, se considera una tecnología con muy buenos resultados, con mas del 90% de efectividad.

Debido a que el costo de un FPDL es considerable en concepto de compra y mantenimiento, no es comúnmente utilizado a pesar de ser muy efectivo. Otros dispositivos láser como el Ho:YAG han probado tener una mejor relación costo/efectividad.

c) Láser de Alejandrita.

El láser de Alejandrita es un láser de medio sólido que genera una longitud de onda de 750 nm. Se utilizaba en longitudes de pulso muy cortas que van desde los 150 ns hasta los 400 ns, causando la desintegración de la punta de la fibra y la consecuente contaminación de los tejidos adyacentes con partes dela fibra. Al aumentarse la longitud de pulso a 1 microsegundo, la fibra tiende a estar intacta. Debido a su longitud de onda, este láser es efectivo en la destrucción de cálculos de Oxalato de Calcio Monohidrato pero paradójicamente no fragmenta las rocas mas frágiles de Oxalato de Calcio Dihidrato.

El láser de Alejandrita tiene efectos plasmáticos muy fuertes y un gran efecto cavitativo en la transmisión de su energía. El colapso de la burbuja cavitativa del láser de Alejandrita tiende a ser mas suave y con menor efectos de presión que el FPDL. Este láser tiende a ser muy costoso, similar al FPDL. Puede ser aplicado en dermatología y cirugía plástica.

d) Láser de Homio / YAG.

Es un láser infrarrojo de 2,100 nm que utiliza un cristal YAG como medio de transmisión y Holmio como medio de excitación. Debido a su longitud de onda, tiene una penetración en el tejido de 0.4 a 0.5 mm y es no selectivo en el material al cual afecta. Es un láser pulsado, pero tiene una larga longitud de pulso de aproximadamente 100 a 350 microsegundos. El pulso del láser puede producir de 0.5 a 2.0 Joules o mas por pulso, pudiéndose encontrar láseres entre los 50 y 90 Watts. Debido a lo anterior, los efectos de cavitación se pueden encontrar en todos los materiales. También, por sus características de no selectividad y larga longitud de pulso, el Ho:YAG tiende mas a taladrar dentro de las piedras que s producir el efecto de fragmentación. Esto produce resequedad en el uréter pero solamente si se encuentra a 0.4 mm o mas cerca. Por esas habilidades de ablación (resecar y evaporar), el Ho:YAG puede ser utilizado en estricturas, resecciones de tumores, resección de próstata y aplicaciones ortopédicas como meniscectomía.

Esta tecnología es relativamente de bajo costo, resistente y de múltiples aplicaciones.

Es ser una opción con relación costo/efectividad a tomar en cuenta. Su precio actual está en el rango de los $145,000.00

DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN EQUIPO LÁSER PARA USO MÉDICO.

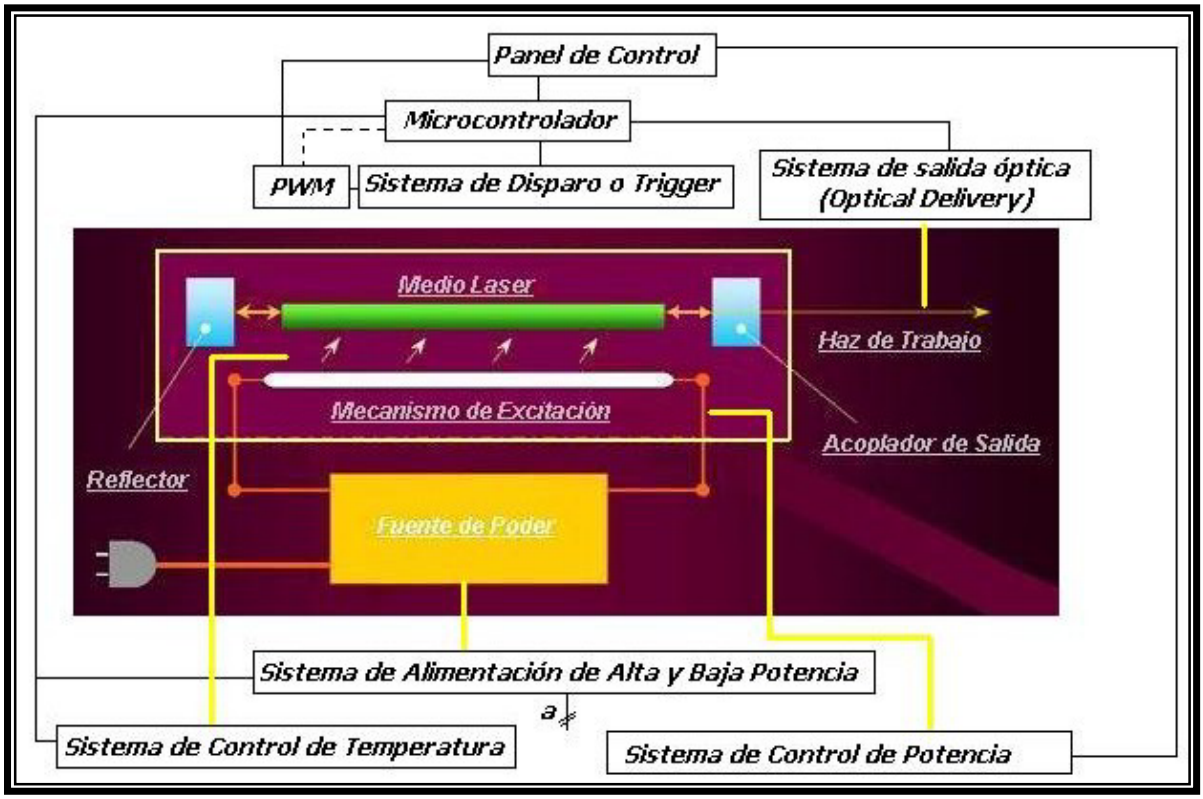


FIGURA #29. Diagrama de Bloques de un Láser Médico en general.

Panel de Control.

Por medio del panel de control existe el interfase equipo – usuario. El operador tiene la capacidad de poder ajustar los parámetros de potencia, longitud de pulso, frecuencia de disparo e intensidad del haz de señalización (aiming beam). A su vez, muestra al usuario las condiciones del sistema por medio de mensajes o códigos, que permiten operar el equipo de manera correcta y corregir los errores cometidos por el usuario como conexiones incorrectas de fibra óptica y sobrepotencias. También permite ver mediante mensajes de error los problemas que pueda tener el equipo como sobre calentamientos, desajustes en su

potencia de salida, en sus longitudes de pulso u otros parámetros que requieran servicio técnico.

Microcontrolador.

Se encarga de controlar todo el sistema mediante su programación. Su principal función es el reconocimiento de errores en el sistema que pudieran llevar a lesiones o injurias al operador o el paciente. La familia de microcontroladores mas utilizados son los Motorola 68HC11 y posteriores debido a su versatilidad y alta resistencia a medios hostiles como los de la sala de operaciones y las descargas estáticas. Las señales de todos los demás componentes enunciados llegan a las entradas del microcontrolador al momento de encenderse el equipo, por lo que éste puede realizar un pre-inicializado, asegurándose que no existan problemas.

Modulador de Ancho de Pulso o PWM. (Pulse Width Modulator.)

Es un dispositivo que realiza la función de controlar la longitud de puso del haz de salida láser de acuerdo con lo fijado por el usuario en el panel de control. Está directamente relacionado con el microcontrolador y con los sistemas de Disparo o Trigger y el Sistema de Salida Óptico (Optical Delivery).

Sistema de Disparo o Trigger.

Da la señal a el agente excitador (para el caso del Ho:YAG dos lámparas de descarga o Flash Lamps de alta intensidad) para comenzar a bombar el medio láser a un estado de emisión estimulada metaestable. Este sistema está relacionado con el microcontrolador, el que a su vez lleva la cuenta de cuantos disparos se han dado, lo que servirá para efectos de descarte de las lámpara de descarga.

Sistema de Salida Óptica (Optical Delivery).

Este sistema es controlado por el Sistema PWM y el microcontrolador, y habilitado cuando ya se ha dado una señal de activación al Sistema de Disparo o Trigger. Debido a que no es posible controlar totalmente el tiempo durante el que el medio láser estará emitiendo una

vez excitado, el Sistema de Salida Óptica realiza el control por medio de la interrupción del haz láser por medios mecánicos, es decir, bloqueándolo con una lámina metálica con alta capacidad de disipación de calor. Se encuentra ubicado justamente antes del sistema de conexión de la fibra.

Sistema de Alimentación de Alta y Baja Potencia.

El sistema de alimentación de baja potencia es el que suple todos dispositivos del equipo láser con excepción del sistema de enfriamiento y de excitación del medio láser. El sistema de alimentación de alta potencia es aquel que permite el funcionamiento del sistema de enfriamiento alimentando el ventilador o los ventiladores del tubo y el sistema de excitación comprendido por las lámparas de descarga. Las lámparas de descarga necesitan una alimentación en corriente directa en el orden de los kilovoltios, lo que es realizado por medio de bancos de capacitores de alta potencia cuya carga y descarga está controlada por el sistema de control de potencia. Los sistemas de alta y baja potencia deberán ser independientes uno del otro.

Sistema de Control de Temperatura.

El dispositivo que contiene el medio láser llamado en el caló técnico "El tubo", deberá poseer dispositivos que monitoreen la temperatura del mismo. El sistema de control de temperatura consta de dos partes: el sistema de medición de temperatura que envía una señal al microcontrolador y los ventiladores o extractores de aire encargados del enfriamiento. No se utilizan medios líquidos ni gases para el enfriamiento del tubo, sino que simples extracciones de aire. Se puede hacer una comparación con el sistema de enfriamiento de un automóvil, en el cual el sistema de enfriamiento no se activa sino hasta que se alcanza la temperatura óptima de funcionamiento, manteniéndola lo mas estable posible. Si esta temperatura alcanza valores muy elevados, entonces el microcontrolador corta la excitación del medio láser y genera el respectivo mensaje de error.

Sistema de Control de Potencia.

Consiste en el control de la intensidad de las lámparas de descarga, ya que la generación del haz láser estará relacionado con la intensidad de la excitación aplicada al medio contenido en el tubo. El control de la potencia se realiza mediante el panel de control y es monitoreado por el microcontrolador.

TABLA COMPARATIVA DE EQUIPOS LÁSER DE DIFERENTES POTENCIAS.

FUENTE LÁSER	Holmio:YAG pulsado, estado sólido	Holmio:YAG pulsado, estado sólido
LONGITUD DE ONDA	2.1 μm (cercano al infrarrojo)	2.1 μm (cercano al infrarrojo)
RANGO DE ENERGÍA POR PULSO	0.1 - 7 J	0.5 - 3.5 J
TASA DE REPETICIÓN DE PULSO	3 - 60 Hz	5 - 20 Hz
ANCHO DE PULSO	350 μs nominales	350 μs nominales
POTENCIA DE SALIDA	80 W al tejido	30 W al tejido
CONECTOR	Propietario	Propietario
SISTEMA DE AUTO-DIAGNOSTICO	No requiere alineación o precalibración	No requiere alineación o precalibración
ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS	220 V_{CA} ± 10%, 40 A, 50/60 Hz, fase sencilla	115/208/240 V_{CA} ± 10%, 20/12/10 A, 50/60 Hz, fase sencilla
ENFRIAMIENTO	Aire/agua auto-contenido	Aire/agua auto-contenido
HAZ DE GUÍA	5 mW máximo, ajustable, rojo	5 mW máximo, ajustable, rojo
DIMENSIONES	Rango de 65 x 83 x 98 cm	Rango de 51 x 38 x 91 cm
PESO	Cerca de los 250 kg	Cerca de los 68 kg
AUTORIZACIONES	**ETL/MET, TUV, MED G-V**	**ETL/MET, TUV, MED G-V**
Tabla #9		

De la Tabla #9 se puede concluir que para un Láser de Holmio de baja o alta potencia puede ser utilizado exitosamente en la eliminación de cálculos en cualquier parte del tracto urinario. El costo de la tecnología láser va aumentando a medida que la potencia de salida al tejido del equipo es mayor. Pero a medida que se pueda trabajar con potencias superiores, también los rangos de aplicación aumentan, tal y como se demuestra en el siguiente punto de aplicaciones del láser de Holmio de acuerdo a su potencia máxima de salida. También, mientras mas potente sea la unidad láser, mayor será su tamaño y menores sus posibilidades de movimiento de un lugar a otro.

APLICACIONES DEL LÁSER DE HOLMIO SEGÚN SU POTENCIA.

LÁSER DE HOLMIO DE 80 WATTS.

Dermatología y Cirugía Plástica, Discectomía Lumbar Percutánea, Cirugía Gastroenterológica/Gastrointestinal, Cirugía General, Cirugía Genitourinaria, Cirugía Ginecológica, Litotricia y Litotricia Urinaria Percutánea, Cirugía Ortopédica, Cirugía Otorrinolaringológica (ENT) y Angioplastía Periférica.

LÁSER DE HOLMIO DE 30 WATTS.

Litotricia, Espina Lumbar, Otorrinolaringología, Artroscopia, Cirugía General y Ginecología..

FIGURA # 30.

La tecnología de Láser de Holmio para usos médicos puede encontrarse en bajas y altas potencias. El equipo que aparece a la izquierda es una unidad de Láser de Holmio de 30 Watts de fabricación Estadounidense, marca Trimedyne Inc., modelo OmniPulse Jr.. Pueden observarse sus dimensiones reducidas respecto a las unidades de mayor potencia.

FIGURA # 31.

La imagen de la izquierda muestra una unidad de Láser de Holmio de 80 Watts de fabricación Estadounidense marca Trimedyne Inc., modelo OmniPulse MAX. Sus dimensiones son bastante mayores a sus similares de baja potencia y sus aplicaciones son mucho mas extensas.

4.2.2.2.4 LITOTRICIA CON LITHOCLAST.

Esta tecnología o procedimiento es relativamente nuevo en la eliminación de cálculos renales, con aproximadamente 2 años de uso. En El Salvador, es utilizado únicamente en el sector hospitalario privado.

El lithoclast se basa en la transmisión de energía al cálculo por medio del impacto de una sonda metálica ubicada al final del dispositivo y sobre la superficie del cálculo. La energía que impulsa la sonda metálica proviene de un pistón (proyectil) que se desliza por un tubo desde el extremo proximal al extremo distal, movido por aire comprimido. Debido a la naturaleza no elástica de los materiales utilizados y a su casi nula tasa de deformación, la transmisión de la energía se realiza casi en un 100% siempre y cuando la trayectoria del proyectil siga una linea recta o cuasi recta. Si se utilizan dispositivos flexibles con una angulación mayor de 10º, la efectividad del Lithoclast se ve dramáticamente reducida. El principio de transmisión de la energía mecánica es el mismo aplicado en física básica, aplicado a las bolas en una mesa de billar. Debido a las características de los cálculos renales, generalmente éstos no tienen la capacidad de soportar una aplicación de energía instantánea y se fragmentan. Su ventaja es que el impacto es dirigido directamente a la piedra y no existen ondas de choque derivadas a chispas o plasma que puedan propagarse y perforar las estructuras. Su desventaja es que el cálculo puede irse empujando cada vez más adentro en dirección al riñón, haciendo más difícil el trabajo de eliminarlo.

PRINCIPIOS FÍSICOS.

Cualquier equipo litotritor intracorpóreo por impactor pneumático responde a las leyes de la física newtoniana, específicamente a los principios de conservación de la energía y del momento lineal. La Figura #31 muestra un diagrama de bloques de un equipo de litotricia por impactor pneumático, tomando como referencia el Swiss Lithoclast, Fabricado por EMS y que corresponde al único en su género en El Salvador.

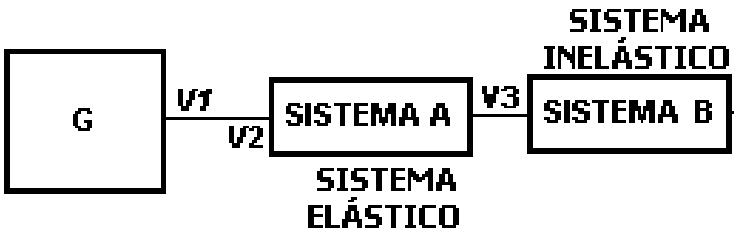


FIGURA #32

Donde:

G. Corresponde al generador de impulsos.

Sistema A. Corresponde al sistema comprendido por el pistón pneumático y la punta que impacta sobre el cálculo.

Sistema B. Corresponde al sistema comprendido por la punta de la sonda que impacta el cálculo y el cálculo renal.

GENERADOR.

El generador es un dispositivo que transmite la energía al pistón por medio de una fuerza ejercida sobre éste por la inyección y expansión de aire comprimido en una recámara. Esta fuerza de expansión es controlada por el usuario por medio de la presión, la que está dada por la expresión $\mathbf{F = A.\delta}$, donde $\boldsymbol{\delta}$ es la presión inyectada a la cámara de expansión, **F** es la fuerza ejercida sobre el pistón y **A** es el área del pistón. La presión ejercida por el gas sobre el pistón posee una media que oscila entre los 2 y los 2.5 bares de presión y acelera a éste último desde la velocidad $\mathbf{v_1}$ hasta la velocidad $\mathbf{v_2}$ que es la velocidad del pistón antes de chocar la punta del impactor. También se asume que para una sonda en posición recta (cero grados), la fricción y sus efectos son despreciables.

SISTEMA A.

SISTEMA PISTÓN – PUNTA IMPACTORA.

Existe conservación de la energía mecánica y del ímpetu lineal, debido a las características elásticas del sistema. Debido a los materiales utilizados en la sonda, no existe compresión ni deformación de los materiales. Por lo tanto, $\Delta P_1 = m_1 v_2 = m_2 v_3$, donde $\mathbf{\Delta P_1}$ es el cambio en el momento lineal en un sistema elástico, $\mathbf{m_1}$ es la masa del pistón, $\mathbf{v_2}$ es la velocidad del pistón en el momento de impactar la punta de la sonda, $\mathbf{m_2}$ es la masa de la punta de la sonda y $\mathbf{v_3}$ es la velocidad de la punta de la sonda en el instante posterior al choque. La expresión anterior se aplica debido a que la velocidad inicial de la punta impactora es cero, y se asume que la velocidad final del pistón será a su vez cero. También se asume que para una sonda en posición recta (cero grados), la fricción y sus efectos son despreciables.

SISTEMA B.

SISTEMA PUNTA IMPACTORA – CÁLULO

Este sistema se puede representar por medio de las relaciones correspondientes a un choque inelástico. Es más, mientras mas inelástico sea, el resultado será mejor debido a que no existirá el desplazamiento del cálculo llamado "migración retrógrada", que pude complicar el tratamiento. En este tipo de choques la energía transmitida por la sonda por medio de su punta impactora produce deformación y fragmentación del cálculo. Físicamente, no se puede aplicar el principio de conservación de la energía cinética debido a las pérdidas de energía por fragmentación, aunque el principio de conservación del momento lineal si se conserva.

Sin deflexión (sonda no doblada o a cero grados), el momento de impacto máximo se encuentra en el orden de los 4.0 x10-3 Kg.m/s para presiones de 2.0 bar y de 4.7 x 10-3 Kg.m/s para presiones de 2.5 bar. Este momento de impacto se reduce en un 50% cuando la punta de la sonda se dobla a 33º grados a 2.0 bar y a 24º a los 2.5 bar. A los 48º, el momento de impacto se reduce a solo el 37% del que se lograría con la sonda a 0^o. La

energía del impacto máxima, como es lógico, se obtiene con la sonda a cero grados, y es de 2.28 mJ a 2 bar y 3.09 mJ a 2.5 bar. Después de los 48º, la energía transmitida al cálculo solamente corresponde al 30º de la energía a cero grados, por lo que la fragmentación ya no es efectiva.

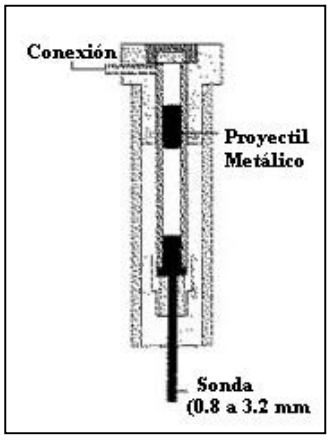
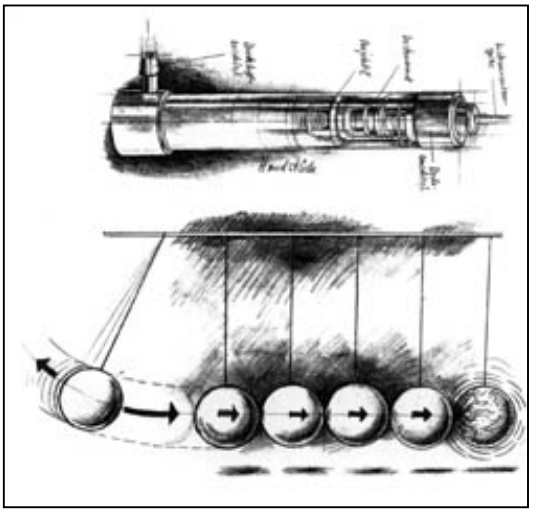


FIGURA #33

La Figura de la izquierda muestra un diagrama interno básico del principio de funcionamiento de la tecnología SWISS LITHOCLAST. El Lithoclast es una tecnología que ha sido utilizada en Europa desde hace mas de cuatro años, pero que acaba de ser aprobada para su distribución en los Estados Unidos por la FDA (1999).

FIGURA #34.



En la Figura derecha se puede observar una comparación de lo que es la transmisión de energía en un sistema mecánico con características no elásticas representado por una serie de bolitas de metal por las cuales se transmite la energía del impacto hacia una sola dirección y sobre una bolita con características diferentes que representa un cálculo renal y el funcionamiento del Lithoclast.

Su precio oscila entre los $30,000.00, aunque tiende a bajar a medida que pasa el tiempo.

TABLA COMPARATIVA DE LITOTRITORES INTRACORPÓREOS PNEUMÁTICOS EN EL MERCADO.

	EMS **Swiss Lithoclast**	**STORZ** **CALCUSPLIT**
Figura # 35 (Izquierda) **Figura # 36 (Derecha)**		
Alimentación	No requiere alimentación eléctrica	110/120/200/240 VAC 50/60 Hz
Tipo de Pulso.	Pulso individual o en tren.	Pulso individual o en tren.
Energía aplicada al cálculo	85-100 mJ.	1.5 Ws
Tasa de Repetición de Pulsos	0-20 Hz	0-15 Hz
Entradas de Presión.	Compresor, cilindro o central de gases. Aire	Compresor, cilindro o central de gases. Aire
Presión de Entrada de Aire	3.5 – 5.0 bar	3.5 a 5.0 bar
Amino de Sondas.	0.8 a 2.0 mm.	0.8 a 2.0 mm
Equipo de Succión	Opcional, de alto costo.	No ofrece Equipo de Succión.
Tabla #10		

De la tabla anterior se puede observar que la única diferencia entre los dos equipos que utilizan la tecnología de impacto mecánico es que el Swiss Lithoclast de EMS no necesita conexión eléctrica, sino que es totalmente pneumático. Además, el fabricante ofrece diferentes tipos de accesorios como succionadores y sondas flexibles de última generación que permiten llevar la terapia de litotricia a lugares menos accesibles como los uréteres proximales al riñón. Ambos equipos poseen el mismo principio de funcionamiento aunque sus maneras de controlar la presión y el tipo de aplicación es completamente diferente.

4.2.2.2.5. LITOTRICIA CON IMPACTOR PNEUMÁTICO.

No se aplica en El Salvador debido a que todavía es un a tecnología experimental. Este utiliza una sonda de nitinol (aleación de níquel-titanio) que impacta los cálculos mecánicamente. El dispositivo funciona utilizando aire comprimido estándar de 40 psi para dirigir la sonda. En su extremo proximal una placa redonda de titanio se acelera por aire comprimido alrededor de un eje, de forma similar a cuando el viento cierra violentamente una puerta. La placa de titanio golpea el extremo proximal de la sonda de nitinol, que tiene forma cilíndrica y se puede curvar debido a sus propiedades mecánicas inherentes de flexibilidad pero no compresibilidad longitudinal; el extremo distal de la sonda de nitinol golpea entonces el cálculo. Un sistema análogo mas fácil de entender es un cable en un catéter Ureteral. Una fuerza puede ser aplicada a la punta del cable a través de un catéter doblado o angulado simplemente empujando el cable en el extremo proximal al cirujano. Un urólogo llamado Loisides [9] utilizó este dispositivo para realizar litotripsia a través de ureteroscopios flexibles, encontrando que es capaz de romper cálculos de Oxalato de calcio monohidrato a través de un ureteroscopio doblado 90 grados, haciéndolo mas efectivo que el Lithoclast. Este dispositivo todavía se encuentra en etapa de desarrollo, y propone ser una opción con excelente relación costo/beneficio.

4.2.2.2.6. NEFROLITOTOMÍA PERCUTÁNEA ENDOSCÓPICA.

Es un procedimiento mínimamente invasivo empleado para la eliminación de cálculos de gran tamaño en el riñón (del tipo Staghorn o Asta de Ciervo) o cuando ninguna de las otras técnicas endoscópicas sea efectiva ya sea por la naturaleza del cálculo, por problemas fisiológicos o anatómicos, malformaciones, obesidad u otras causas.

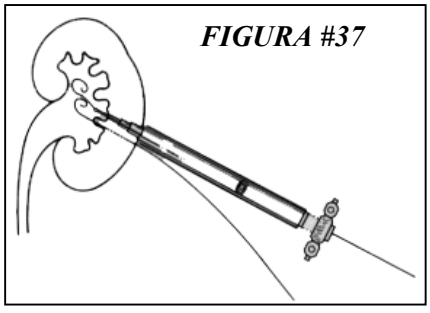


FIGURA #37

Con esta técnica casi cualquier cálculo, independientemente de sus dimensiones, con posición y sede, puede ser removido. La litotricia se realiza a través de una punción del riñón y dilatación sucesiva con catéteres rígidos y dependiendo del tamaño de la Litiasis se realiza extracción simple de la misma o combinación con Litotripsia Intracorpórea especialmente con Lithoclast o ultrasonido a través de un nefroscopio con posterior extracción de sus fragmentos.

4.2.3. REQUERIMIENTOS DE EQUIPO.

Los requerimientos de equipo son similares a los de una sala de operaciones para cirugía abierta además del equipo endoscópico y el litotritor. A diferencia de otras localidades para aplicaciones Endoscópicas como gastroscopía o colonoscopía cuyos requerimientos de espacio físico y de equipamiento son menores; este tipo de procedimientos por su naturaleza quirúrgica requiere condiciones controladas. Lo anterior se debe a que en cerca del 10% de los casos las cirugías por procedimientos Endoscópicos se vuelven abiertas debido a complicaciones durante la operación. Las tecnologías empleadas en los procedimientos Endoscópicos son en buena parte seguras debido a que han sido diseñadas para causar el menor efecto colateral al paciente, pero no implica que sean 100% efectivas.

Equipamiento mínimo adicional al de la Sala de Operaciones para Procedimientos Abiertos:

A) Para Cálculos en el Sistema Urinario.

CISTOSCOPIO:

- De preferencia del tipo flexible.
- Sistema de manejo de succión e irrigación manejado con facilidad.
- Diseño aislado eléctricamente que permita el uso compatible del cistoscopio con equipos de electrocirugía.
- Capacidad de angulación.

- Diseño Ergonómico.
- Sistema de control de angulación para una sola mano.
- Sistema de muescas en el instrumento con medidas en centímetros para ver la longitud introducida.
- Canal de trabajo para instrumentos de 6 Fr.
- Compatible con cámara de Video.

URETEROSCOPIO:

- De preferencia del tipo flexible.
- Angulación a 180º.
- Bajo peso y Ergonómico.
- Punta redondeada.

NEFFROSCOPIO:

- Rígido.
- Canal de trabajo de 4mm.
- Manejo de dispositivos de flujo continuo.
- Materiales de alta resistencia como Titanio

LITOTRITOR.

- Ya sea Electrohidráulico, Pneumático, por Ultrasonido o Láser.

B) Para Cálculos en el Sistema Biliar.

DUODENOSCOPIO de canal entre los3.7 mm y 4.2 mm

EQUIPAMIENTO ADICIONAL COMÚN PARA TRATAMIENTO ENDOSCÓPICO DE LITIASIS RENAL Y BILIAR.:

VIDEOCÁMARA .

- Incluya tecnología de 3 chips.

- Circuito de alta definición con 752 x 582 pixeles como mínimo.
- Realzador digital de colores integrado en consola.
- Balance del blanco / negro automático y manual.
- Cabezal de la cámara con montaje sumergible.
- Acople estándar para laparoscopio.
- Resolución mínima de 900 líneas horizontales por 450 verticales.
- Salidas de video RGB, NTSC, SVHS, BNC.
- Largo del cable conector de la cámara no menor de 10 pies.
- Cables de video.
- Alimentación de red a 110V 60Hz, monofásico.
- Esterilizable a ETO o en solución de glutaraldehido.

MONITOR.

- Como mínimo de 14 pulgadas en diagonal.
- A colores, grado médico.
- Resolución mínima de 700 líneas.
- Conexiones a otros dispositivos tipo RGB, NTSC y SVHS.
- Sistema de alarma de mala conexión,
- Salida a VHS convencional del tipo NTSC por medio de un cable BNC.
- Alimentación de red a 110V 60Hz, monofásico.

FUENTE DE LUZ .

Luz fría de Xenon o Halógeno 100W o 250W.

- Salida de luz con regulación manual y/o automática de la intensidad, en combinación con la cámara de video.
- Conexiones apropiadas tipo BNC.
- Cable de fibra óptica de 5mm x 7.5 piés de largo como mínimo.
- Alimentación de red a 110V 60Hz, monofásico.

4.2.4. REQUERIMIENTOS DE PERSONAL.

Los requerimientos de personal serán los mismos que los expresados para la cirugía abierta. La diferencia es el tipo de preparación a la cual se han sometido, en el caso de la Colangio Pancreatografía Retrógrada Endoscópica (CPRE) se requiere que el cirujano posea la especialidad de Cirujano Endoscopista y en el caso de la Litotricia Intracorpórea en el sistema urinario se requiere que el médico urólogo posea una subespecialidad en Endourología.

4.2.5. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA INSTALACIONES Y DE ÁREA FÍSICA.

Los requerimientos de planta física para localidades endoscópicas a utilizarse en procedimientos de remoción de cálculos renales y biliares son idénticos a los utilizados para una sala de operaciones. Se debe aclarar que no se pueden realizar procedimientos netamente endoscópicos en localidades utilizadas para Cirugía Abierta o Laparoscópica debido al tipo de contaminación que se da en procedimientos endoscópicos ya sea urológicos o de vías biliares (a veces hay contaminación del espacio operatorio por orina o heces fecales). Sin embargo, esta localidad podrá ser compartida para procedimientos Endoscópicos especiales como hemorroidectomías endoscópicas.

La única variación respecto a la sala de operaciones para cirugía abierta será que dentro de la sala de operaciones estará habilitado un lavamanos grande.

4.2.6. SISTEMAS DE APOYO.

El funcionamiento del bloque quirúrgico exigirá que el hospital disponga de las siguientes funciones de apoyo:

- Asistencia médica permanente multidisciplinaria.
    - Debido a que pueden existir complicaciones que requieran la participación de otros especialistas como cardiólogos, cirujanos vasculares, nefrólogos, etc.

- Analítica urgente básica con gasometría las 24 horas (Laboratorio Clínico).
    - Debido a que es necesario un análisis rápido y efectivo de parámetros sanguíneos que permitirán al médico realizar la operación con mayor seguridad.
- Radiología básica las 24 horas.
    - Los parámetros radiológicos de los equipos de rayos X son controlados por un técnico radiólogo. Deberá estar listo para poder realizar exámenes de urgencia o programados.
- Sistema de comunicación eficaz con el resto del hospital.
- Departamento de Mantenimiento las 24 Horas del Día

4.2.7 REQUERIMIENTOS DE ATENCIÓN POST OPERATORIA.

Debido a la naturaleza de este procedimiento o técnica, no es necesaria una larga hospitalización del paciente, siempre y cuando el procedimiento no haya tenido complicaciones. El paciente se presentará nuevamente a la clínica del médico según éste lo crea conveniente.

TABLA #11

A) Tabla de Estancia Hospitalaria Promedio sin Complicaciones.

Nefrolitotomía Percutánea Endoscópica	3 Días
Urolitiasis Utilizando Tecnologías Endoscópicas	0 a 1 Día
Litiasis Biliar Utilizando Tecnologías Endoscópicas.	1.8 a 2 Días

B) Incapacidad Promedio sin Complicaciones.

Nefrolitotomía Percutánea Endoscópica	7 Días
Urolitiasis Utilizando Tecnologías Endoscópicas	3 Días
Litiasis Biliar Utilizando Tecnologías Endoscópicas.	3 a 5.4 Días

Los tiempos de Hospitalización e Incapacidad han sido calculados utilizando el mismo procedimiento que el usado en el caso de cirugía abierta.

4.3. CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA.

4.3.1. GENERALIDADES.

Etimológicamente, laparoscopia proviene del griego "Lapar" que significa "con relación a flanco, vientre" y "scopía" que significa "ver, mirar". Laparoscopia es el examen endoscópico de la cavidad peritoneal. La cirugía Laparoscópica se realiza utilizando un equipo llamado laparoscopio que es un instrumento semejante a un cistoscopio, que se introduce a la cavidad peritoneal mediante una punción en la pared.

En los últimos años, la cirugía Laparoscópica ha tenido un gran auge y éxito debido a sus características tales como menores problemas intraoperatorios, cirugías con menor tiempo de recuperación y menor costo agregado a instituciones.

a) CÁLCULOS EN EL TRACTO URINARIO.

La cirugía Laparoscópica en el tratamiento de la litiasis urinaria es raramente practicada debido a la existencia de otras metodologías mas efectivas. En El Salvador, no se practica la cirugía Laparoscópica para el tratamiento y eliminación de los cálculos renales. Por ello no se hará referencia de esta tecnología en los apartados posteriores.

b) CÁLCULOS BILIARES.

Hoy en día, la patología de litiasis biliar es ampliamente tratada con éxito utilizando la cirugía Laparoscópica. Ahora es practicada en casi cualquier Hospital Público, Privado o del sistema de Seguridad Social así como por médicos independientes con quirófano propio. Generalmente, la Cirugía Laparoscópica es utilizada en pacientes a los que se les incluye en programas de cirugía electiva. No es muy utilizada en pacientes que llegan a las instituciones de salud en emergencia, debido a que los tiempos de operación suelen ser mas largos y se requiere que el paciente esté preparado.

4.3.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TECNOLOGÍA.

Colecistectomía Laparoscópica: Consiste en la remoción total de la vesícula biliar con todas las piedras que esta contenga en su interior, por medios laparoscópicos. Fue introducida en 1987 y en los '90 se ha convertido en uno de los procedimientos más comunes hoy en día. Esta cirugía se realiza con anestesia general, se introduce gas en la cavidad abdominal (CO_2) a través de una aguja, creando un neumoperitoneo. Luego se introducen 4 trocares (tubos) por donde pasan los instrumentos laparoscópicos y el laparoscopio (cámara similar a un endoscopio) para realizar el procedimiento como se muestra en la Figura de la izquierda. Esta cirugía se realiza observando un monitor con imagen amplificada y de buena calidad de la vesícula y otros órganos abdominales. En alrededor de un 10% hay que "convertir" el procedimiento en técnica abierta, generalmente en enfermedades más graves o por complicaciones durante la cirugía. Este es un procedimiento de "Cirugía Invasiva Mínima", que se caracteriza por tener una recuperación muy rápida, un postoperatorio muy confortable, con mínimo dolor y con no más de 1 ó 2 días en el hospital.

FIGURA #38

4.3.2. REQUERIMIENTOS DE EQUIPO.

Los requerimientos de equipo para cirugía laparoscópica son similares a los requerimientos de equipamiento para instalaciones donde se practica la cirugía abierta. Además de los equipos incluidos en salas de operaciones para cirugía abierta, se agrega:

TORRE DE LAPAROSCOPIO.

La Torre Laparoscópica consta de diferentes partes que se describen a continuación. Todos estos componentes deberán cumplir con las normas aplicables IEC 601-1, ISO 9000 ó 9001, así como certificados CE y TUV , y deberá estar aprobado para su comercialización por la FDA o por lo menos poseer carta de predistribución.

VIDEOCÁMARA PARA CIRUGÍA LAPAROSCOPICA.

- Incluya tecnología de 3 chips.
- Circuito de alta definición con 752 x 582 pixeles como mínimo.
- Realzador digital de colores integrado en consola.
- Balance del blanco / negro automático y manual.
- Cabezal de la cámara con montaje sumergible.
- Acople estándar para laparoscopio.
- Resolución mínima de 900 líneas horizontales por 450 verticales.
- Salidas de video RGB, NTSC, SVHS, BNC.
- Largo del cable conector de la cámara no menor de 10 pies.
- Cables de video.
- Alimentación de red a 110V 60Hz, monofásico.
- Esterilizable a ETO o en solución de glutaraldehido.

MONITOR PARA CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA.

- Como mínimo de 14 pulgadas en diagonal.
- A colores, grado médico.
- Resolución mínima de 700 líneas.
- Conexiones a otros dispositivos tipo RGB, NTSC y SVHS.
- Sistema de alarma de mala conexión,
- Salida a VHS convencional del tipo NTSC por medio de un cable BNC.
- Alimentación de red a 110V 60Hz, monofásico.

GENERADOR DE FUENTE DE LUZ PARA CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA.

- Luz fría de Xenon o Halógeno 100W o 250W.
- Salida de luz con regulación manual y/o automática de la intensidad, en combinación con la cámara de video.
- Conexiones apropiadas tipo BNC.
- Cable de fibra óptica de 5mm x 7.5 piés de largo como mínimo.
- Alimentación de red a 110V 60Hz, monofásico.

LAPAROINSUFLADOR.

- Con conexiones de seguridad.
- Con alarmas Audibles y Visuales de presión baja y presión alta.
- Regulador de Presión incorporado.
- Con capacidad de conectarse tanto a cilindros de cualquier tipo.
- Alimentación de red a 110V 60Hz, monofásico.

Requerimientos de Instrumental por procedimiento.

Cant.	Item
4	Trócares.
2	Bisturí
2	Pinzas Laparoscópicas de Agarre tipo Allis de 5 mm. Reusables. Rotatorias.
2	Pinzas Laparoscópicas Disectoras tipo Maryland. 5 mm. Reusables, Rotatorias.
2	Pinzas Laparoscópicas Metzenbaun Rectas. 5 mm. Reusables. Rotatorias.
2	Pinzas Laparoscópicas tipo Cístico y de Gancho. 5 mm. Reusables. Rotatorias.
2	Pinzas Laparoscópicas de Extracción, dentadas, para vesícula biliar. 10 mm. Reusables. Rotatorias.
2	Separadores Laparoscópicos Hepáticos de acero inoxidable. 10 mm. Reusables. Rotatorios.
4	Pinzas Laparoscópicas de Electrocauterio tipo L-Hook. 5 mm. Reusables. Rotatorias.
2	Pinzas Laparoscópicas aplicadoras de Clip M-L de Titanio. 10mm. Reusables. Rotatorias.
2	Sistemas de Irrigación / Succión en acero inoxidable. Reusables. Con cánula de 5 mm y 10 mm intercambiable.
2	Pinzas Laparoscópicas de Agarre tipo Bancock. 5 mm. Reusables. Rotatorias.
2	Agujas de Verres en acero inoxidable (Aguja para insuflación). Reusables. Con mecanismo de protección.
2	Porta Agujas Laparoscópicos Rectos. Modulares. 5 mm. Reusables.
2	Pinzas Laparoscópicas tipo Olsen. 5 mm. Reusables.
1	Deslizador de Nudos Laparoscópico. 5 mm. Reusables.
2	Bisturí Retraible Laparoscópico. 5 mm. Reusable.
2	Catéteres o Sondas de Dormia (Canastilla) de 4 a 5 Alambres con vástagos intercambiables de 5-10 mm. Reusables. Del tipo Laparoscópico.
2	Bolsas de Extracción.
	Jeringas de 3cc, 5cc, 10cc, 20cc.
	Seda de sutura.

4.3.3. REQUERIMIENTOS DE PERSONAL.

El personal requerido para este tipo de cirugía es el mismo que el utilizado para procedimientos de cirugía abierta, con la única diferencia en que la preparación del staff médico es mas especializada y requiere diferentes destrezas. Casi todos los Cirujanos Generales terminan su especialidad dominando los procedimientos laparoscópicos

4.3.4. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA INSTALACIONES Y ÁREA FÍSICA.

Debido a que la cirugía laparoscópica se realiza en la misma sala de operaciones en la que se desarrolla la cirugía abierta, las características a no variarán a las especificadas planteadas para sala de operaciones anteriormente, ya sea en el aspecto de área física e instalaciones. Las cirugías Laparoscópicas y abiertas pueden ser desarrolladas en la misma sala de operaciones.

4.3.5. SISTEMAS DE APOYO.

Los sistemas de apoyo para localidades donde se desarrolla la cirugía laparoscópica son los mismos que se mencionan para salas de operaciones donde se desarrolla la cirugía abierta.

4.3.6. REQUERIMIENTOS DE ATENCIÓN POST OPERATORIA.

La Cirugía Laparoscópica requiere menores cuidados post operatorios y menores tiempos de internamiento u hospitalización que la cirugía convencional o abierta.

Tabla de Estancia Hospitalaria Promedio sin Complicaciones.

Utilizando Procedimientos Laparoscópicos	1 Día

Incapacidad Promedio sin Complicaciones.

Utilizando Procedimientos Laparoscópicos	15 Días

4.4. LITOTRICIA EXTRACORPÓREA POR ONDAS DE CHOQUE (ESWL).

4.4.1. GENERALIDADES.

Las aplicaciones clínicas de la Litotricia Extracorpórea son las de destruir cálculos renales y biliares de una manera no invasiva, ahorrando recursos al centro de salud e incomodidades al paciente. Dada la tendencia a la introducción de un nuevo modelo económico en todas las instalaciones para el cuidado de la salud, en la actualidad se buscan procedimientos que tiendan a economizar recursos, tales como el tiempo, insumos y el espacio utilizado por el paciente. La Litotricia Extracorpórea provee todo eso a largo plazo. Economiza tiempo, debido a que el paciente recibe sesiones de acuerdo a su necesidad, pudiendo llevar tiempos desde los quince minutos hasta un máximo de dos horas por tratamiento (generalmente solo se hace un tratamiento por paciente). La economía en espacio es notable, debido a que la mayoría de paciente es ambulatorio, y dado que no se necesita hospitalización, la cama que utilizaría el paciente de ocupar métodos quirúrgicos queda libre para otra persona.

4.4.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TECNOLOGÍA.

Etimológicamente, El término Litotricia proviene de las raíces grecolatinas Lithos (piedra) y Tript (pedazo, fragmentar).

El término **Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque (ESWL: Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy)** se aplica a aquél procedimiento al cuál se le somete a un paciente con el fin de destruir cálculos renales y biliares por medio de ondas de choque sin invadir el cuerpo, es decir, sin cirugía. El equipo que se utiliza para aplicar dichas ondas de choque se conoce como **Litotritor.**

La tecnología de Litotricia Extracorpórea es relativamente nueva, no obstante, los principios físicos en los que se basa fueron descubiertos, analizados y comprobados mucho tiempo atrás. Los primeros experimentos realizados en seres vivos se remontan hasta mediados del siglo XX, en los cuales se utilizaban animales como perros para hacer

pruebas. Pero la aplicación en seres humanos de manera experimental no tiene más de treinta años, y aplicación generalizada de esta tecnología no tiene veinte años.

Inicialmente, la tecnología de Litotricia Extracorpórea era eminentemente europea, pero con el paso del tiempo, otros países fueron uniéndose a las investigaciones, obteniéndose grandes beneficios en pro de la salud del paciente. No así, Alemania sigue siendo el país mas avanzado en el desarrollo de esta tecnología.

4.4.1.2. PRINCIPIOS FÍSICOS, ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS.

La Litotricia Extracorpórea se basa en la generación de ondas de choque, enfocadas sobre un punto con el fin de provocar cavitación y la consecuente destrucción de la piedra (cálculo) dentro del paciente. La cavitación puede explicarse de la siguiente manera:

FIGURA #39

Fotografía de un Chorro de Líquido producido por el colapso de una burbuja en cavitación de 1 mm de ancho.

"Cuando un líquido es colocado bajo esfuerzos de tensión, éste puede ser desplazado, produciéndose una burbuja o cavidad. Cuando la presión alrededor de la burbuja cae por debajo de la presión de vapor del líquido, la burbuja se llena con vapor y crece explosivamente La burbuja colapsa violentamente cuando la presión regresa. Si el colapso ocurre cerca de un límite o frontera del blanco, como un cálculo, un chorro de alta velocidad de líquido se forma e impacta dicha frontera con gran fuerza". Este proceso extremadamente violento se piensa que tiene una función mayor en la destrucción de cálculos y en el daño tisular asociado[8].

En cuanto a las ondas de choque que provocan esta cavitación, son simples pulsos individuales de presión de gran amplitud y de corta duración que pueden pasar a través de tejido vivo con un mínimo de efectos colaterales. Estas ondas de choque son generadas en agua, con el fin de proveer el mejor acople acústico con el tejido humano (El cuerpo está compuesto en mas de su 50% por agua). Dichas ondas de choque pueden ser provocadas

por diferentes medios, pero todas tendrán en común algo: **están enfocadas hacia un mismo punto (foco), a cierta distancia del generador**. Las ondas de choque entran al cuerpo en un área relativamente grande, a través de la piel, **y la presión en el foco (cálculo) puede llegar hasta 150 MPa (1500 Atm.)**. Con el fin de no dañar tejidos adyacentes, y para provocar un mejor efecto de cavitación, los pulsos tienen una duración mínima y la caída en la energía aplicada es rápida. Debido a esta habilidad de destruir cálculos en el foco, se necesita por consiguiente un equipo que posea un sistema de visualización, que puede ser mediante Rayos X o Ultrasonido, inclusive existen equipos que traen las dos formas de obtener imágenes.

4.4.1.3. PROPIEDADES DE LAS ONDAS DE CHOQUE.

Las ondas de choque son simplemente ondas de sonido, es decir, ondas longitudinales de presión, con una amplitud grande. A diferencia de las ondas electromagnéticas, las ondas de choque requieren un medio de propagación. Dichas ondas en la mayoría de casos son pulsos individuales de presión, y pueden ser débiles o fuertes. Si son ondas de choque débiles, respetarán las leyes de la acústica y se comportarán igual a cualquier onda sonora. La ondas de choque fuertes no se comportan de esa manera: su velocidad es cambiante y puede superar a la del sonido, su forma de onda se deforma a medida que se propaga y sus características de rebote cambian (el ángulo de incidencia no es igual al ángulo de reflejo).
En el foco, la presión se obtiene por medio de la suma vectorial de cada una de las presiones de las ondas que llegan al cálculo.

Desde la aparición del primer Litotritor Dornier HM3 hasta la fecha, numerosos aparatos de litotricia extracorpórea por ondas de choque fueron introducidos al mercado. Estos aparatos de diferencian entre sí por la fuente de ondas de choque, por el sistema de visualización, por el sistema de focalización y por el sistema de acoplamiento. Existen hoy en día cuatro tipos de fuentes de ondas de choque: electrohidráulicas, electroconductivas, electromagnéticas y piezoeléctricas. Una variante de la fuente electrohidráulica es lo que dio origen a los litotriptores electroconductivos.

4.4.2. TIPOS DE GENERADORES DE ONDAS DE CHOQUE UTILIZADOS EN LITOTRICIA EXTRACORPÓREA.

Actualmente existen en el mercado cuatro tipo de litotriptores, dependiendo del modo como son generadas las ondas de choque.

1) Litotriptores electrohidráulicos;
2) Litotriptores electro - magnéticos;
3) Litotriptores piezoeléctricos;
4) Litotriptores electroconductivos.

Este último es básicamente un litotriptor electrohidráulico en el cual la descarga de la chispa que genera la onda de choque se realiza en un medio altamente conductivo.

4.4.2.1. Generador Electrohidráulico.

El generador electrohidráulico consiste de una taza semielipsoidal con agua con dos electrodos en el primer foco conectado a un capacitor mediante un interruptor de alto voltaje denominado "spark gap" (bujía). Cuando es conectado el "spark gap" se forma un plasma entre los dos electrodos. La energía liberada produce una burbuja de vapor y una onda de choque la cual, cuando es focalizada en el segundo foco del elipsoide (F2), es suficientemente fuerte como para desintegrar cálculos renales o biliares (Ver Figura # 40)

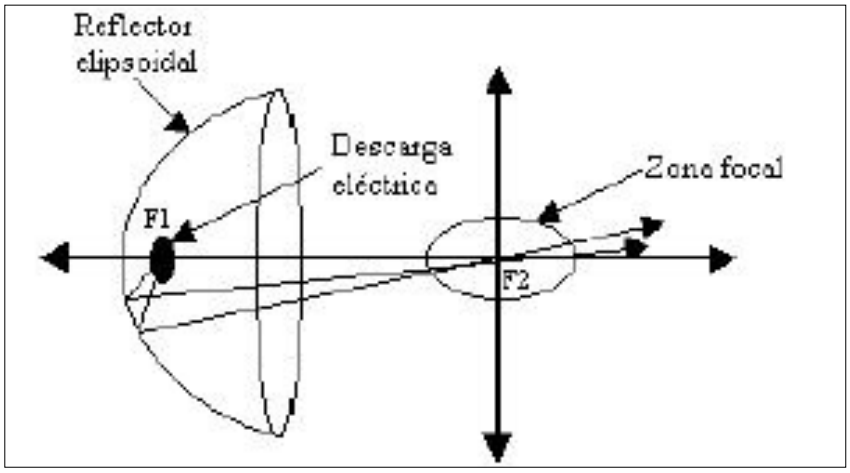


FIGURA #40. Modelo Geométrico del Generador de Ondas de Choque Electrohidráulico

Los litotriptores que utilizan este principio para generar ondas de choque tienen las siguientes limitaciones:

1. Variabilidad significativa de la energía entregada a F2 de una onda de choque a la próxima, con una desviación estándar estimada entre el 30% y el 45%. Esta variabilidad tiene un impacto sobre la duración, eficacia y tolerancia del tratamiento;
2. Área focal mayor que en otros sistemas de ondas de choque, en particular, el piezoeléctrico;
3. Dificultad de tratar pacientes sin anestesia aún con potencia mínima;
4. Elevado desgaste del electrodo debido a la variación de la presión;
5. Dependencia de la calidad del agua, lo cual es limitado en algunas áreas geográficas.

4.4.2.2. Generador Electromagnético.

El generador electromagnético tiene un principio de funcionamiento similar a la de un altoparlante. Es suministrado un pulso eléctrico a una bobina enrollada en forma de espiral la cual se encuentra próxima a una lámina metálica rodeada de agua. La lámina es inducida a flexionarse y emite una onda la cual es focalizada por medio de una lente acústica ubicada en frente de la lámina. (Ver Figura # 41).

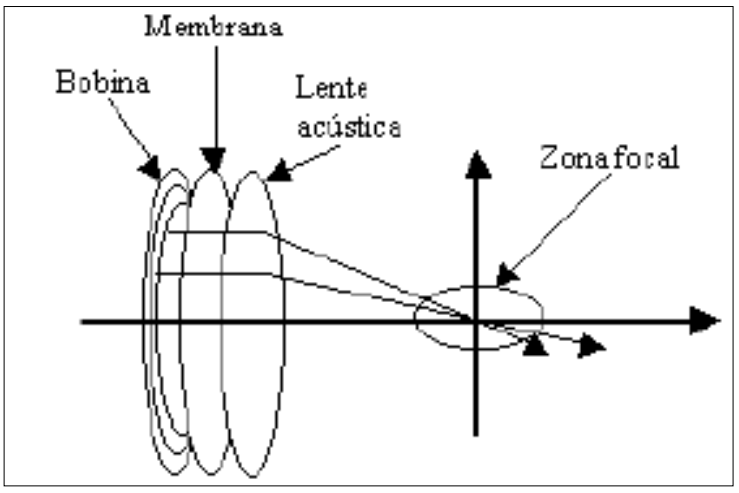


FIGURA # 41.
Modelo Geométrico de un Generador de Ondas de Choque con Tecnología Electromagnética.

La membrana utilizada por los generadores electromagnéticos tienen una vida útil de aproximadamente 400.000 ondas de choques, pudiendo ser reemplazada.

4.4.2.3. Generadores Piezoeléctricos.

Los generadores piezoeléctricos están constituidos por un conjunto de pequeños elementos piezoeléctricos dispuestos en la superficie interna de un disco esférico lleno de agua. Estos elementos son excitados simultáneamente para crear una onda de choque la cual converge en el centro de curvatura del disco (Ver Figura # 42).

Estos generadores, a pesar de producir elevados valores de presión, entregan reducida energía por pulso puesto que la zona focal es muy reducida.

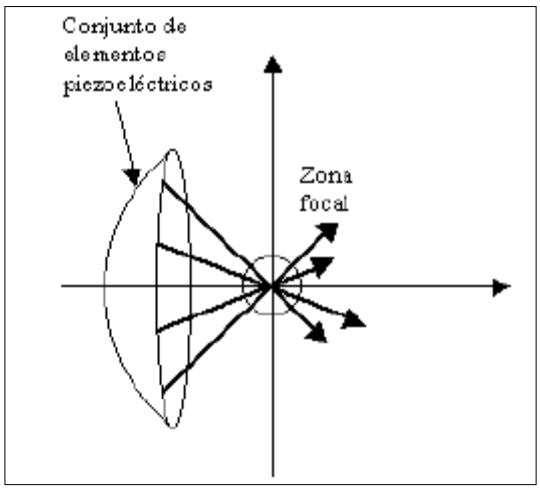


FIGURA # 42.

Modelo Geométrico de un Generador de Ondas de Choque Piezoeléctrico. El principio físico que genera las ondas de choque es el mismo que el empleado en el litotritor ultrasónico Intracorpóreo, solamente que la potencia aplicada al piezoeléctrico es mucho mayor.

4.4.2.4. Generadores Electroconductivos

Un generador electroconductivo es, básicamente, un generador electrohidráulico en el cual la descarga se lleva a cabo en un medio altamente conductivo. Esto mejora notablemente la reproducibilidad de los disparos, aumenta mucho la vida útil de los electrodos (hasta 50 veces), se reduce la zona focal y aumenta la presión media máxima. El electrolito usado en el generador de ondas de choque DIATRON III de EDAP Technomed es cloruro de sodio a una concentración de 100 g/l, correspondiendo a una resistividad eléctrica de 7 ohm cm.

Para evitar la formación de burbujas en la bujía, el electrolito es hecho con agua desgasificada usando una bomba de vacío. Este electrolito está contenido en una membrana de silicona (Ver Figura # 43).

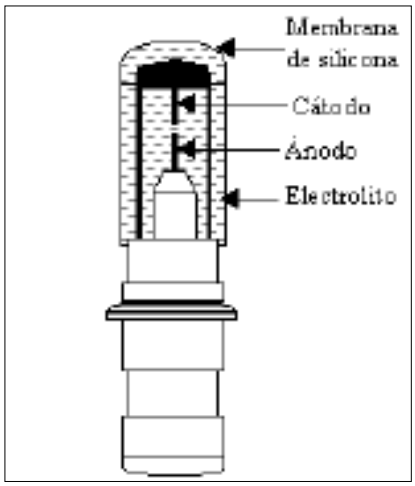


FIGURA # 43.

El Diagrama muestra la estructura de un Generador de Ondas de Choque Electroconductivo. Este tipo de Generador es igual que el Electrohidráulico con la única diferencia el primero posee un medio conductivo (electrolito) entre los polos del electrodo y una membrana de silicona que envuelve toda la estructura del Generador.

4.4.3. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN GENERADOR DE ONDAS DE CHOQUE.

1. Energía. El propósito de un litotriptor es entregar suficiente energía al cálculo a ser tratado para reducirlo a fragmentos lo suficientemente pequeños como para que puedan ser eliminados espontáneamente del sistema urinario, siendo la energía necesaria para la desintegración de un cálculo dependiente de su tamaño y composición. Sería deseable que toda la energía producida por el generador de ondas de choque fuese utilizada para desintegrar el cálculo tratado. Sin embargo, parte de esta energía es absorbida por órganos y estructuras óseas que encuentran en su camino hasta el cálculo.

2. Zona focal. Una zona focal grande reduce la necesidad de focalización exacta de la onda de choque sobre el cálculo renal. Por otro lado, el tejido normal queda más expuesto a la energía de las ondas de choque. Cuando la zona focal es pequeña, el riesgo de daño al tejido vecino es menor pero en este caso se requiere focalización exacta de la onda de choque. Además, cuanto menor sea la zona focal, menor será la energía por pulso lo cual

implica la necesidad de aumentar el número de choques necesarios para la fragmentación de un cálculo dado y hasta puede imposibilitar la fragmentación de cálculos grandes o aquellos que por su composición, requieren niveles de energía mayores. Los generadores piezoeléctricos poseen zonas focales de pocos milímetros lo que lo hacen adecuados para tratar cálculos pequeños (Ver Tabla # 12).

3. Rango de energía. Cuanto mayor sea el rango de energía de un generador de ondas de choque, mayor se puede adaptar los niveles de energía a cada caso particular.

4**. Tasa de repetición de pulsos.** Un factor importante es la tasa de repetición de pulso la cual es limitada a no más de 3 Hz en litotriptores electrohidráulicos. Si bien los litotriptores piezoeléctricos puedes funcionar con tasas de repetición de pulsos mayores, la presión generada por los mismos cae a medida que la tasa aumenta. Arriba de 3 Hz el valor medido de presión disminuye alrededor del 50% del valor de un sólo disparo (Ver Figura # 44). La tasa de repetición de pulsos también influye en el grado de daño al tejido blando. Fue demostrado que el daño renal asociado a las ondas de choque es menor cuanto menor sea la frecuencia de repetición de pulsos para el mismo número de pulsos entregados.

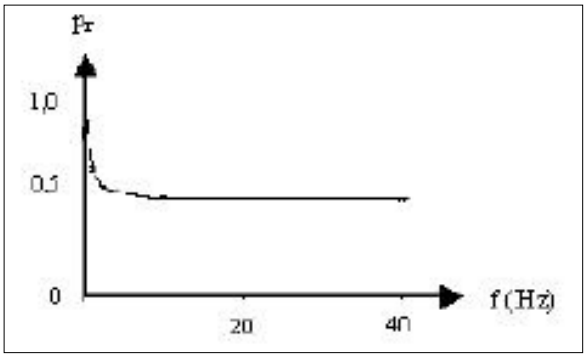


FIGURA # 44.
Curva Presión Generada versus Tasa de Repetición de Pulsos. Nótese que a medida que la tasa de repetición de pulso es mayor, la presión disminuye hasta mantenerse por debajo del 50%

5. Abertura del sistema de focalización. Otro factor que debe ser tenido en cuenta es la abertura del sistema de focalización. Cuanto mayor es la apertura del sistema de focalización, menor es la densidad de energía a nivel de la piel (Ver Tabla # 13).

6. Reproducibilidad de la onda de choque. La reproducibilidad de la onda de choque es otro parámetro que influencia en la terapia, puesto que esto conduce a mala focalización de la onda de choque.

Comparación de la zona focal de litotriptores comerciales

Modelo/Marca	HM3-Dornier	Lithostar Plus Siemens	Piezolith 3000 Wolf	Modulith SL20 Storz	Sonolith 4000 Edap Technomed
Principio de funcionamiento	Electrohidráulico	Electromagnético	Piezoeléctrico	Electromagnético (15kV)	Electroconductivo (18kV)
Tamaño de la zona focal	$f_x = f_y = 15$ mm $f_z = 90$ mm	$f_x = f_y = 4$ mm $f_z = 40$ mm	$f_x = f_y = 3$ mm $f_z = 21$ mm	$f_x = f_y = 6$ mm $f_z = 28$ mm	$f_x = f_y = 7$ mm $f_z = 28$ mm

Tabla # 12.

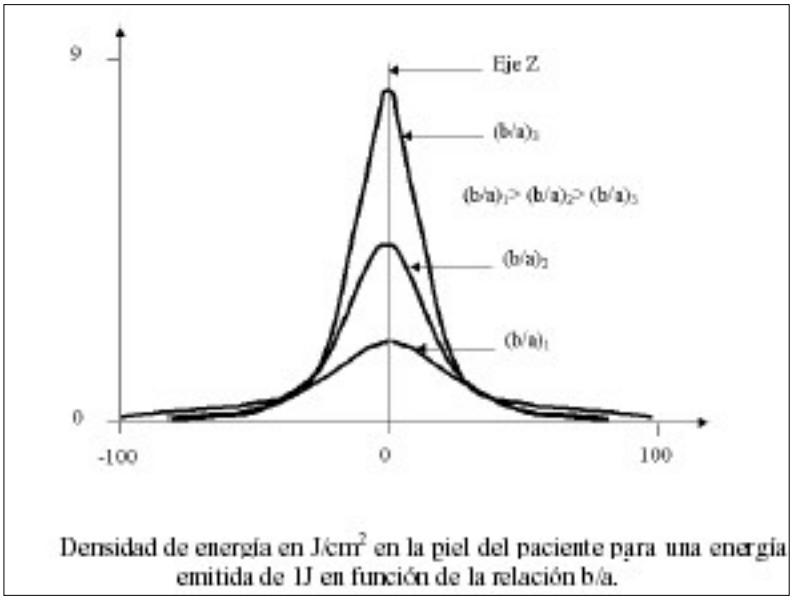
Dimensiones (en metro) del sistema de focalización, incluyendo el diámetro de apertura y el ángulo medio de apertura (en grados) de generadores de ondas de choque.

Litotriptor	Tipo	Dimensionamiento (m)	Diámetro de apertura (m)	Ángulo medio de apertura (grados)
Sonolith 2000	EH	a = 0,14; b = 0,08	0,16	31
Sonolith 3000	EH	a = 0,17; b = 0,11	0,22	40
Sonolith 4000	EH	a = 0,150; b = 0,112	0,224	80
Dornier HM3	EM	a = 0,138; b = 0, 077	0,155	31
Piezolith 2200	PE	r = 0,345	0,5	45
EDAP LT-01	PE	r = 0,35	0,40	35
Lithostar	EM	f = 0,113	0,106	25

Tabla #13

Observaciones:
a = Dimensión del eje mayor del reflector elipsoidal.
b = Dimensión del eje menor del reflector elipsoidal.
r = Radio de Curvatura.
f = Longitud Focal.

Cuanto menor es el diámetro de apertura del sistema de focalización, mayores son los niveles de energía en la piel (Ver Figura # 44), mayor es la sensación de dolor a nivel percútanlo y, por lo tanto, mayor es la necesidad de anestesia para el paciente.



Densidad de energía en J/cm^2 en la piel del paciente para una energía emitida de 1J en función de la relación b/a.

FIGURA # 45.

La curva de la izquierda muestra la Densidad de Energía en la piel del paciente. A medida que el Generador posea acoples de mayor área sobre la piel, menor será la densidad de energía por cm^2. A menor densidad de energía, menos dolor y molestias en el paciente, pudiéndose entonces evitar el uso de agentes anestésicos.

En conclusión, de entre los diferentes litotriptores encontrados en el mercado, los litotriptores electromagnéticos parecen poseer un rango de energía más amplio, elevada reproducibilidad, zona focal comparable al tamaño de los cálculos a ser tratados y energía por pulso considerable. La membrana utilizada para generar las ondas de choque tiene una vida útil mucho mayor a la de los electrodos utilizados en los litotriptores electrohidráulicos y electroconductivos pero es menor a la vida útil de los elementos piezoeléctricos que componen un generador piezoeléctrico. Sin embargo, existe en el mercado mayor disponibilidad de litotriptores electrohidráulicos lo cual reduce su costo de adquisición. Los mayores inconvenientes característicos de los generadores electrohidráulicos fueron resueltos efectuando la descarga eléctrica en una solución altamente conductiva (litotriptores electroconductivos). Estos litotriptores poseen una zona focal comparable a la zona focal de los litotriptores electromagnéticos (Ver Tabla 12), elevada reproducibilidad de las ondas de choque y reducido desgaste de los electrodos. Con respecto a los litotriptores piezoeléctricos, el mayor inconveniente es la reducida energía entregada por choque debido a el volumen focal reducido (Ver Tablas 12 y 13), lo cual aumenta la tasa de

retratamiento para cálculos grandes y hasta puede inviabilizar la terapia. La eficacia de estos litotriptores es comparable a la eficacia de los otros sistemas para cálculos pequeños.
Por lo tanto se puede concluir que los generadores electromagnéticos actualmente disponibles en el mercado poseen las características técnicas necesarias para la fragmentación eficaz de la mayoría de los cálculos renales.

4.4.4. REQUERIMIENTOS DE EQUIPO.

Los requerimientos de equipo variarán de acuerdo a la tecnología de Generación de Ondas de Choque utilizada. Tomando como referencia los equipos de SIEMENS ubicado en el Hospital de Especialidades del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, KARL STORZ y RICHARD WOLF actualmente disponibles en el mercado, se tienen los parámetros de equipamiento que se expondrán a continuación. Los litotritores modernos han dejado atrás la necesidad de mayor equipo en la sala de tratamiento. Por ejemplo, debido al aumento en el diámetro de las superficies que entran en contacto con la piel por donde las ondas de choque son transmitidas, el dolor y la molestia que el paciente sentía han sido reducidas a tal grado que no es necesaria la anestesia. También, debido al tipo de onda de pulso con focos menores, los equipos modernos no requieren ya de la compaginación del disparo con la fase de llenado del corazón, lo que producía problemas de sobrepresión vascular y requería monitoreo cardiaco. Por ello, las modernas instalaciones de para la práctica de litotricia se limitan al litotritor y sus sistemas de ubicación del cálculo.

LITOTRITORES .

A continuación se describen las unidades de litotricia extracorpórea que poseen mayor aceptación en el mercado y proporcionan por sus características técnicas los mejores resultados en el tratamiento de cálculos renales y biliares, además de tener otras aplicaciones documentadas.

Nombre: Estación de Trabajo Urológica.

Marca: STORZ Medical.

Modelo: Modulith SLX.

Fabricación: Alemania.

Dimensiones:

- *Unidad de Terapia incluyendo Sistema de Rayos X*
  230 cm x 155 cm x 203 cm (L x W x H).
- *Carro de Monitor*
  62 cm x 62 cm x 170 cm (L x W x H).
- *Gabinete del Generador*
  55 cm x 110 cm x 169 cm (L x W x H).
- *Dimensiones de Área mínima para Instalaciones*: 20 m^2.

Generador de Ondas de Choque.

- Principio de Generación por Fuente Electromagnética.
- Profundidad de Penetración de 0 - 165 mm.
- Tamaño de Foco Ø 6 mm x 28 mm.
- Diámetro de Apertura 300 mm.

Sistema de Rayos X

- Proyecciones ap/pa and 30° lateral, isocéntrico
- Potencia del Generador 50 kW.
- Tipo de Tubo: Ánodo Rotatorio.
- Tamaño del Foco 0.3 / 1.0 mm Doble Foco.
- Fluoroscopía de alto Voltaje 40 - 125 kV
- Radiografía de alto Voltaje 40 - 150 kV, max. 630 mA
- Intensificador de Imagen Ø 23 cm (opción de 32 cm).

Sistema de Ultrasonido (opción)

- Principio de Localización: Localización en Línea
- Transductor en Línea de 3.5 MHz y amplia gama de transductores estándar y especiales.

Mesa de Paciente.

- Movimiento Motorizado en X, Y, Z.
- Movimiento Manual en X, Y. (Sistema de Mesa Flotante).
- Tipo de mesa: Fijo, con capacidad de Procedimientos Endourológicos.

Conexiones Eléctricas.

- Unidad de Terapia (incl. Sistema Opcional de Ultrasonido) 230 V, 50 / 60 Hz, 4.6 kVA
- Sistema de Rayos X 400 V, 50 / 60 Hz, 58 kVA (film)

Normativas y Estándares:

- Certificación CE en acuerdo con MDD (IEC 60601-1 y anexos).
- ISO 9001.
- Comunicación por DICOM 3.0

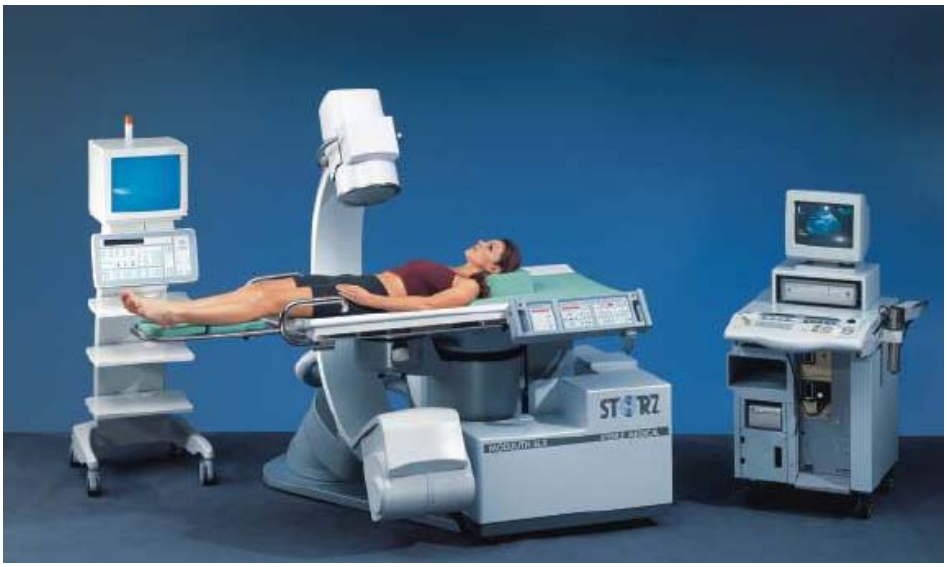


FIGURA # 46. Imagen de el Litotritor Modulith SLX de STORZ MEDICAL.

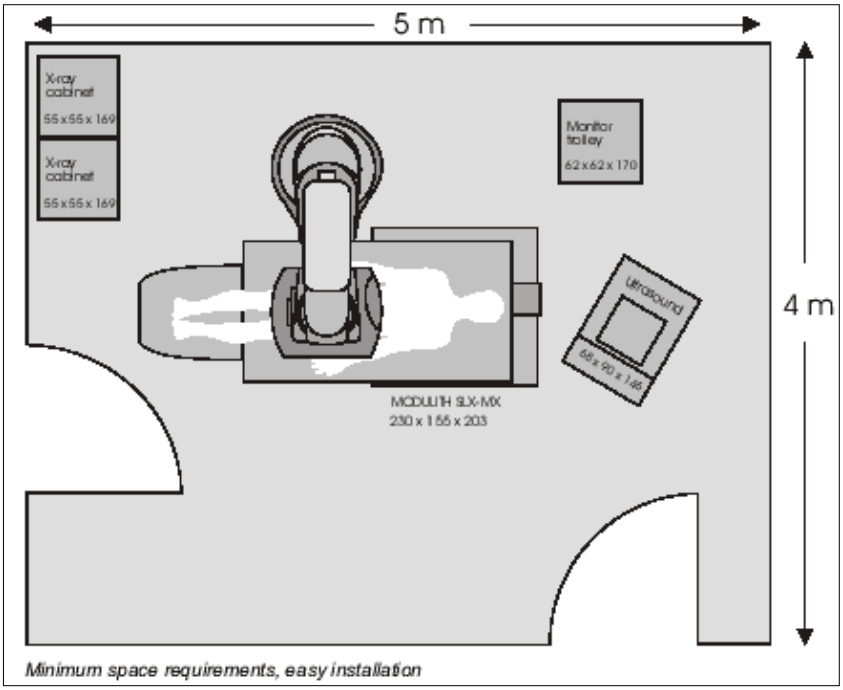


FIGURA # 47. Requerimientos mínimos de Espacio Físico para el Montaje de una Unidad Modulith SLX de STORZ MEDICAL.

Nombre: Generador Piezoeléctrico de Ondas de Choque

Marca: RICHARD WOLF.

Modelo: Piezolith 3000.

Fabricación: Alemania.

Dimensiones de Instalaciones.

- Necesidades de Espacio sin Unidad Radioscópica: 6 m^2.
- Necesidades de Espacio con Unidad Radioscópica: 9 m^2.

Características del Generador.

- Tipo de Generador: Generador Piezoeléctrico de Doble Capa.
- Densidad de Flujo de Energía: 0.1 a 1.8 mJ/mm^2.
- Margen de Presión Positiva: 17 a 132 Mpa.
- Tamaño del Foco: fx(-6dB) = fy(-6dB) = 3 mm
- Tamaño del Foco: fz(-6dB) = 16.0 mm.
- Volumen del Foco 75.4 mm^3.
- Dosificación: 20 escalones de Intesidad.
- Energía(-6dB) = 2.1 a 7.5 mJ.
- Profundidad de Penetración: 0 a 150 mm
- Ángulo de Apertura 80º .
- Nivel Sonoro 72dB(A).
- Margen de Tratamiento: +50º/-60º
- Ángulo de Giro de los transductores 180º.

Mesa de Tratamiento.

- Tipo de Mesa: Móvil, con capacidad de Procedimientos Endourológicos.

Requerimientos Eléctricos.

- 110-120 VAC, 50/60 Hz. 1000VA, 8 Amperios.

Normativas y Estándares.

- Seguridad Eléctrica Según Norma IEC 601-1.
- Comunicación por DICOM 3.0

Debido a su naturaleza Piezoeléctrica y al dominio que RICHARD WOLF tiene sobre esta tecnología, a diferencia de otros fabricantes en los que la Fluoroscopia es imprescindible y el Ultrasonido es una opción de complemento, WOLF ofrece la Fluoroscopia como una opción en su Equipo Piezolith 3000.

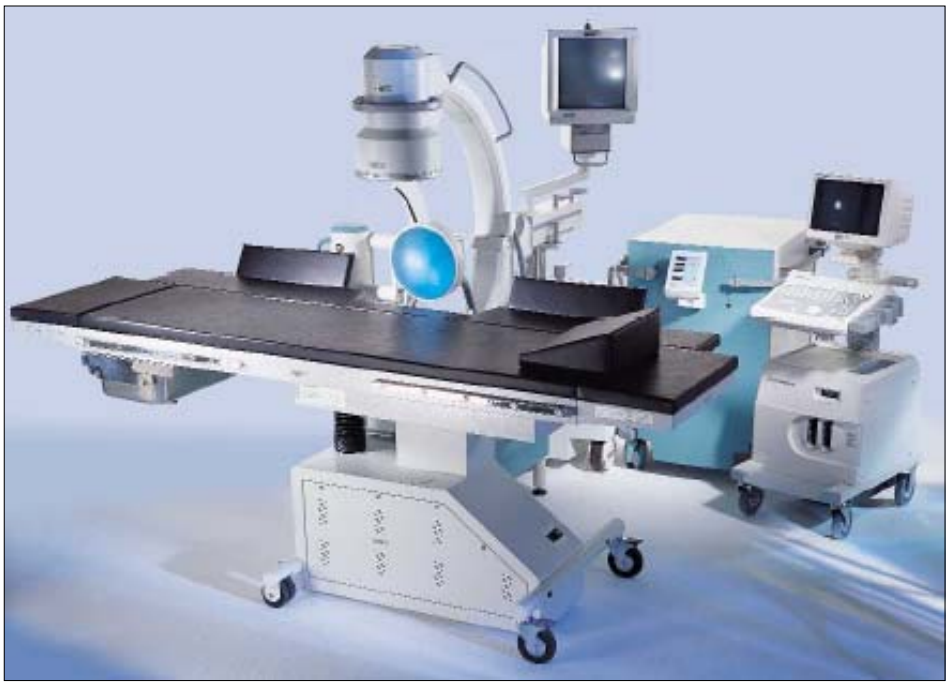


FIGURA # 48. Imagen del Litotritor Piezolith 3000 por RICHARD WOLF

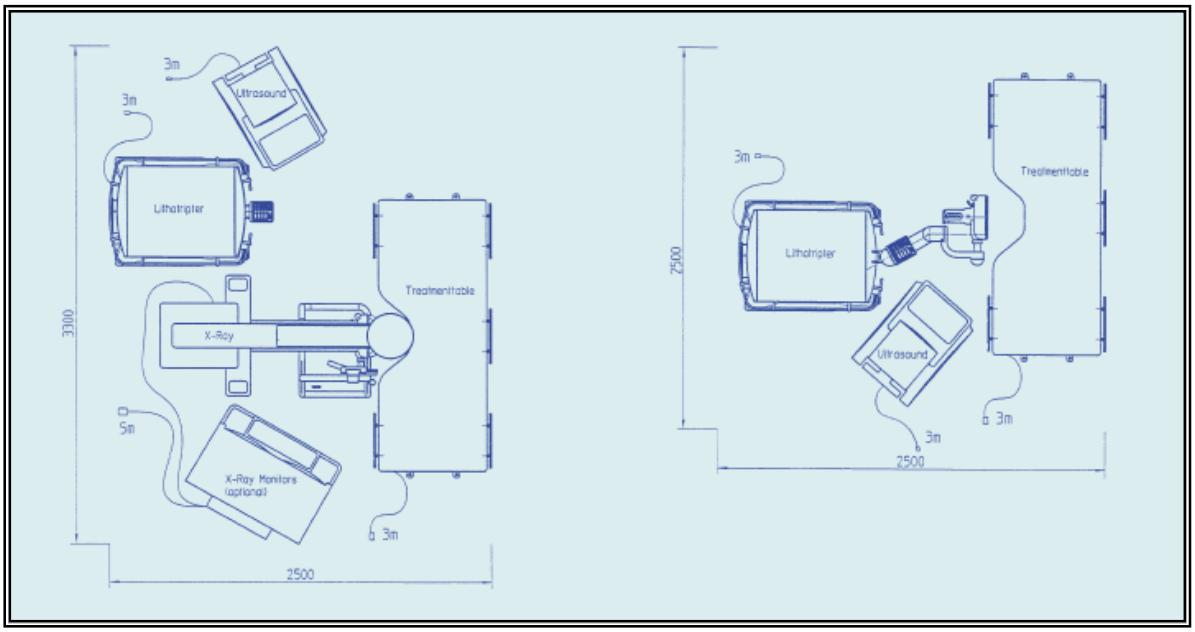


Figura # 49. Distribución de Planta Física para instalación de Piezolith 3000. La imagen de la izquierda corresponde a la unidad de trabajo con opción de Fluoroscopia y Ultrasonido, con dimensiones de 3.3 m x 2.5 m; y la imagen de la derecha muestra la unidad de trabajo sin la opción de Fluoroscopia., con dimensiones de 2.5 m x 2.5 m.

En cuanto al equipo Lithostar de Siemens instalado en el Hospital de Especialidades del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, no existe información técnica en el Departamento de Servicio de dicho Hospital. La información técnica se intentó obtener de sitios en Internet o catálogos, pero debido a lo antiguo de esta tecnología no fue posible encontrarla. A pesar de ello, las características principales han sido obtenidas de documentos en los que se realizan las comparaciones entre diferentes equipos en el mercado, principalmente de los lanzados en la década de los ochentas y principio de los noventas.

Nombre: Litotritor Extracorpóreo por Ondas de Choque.

Marca: Siemens.

Modelo: Lithostar.

Fabricación: Alemania.

Características Radiológicas:

- Generador de Rayos X Polyphos 30M de 30 KW. Trifásico.
- Filtro de Línea.
- 2 Tubos de Rayos X P125/30 C-61.0 Ánodo Giratorio
- 2 Videomed N.
- 2 Monitores Simomed de 44 cm.
- 2 Intensificadores de Imagen Sirecon 17/12 HDL.
- Bucky de Catapulta con Iontomat D y Control de Formato Automático.

Sistema de Ultrasonido.

- Tipo Sonoline 1, con transductor montado en brazo.
- Sistema de Localización por ultrasonido o Fluoroscopia.

Características del Generador de Onda de Choque.

- Diámetro de Apertura del Generador de Ondas de Choque 106 mm.
- Ángulo medio de Apertura del Generador de Ondas de Choque 25 grados
- Tamaño de Zona Focal: f(x) = f(y) = 4 mm f(z) = 40 mm.
- Presión Positiva en el Foco de 0 a 550 bar.
- Generador de ondas de Choque Electromagnético.

Otras Características.

- Monitor de control de cuatro canales.
- Mesa pneumática con movimientos en todas direcciones, del tipo fijo

- Normativas IEC 601-1.
- Requerimientos de Área Mínima de 40.0 m^2.

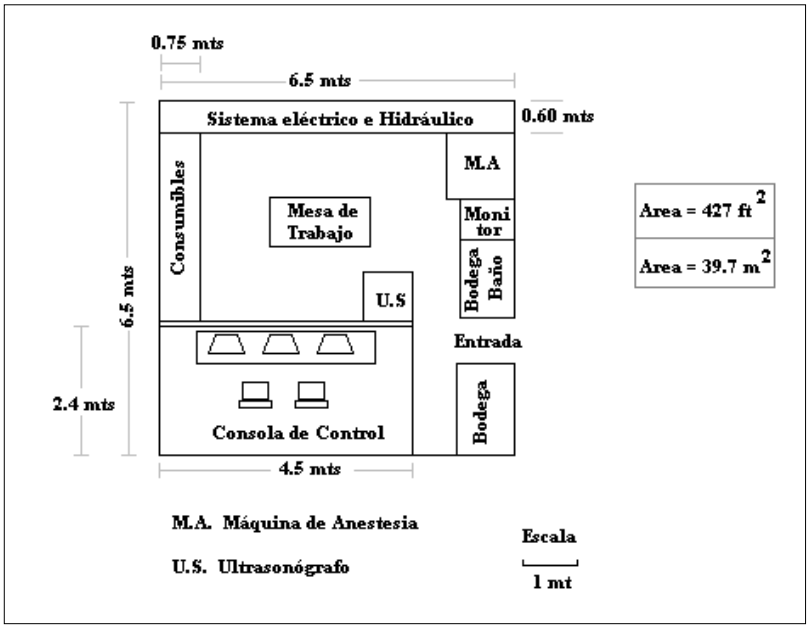
FIGURA # 50.

La Imagen de la izquierda muestra la mesa de trabajo de un Litotritor Siemens Lithostar similar al que se encuentra instalado en el Hospital de Especialidades del Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS). A diferencia de los Litotritores actuales de última generación, requiere mayor espacio para su voluminoso tamaño e instalaciones especiales (Acometida Trifásica).

FIGURA # 51.

Diagrama de Planta de la Sala de Tratamiento de Litotricia Extracorpórea del Hospital de Especialidades del ISSS.

Nótese sus dimensiones mayores que las de los equipos de nueva generación.



Equipos y mobiliario Adicional.

- Negatoscopio.de un cuerpo idéntico al descrito en la Sala de Operaciones para Cirugía Abierta
- Mesa de acero inoxidable.
- Cubetas con pedal y base rodante.
- Botes para basura.

4.4.5. REQUERIMIENTOS DE PERSONAL.

Idealmente, debe Existir el siguiente personal para la operación efectiva de un Centro de Litotricia Extracorpórea, por supuesto que serán compartidos por el resto del departamento de urología el hospital por motivo de costos.:

1. Médico Urólogo jefe de Staff.
2. Secretaria de médicos.
3. Asistente administrativo o Coordinador.
4. Secretaria administrativa.
5. Enfermera para la preparación y asistencia al paciente.
6. Técnico en Litotricia (Como mínimo debe ser técnico radiólogo).
7. Médico o Técnico Anestesista.
8. Enfermera Auxiliar.

4.4.6. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA INSTALACIONES Y ÁREA FÍSICA.

La ubicación dentro de un hospital para una Unidad o Servicio de Litotricia Extracorpórea deberá ser cercana al área de Ambulatorios, Radiología o Consulta Externa, es decir no en zona de Encamados Delicados, UCI ni Quirófanos. Este es un criterio que valga la plena aclarar, no se utilizó en el Hospital de Especialidades (ISSS), debido a limitantes en el

espacio. Deberá estar cerca de Ambulatorios debido a que en sí, la Litotricia Extracorpórea es un proceso ambulatorio y cerca del Servicio de Radiología debido a que se necesita tener a disponibilidad un cuarto oscuro para revelado de placas. Este criterio se vuelve mas valedero cuando los equipos Litotritores poseen acometidas trifásicas para sus generadores de fluoroscopia y rayos X, pudiéndose obtener la alimentación de la subestación del servicio de Radiología sin necesidad de otro banco de transformadores o de mayor cableado.

De preferencia el centro de Litotricia, de estar en un hospital vertical, debe ubicarse en el primer nivel. Esto debido al tipo de persona a atender.

Parta un Litotritor de generación antigua como el SIEMENS Lithostar ubicado en la sala de Litotricia del Hospital de Especialidades del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, se deberá tener un área de trabajo 39.7 m^2 , y variará dependiendo de las características del Litotritor, la máquina de anestesia, los paneles de control, los tableros, monitores y demás equipos y mobiliario necesario. La mesa de trabajo debe ubicarse en el dentro del espacio libre de la sala. Para litotritores de generaciones anteriores es necesario mayor espacio debido a que son mas voluminosos y requieren equipo adicional como máquina de anestesia y monitoreo de signos vitales.

Las nuevas generaciones de litotritores requieren menos espacio, por ejemplo, el litotritor Modulith de STORZ requiere solamente 20 m^2 para su instalación y funcionamiento, mientras que su similar de WOLF, el Piezolith 3000 requiere solamente 9m^2 para su instalación y funcionamiento si se utiliza la opción de radiología.

Para cualquier Litotritor que posea equipos radiológicos, las paredes de la sala deberán ser blindadas contra radiación, debido a que se utiliza Fluoroscopia y radiografía convencional. Debido al uso de radiaciones ionizantes durante el desarrollo de el procedimiento, se deberán tomar los mismos criterios de seguridad y de diseño utilizados en instalaciones de radiología diagnóstica.

a) Paredes, Puertas y Blindajes.

Paredes.

Las paredes deberán estar blindadas contra radiaciones ionizantes. Deberán ser de colores claros de acabado pastel mate, que den al paciente una sensación hogareña. Se considera adecuado que se cuelguen cuadros de paisajes o cualquier cosa que de sensación de comodidad. No hay necesidad de que los contornos sean redondeados, debido a que no existe procedimientos invasivos en la sala de tratamiento.

Su altura deberá ser como mínimo de 2,890 mm y un máximo de 3,000 mm, hasta el nivel del techo. Esto debido a que ciertos equipos utilizan rieles para soportar tubos de rayos X, generalmente las tecnologías de generaciones anteriores. Llamaremos Generaciones anteriores a los Litotritores que tienen mas de 10 años en el mercado.

Puertas.

Las puertas de acceso a la sala de tratamiento deberán estar restringidas al paso del público general. Deberán estar blindadas contra radiaciones ionizantes y diseñadas de tal modo que no haya escape de éstas por sus mochetas, bisagras y cierres. Deberán abrirse solamente para un lado (hacia fuera). La puerta deberá ser lo suficientemente ancha para permitir pasar a una cama-camilla con un soporte para sueros y una persona sin problemas. Su medida podrá oscilar entre 1.2 metros y 1.5 metros como máximo.

La puerta deberá estar conectada con el equipo de control de la fluoroscopia de tal forma que sea imposible abrir la puerta durante la exposición de radiación.

Blindajes.

Debido al uso de radiaciones ionizantes durante el desarrollo de el procedimiento, se deberán tomar los mismos criterios de seguridad y de diseño utilizados en instalaciones de radiología diagnóstica.

b) Sistema Eléctrico.

Debido a que no es un servicio en el cual se tenga la vida de un paciente en peligro, no hay necesidad de conectar el equipo Litotritor a la rama de emergencia del hospital. En cuanto a las necesidades de energía y tomacorrientes, éstas pueden variar de acuerdo al equipo a utilizarse. Existen litotritores que funcionan con dos tomacorrientes a 110 Voltios 60 Hertz así como existen algunos que necesitan acometidas de mayor voltaje y/o mas fases. El diseño del sistema eléctrico dependerá entonces del tipo de unidad Litotritora que se adquiera. Los tomacorrientes deberán estar a una altura de 1.5 metros del suelo.

Además de los tomacorrientes del Litotritor, dentro de la sala de Litotricia Extracorpórea deberá haber cuatro tomacorrientes dobles grado hospitalario aterrizados ubicados de tal manera que puedan conectarse en ellos la máquina de anestesia, el monitor de signos vitales, el negatoscopio y cualquier otro equipo o instrumento necesario. Los tomacorrientes deberán estar a una altura de 1.5 metros del suelo. Estos tomacorrientes sí deberán estar conectados a la red de emergencia del hospital

c) Iluminación.

La Sala de Litotricia Extracorpórea deberá poseer una iluminación adecuada. El cuarto de Litotricia Extracorpórea podrá tener dos tipos de luces, una utilizada mientras no se desarrolle el procedimiento y otra, mas tenue, mientras se desarrolla el procedimiento. Deberá estar entre los 100 y los 1000 luxes, controlables por medio de un reóstato.

d) Aire Acondicionado.

No se necesita un sistema con filtrado bacteriano. Podrá ser centralizado, de ventana o tipo paquete (split), según sea la conveniencia del hospital. La temperatura interior deberá estar entre los 20 y 23 grados centígrados para mayor confort del paciente y del personal.

e) Suministro de Gases.

No se necesita suministro de gases médicos ni de vacío. Todo el suministro puede ser provisto por cilindros, evitando el costo de la instalación fija, si es necesario.

4.4.7. SISTEMAS DE APOYO.

a) Asistencia médica permanente multidisciplinaria.

b) Analítica urgente básica con gasometría las 24 horas (Laboratorio Clínico).

c) Radiología básica las 24 horas.

d) Sistema de comunicación eficaz con el resto del hospital.

e) Departamento de Mantenimiento las 24 Horas del Día.

4.4.8. REQUERIMIENTOS DE ATENCIÓN POSTOPERATORIA..

Este tipo de procedimiento no requiere atención Post-Operatoria debido a que es Ambulatorio. El paciente regresa a consulta externa o a la Unidad de Litotricia Extracorpórea solamente a control y a que le quiten la sonda. No hay hospitalización.

CAPITULO V. ANÁLISIS DE COSTOS.

5.1 CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de Costos está dividido en las siguientes secciones:

1. Costos de Equipamiento.
2. Costos de Infraestructura.
3. Costos de Operación y Atención Postoperatoria.

5.2 COSTOS DE EQUIPAMIENTO.

SALA DE OPERACIONES

Los costos de equipamiento variarán acorde al tipo de procedimiento que se desarrollará. Siguiendo el criterio de Atkinson mencionado en el numeral **4.1.4** , las salas de operaciones deberán permitir que se desarrollen en ellas procedimientos de emergencia y programados indiferentemente, además de poder ser utilizadas por múltiples especialidades médicas para diferentes tipos de operaciones quirúrgicas. Es por ello que se ha tomado el criterio de una sala general que permita que se utilicen diversas tecnologías médicas, llamada "sala estándar".

Sala de Operaciones Estándar.

Los equipos presentes en una sala de operaciones estándar son equipos que se utilizarán para cualquier tipo de tecnología aplicada dentro de la sala de operaciones. No aplica a Sala de Litotricia Extracorpórea. A continuación se presenta una tabla con el costo de los equipamientos básicos en una sala de operaciones estándar, con precios en el mercado nacional.

Tabla de Precios Promedio de Equipamiento para Sala de Operaciones Estándar

No	Nombre.	Precio Promedio ($).	Vida Útil Promedio
1	Máquina de Anestesia.	$30,000	10 Años.
2	Mesa de Operaciones con accesorios.	$18,000	5 Años.
3	Equipo de Electrocirugía.	$6,500	5 Años.
4	Monitor de Signos Vitales.	$8,000	5 Años.
5	Lámpara Scialítica.	$4,000	10 Años.
6	Negatoscopio de un cuerpo.	$150	10 Años.
7	Desfibrilador.	$5,500	5 Años.
8	Equipo de Succión.	$1,500	3 Años.
9	Cronómetro o Cronógrafo.	$150	5 Años.
10	Equipo Radiológico Arco en C.	$80,000	8 Años.
11	Mobiliario	$2,500	5 Años.
12	Instrumental Multidisciplinario	$1000.00	3 Años.
Tabla 14			

Precio Promedio: Resultado de la suma del precio de tres opciones de un mismo equipo determinado con características específicas, dividido entre tres y aproximado al múltiplo de 10 superior. Los equipos son nuevos e instalados.

Vida Útil Promedio: Promedio de tiempo de duración del equipo en condiciones de uso intensivo y mantenimiento correctas. Según fabricante.

NOTA: debido a la privacidad de la información aportada por empresas privadas representantes de fabricantes reconocidos de equipo médico, no se darán a conocer en este estudio los precios ni marcas de estos equipos. La información para el análisis de precios se obtuvo en base a la Licitaciones Públicas del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Instituto Salvadoreño del Seguro Social y Hospital Militar Central.

5.2.1. Cirugía Abierta

Los costos de Equipamiento Totales para una sala de cirugía abierta entonces será de aproximadamente $160,000. Solo se incluye el equipo e instrumental descrito en la sección 4.1.2 de este documento.

5.2.2. Con Laparoscopia Colelitiasis.

Para procedimientos empleando tecnologías Laparoscópicas, los costos de equipamiento e instrumental suben en un rango desde los $38,000.00 a un máximo de $55,000.00, dependiendo de la marca del equipo.

5.2.3. Con Endoscopía. Colelitiasis.

Para procedimientos empleando tecnologías Endoscópicas en el tratamiento de la Litiasis Biliar por CPRE, los costos de equipamiento respecto a los de cirugía abierta suben aproximadamente la misma cantidad que los costos de equipamiento para Cirugía Laparoscópica. Debido a que ambos procedimientos poseen equipos en común como el Monitor, Fuente de Luz y Videocámara, la diferencia en el precio será únicamente en el duodenoscopio, cuyo costo está por alrededor de los $5,000.00

5.2.4. Con Endoscopía. Urolitiasis.

Al costo del sistema Litotritor se deberá agregar el costo del Cistoscopio, Ureteroscopio y Nefroscopio con sus respectivos accesorios, el cuál en conjunto y de acuerdo a las especificaciones enunciadas en el presente trabajo oscila por un promedio de $20,500.00. Estos instrumentos generalmente se encuentran ya presentes en hospitales o clínicas donde se practican procedimientos urológicos diagnósticos y abiertos.

Para cada Tecnología entonces se le deberá agregar el siguiente costo:

- Litotritor Con Tecnologia Pneumática con todos sus accesorios.
  $25,000.00 a $40,000.00
- Litotritor Con Tecnología Electrohidráulica con sus accesorios.
  $20,000.00 a $30,000.00
- Litotritor Con Tecnología Ultrasónica con sus accesorios.
  $25,000 a $40,000.00
- Litotritor Con Tecnología de Láser de Holmio con sus fibras.
  $120,000 a $180,000.00

5.2.5. Litotricia Extracorpórea.

Los costos de la tecnología de Litotricia Extracorpórea son, respecto a las demás tecnologías para el tratamiento y eliminación de cálculos renales y biliares muy superiores, y llegan a caer en la no viabilidad financiera de las instituciones nacionales debido al costo de la inversión inicial. Las tecnología de Litotricia Extracorpórea se vuelven viables siempre y cuanto se cumplan los siguientes parámetros: El Sistema de Salud deberá recibir sino la totalidad, la gran mayoría de los pacientes a los que se les diagnostica Litiasis en el Sistema Urinario o Megalitiasis en el Sistema Biliar a un solo centro de referencia especializado en Urología o por lo menos que contenga un servicio de urología con suficiente capacidad de espacio y suficientes recursos humanos.

Litotritor Modulith SLX de STORZ MEDICAL.

Incluyendo Sistema Radiológico, Sistema Ultrasónico, instalación, entrenamiento y video impresora Sony UP-7200. Equipo nuevo con garantía de 1 año en partes y servicio.
Precio: ente los $800,000.00 y $1,000,000.00

Litotritor Piezolith 3000 de RICHARD WOLF.

Incluyendo Sistema Radiológico, Sistema Ultrasónico, instalación, entrenamiento e impresora no determinada por el fabricante. Equipo nuevo con garantía de 1 año en partes y servicio.
Precio Aproximado: entre los $900,000 y $1,300,000.00

Litotritor Siemens Lithostar

Incluyendo Sistema Radiológico, Sistema Ultrasónico, Instalación, entrenamiento y garantía en partes y Servicio por 1 año. Equipo nuevo a 1994.
Precio de Costo al Instituto Salvadoreño del Seguro Social: $1.943,000.00

5.3. COSTOS DE INFRAESTRUCTURA.

Como costos de infraestructura se entenderá a al conjunto de costos económicos que conllevaría la construcción de la planta física, sin equipamiento, medido en dinero. Este

costo incluye Planeación, diseño, materiales y mano de obra por parte del contratista encargado de la ejecución del proyecto de construcción. No incluye equipamiento, instalación del equipamiento, mano de obra por instalación del equipamiento, sistemas eléctricos especiales de seguridad como transformadores de aislamiento, así como cualquier otra cosa ajena a la planta física.

Definir costos de infraestructura para una instalación es en sí muy difícil, debido a la gran diversidad de formas físicas y criterios posibles existentes. Para ello, con ayuda de ingenieros y arquitectos de las empresas SERDICON S.A. de C.V. y R mas R S.A. de C.V., se ha calculado un precio estimado por metro cuadrado de construcción para quirófano y salas de litotricia extracorpórea en base a precios actuales de materiales de construcción y mano de obra existentes en El Salvador y acordes a la capacidad de adquisición de las instituciones.

Precio estimado para Sala de Operaciones: $575.00 a $685.00 por m^2.
Precio estimado para Sala de Litotricia Extracorpórea: $375.00 a $425.00 por m^2.

Los precios aquí descritos son precios finales al consumidor.

Estos indicadores Incluyen:

- Paredes de Bloque armado y relleno de cemento.
- Seis Columnas capaces de soportar el estrés de varios pisos superiores.
- Techo de losa de concreto.
- Piso de terrazo electroconductivo.
- Paredes y techo de formica lisa con sellante plástico.
- Luminaria General. (No incluye Lámpara Scialítica).
- Un tomacorriente a 220 Voltios Grado Hospitalario.
- 12 Tomacorreintes dobles a 110V grado Hospitalario (Base a plano eléctrico H. Zacamil).
- Puertas corredizas blindadas.

Con estos Indicadores se tiene entonces que para una Sala de Operaciones Estándar de área de 42 m^2, el costo promedio de Infraestructura Física estará en el orden de los $26,500.00. A esto, según Ingenieros Contratistas de la misma empresa, se le deberá agregar un promedio de $17,500 en concepto de instalaciones eléctricas especiales como Paneles de Aislamiento.

Para una Instalación para Litotricia Extracorpórea donde no se desarrollen procedimientos endourológicos, se tienen diferentes costos dependiendo del equipo a instalar. En el caso de un Litotritor WOLF Piezolith 3000, el costo promedio de construcción de Área Física es de 3,850.00, para un Litotritor STORZ Modulith SLX el costo de construcción de área Física sería de $8,500.00. Para el Siemens Lithostar, el costo de construcción de Área Física es de $17,000.00. Se debe aclarar que al ser el Siemens Lithostar equipo de generaciones antiguas, sus volumen es mucho mayor que los nuevos modelos ahora lanzados al mercado.

5.4 COSTOS DE OPERACIÓN Y ATENCIÓN POST-OPERATORIA.

Dentro de los costos de operación y atención postoperatoria de las diferentes tecnologías para el tratamiento y eliminación de cálculos renales y biliares utilizadas en El Salvador, se pueden definir diferentes rubros tales como: Costos derivados del mantenimiento, costos de materiales, costos por honorarios del personal, costos por servicios utilizados por el hospital, costos por insumos médicos y medicamentos, etc. Las instituciones del Sistema Nacional de Salud de El Salvador pertenecientes al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social utilizan para fines estadísticos un procedimiento para medir el rendimiento de los diferentes servicios con los que cuentan sus instituciones expresado en dinero. Este procedimiento es llamado Sistema de Información Gerencial o por sus siglas S.I.G., el cuál arroja valores de lo que cuesta cada paciente y cada cirugía por servicio o especialidad por medio de un pro-rateo estadístico de todos los costos del servicio y el hospital. Además, provee información de los tiempos de estancia promedio de los pacientes por servicio y especialidad. En cuanto a los hospitales del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, el control de estos costos por medio de un procedimiento similar al Sistema de Información Gerencial no estaba siendo utilizado, y fue puesto en marcha hace solamente

seis meses, pero debido al estado actual de confrontación en el que se encuentra sumergido el Instituto Salvadoreño del Seguro Social ha quedado sin efecto. Vale la pena aclarar que los responsables del proyecto dentro del Seguro Social son los jefes de cada servicio, los cuales en más de un 90% se encuentran apoyando las acciones de huelga. Por su parte, las autoridades administrativas del Instituto Salvadoreño del Seguro Social no pueden revelar información acerca de los costos en los que se ven involucrados los servicios de urología y cirugía debido a que está contra los estatutos de la institución. En cuanto al Hospital de la Mujer, los costos son muy variables y dependerán de diversos factores, que van desde las características de la habitación utilizada hasta el número de veces que la enfermera fue llamada para atender alguna necesidad del paciente. Los valores obtenidos brindan un rango de costos diarios. El tiempo de estancia también variará de acuerdo al tipo de procedimiento realizado, lo que influirá en el costo de la atención postoperatoria. La Clínica R&K posee tarifas planas para pacientes por tratamiento recibido y no poseen costos de atención postoperatoria a pacientes debido a la naturaleza ambulatoria y las características no invasivas de la tecnología empleada.

5.4.1. SISTEMA NACIONAL DE SALUD.

a) Para el Hospital Nacional Zacamil "Dr. Juan José Fernández.".

	CENTROS DE ATENCIÓN PÚBLICOS H.N.Z.		
	Costo de Cirugía	**Costo de Hospitalización**	**Total**
LITIASIS RENAL			
CIRUGÍA ABIERTA.	$73.00	$399.15	$472.15
CIRUGÍA ENDOSCÓPICA.	N/A	N/A	N/A
ESWL	N/A	N/A	N/A
PNCL	N/A	N/A	N/A
LITIASIS BILIAR			
CIRUGÍA ABIERTA.	$73.00	$204.95	$277.95
CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA	$59.00	$89.81	$148.81

Tabla 15

N/A: No aplica por no poseer tecnología para este tipo de procedimientos.

Según las estadísticas obtenidas en el Departamento de Trabajo Social del Hospital Nacional ZACAMIL, el costo promedio por paciente quirúrgico internado es de $76.76 al día. El costo de una cirugía abierta oscila por un promedio de $73.00. Tomando como referencia la media de estancia hospitalaria del servicio de cirugía y de las encuestas llenadas por los médicos urólogos de diferentes instituciones incluyendo el Hospital Nacional Zacamil, se tiene que cada paciente tratado por cálculos renales mediante el procedimiento de Cirugía Abierta tiene una estancia hospitalaria de 5.2 días si no existen complicaciones. Multiplicando el valor en días de estancia hospitalaria por el costo por día de un paciente quirúrgico y sumando este resultado al costo del procedimiento, se tiene que cada paciente tratado de litiasis renal por cirugía abierta le cuesta al Hospital $472.15 dólares siempre y cuando no existan complicaciones. También, según las estadísticas publicadas por el residente de tercer año urología Dr. Walter James Morán del Hospital Nacional Zacamil, para el año 1999-2000 se dieron 350 Egresos Hospitalarios en el área de Urología, de los cuales 40 se debieron a Litiasis. Esto corresponde al 11.43% del total de egresos de urología. Por lo que el Hospital Nacional Zacamil tuvo gastos superiores a los $18,886.00 en pacientes con litiasis renal durante dicho periodo. El Hospital Nacional Zacamil carece de tecnologías para realizar procedimientos endourológicos de litotricia.

En cuanto al tratamiento de la litiasis biliar, las estadísticas obtenidas del Sistema de Información Gerencial muestran una clara diferencia en los costos de tratamiento y atención postoperatoria cuando se emplean procedimientos Laparoscópicos y Abiertos.

Según las estadísticas obtenidas en el Departamento de Trabajo Social del Hospital Nacional ZACAMIL, el costo promedio por paciente quirúrgico internado es de $76.76 al día. El costo de una cirugía abierta oscila por un promedio de $73.00. Tomando como referencia la media de estancia hospitalaria del servicio de cirugía y de las encuestas llenadas por los médicos cirujanos de diferentes instituciones incluyendo el Hospital Nacional Zacamil, se tiene que cada paciente tratado por cálculos biliares mediante el procedimiento de Cirugía Abierta tiene una estancia hospitalaria de 2.67 días si no existen

complicaciones. Multiplicando el valor en días de estancia hospitalaria por el costo por día de un paciente quirúrgico y sumando este resultado al costo del procedimiento, se tiene que cada paciente tratado de litiasis biliar por cirugía abierta le cuesta al Hospital $277.95 dólares siempre y cuando no existan complicaciones.

De emplearse procedimientos laparoscópicos, los costos disminuyen. La cirugía laparoscópica incluida en el indicador de cirugía ambulatoria tiene un costo de $59.00 y el día/cama del paciente ambulatorio tiene el mismo costo que el paciente tratado mediante cirugía abierta. El promedio de estancia hospitalaria sin complicaciones es de 1.17 días, por lo que cada paciente tratado por litiasis biliar por medios laparoscópicos cuesta al hospital $148.81.

En conclusión, tomando como referencia los valores anteriores y para pacientes sin complicaciones, el tratamiento de la litiasis biliar por cirugía laparoscópica provee mejor relación costo beneficio a la institución, pudiéndose desarrollar 1.87 procedimientos laparoscópicos con el mismo costo de un procedimiento abierto, debido a que brinda un ahorro del 46.46% en los costos.

Además, gran cantidad de personas que utilizan la red de hospitales del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social no están inscritos en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social debido a su situación laboral. Debido a esto, no perciben renta durante su periodo de incapacidad. Una rápida recuperación y una incapacidad corta proveen a estas personas mejores condiciones para el desarrollo de sus actividades, al ocasionarles menores pérdidas económicas.

b) Para el Hospital Nacional Rosales.

	CENTROS DE ATENCIÓN PÚBLICOS H.N.R.		
	Costo de Cirugía	**Costo de Hospitalización**	**Total**
LITIASIS RENAL			
CIRUGÍA ABIERTA.	$300.00	$748.80	$1,048.80
CIRUGÍA ENDOSCÓPICA.	$300.00	$144.00	$444.00
ESWL	N/A	N/A	N/A
PNCL	$300.00	$432.00	$732.00
LITIASIS BILIAR			
CIRUGÍA ABIERTA.	$300.00	$339.09	$639.09
CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA	$388.00	$148.59	$536.59

Tabla 16

N/A: No aplica por no poseer tecnología para este tipo de procedimientos.

Según las estadísticas obtenidas en la Dirección Médica del Hospital Nacional Rosales, el costo promedio por paciente urológico internado es de $144.00 al día. El costo de una cirugía no ambulatoria oscila por un promedio de $300.00. Tomando como referencia la media de estancia hospitalaria del servicio de cirugía y de las encuestas llenadas por los médicos urólogos de diferentes instituciones incluyendo el Hospital Nacional Rosales, se tiene que cada paciente tratado por cálculos renales mediante el procedimiento de Cirugía Abierta tiene una estancia hospitalaria de 5.2 días si no existen complicaciones. Multiplicando el valor en días de estancia hospitalaria por el costo por día de un paciente quirúrgico urológico y sumando este resultado al costo del procedimiento, se tiene que cada paciente tratado de litiasis renal por cirugía abierta le cuesta al Hospital $1,048.00 dólares siempre y cuando no existan complicaciones.

De emplearse métodos endourológicos, la estancia promedio bajaría a un día cama por paciente tratado si no existen complicaciones, por lo que se estaría hablando de un costo por paciente de $444.00. Actualmente se desarrollan procedimientos endourológicos mediante tecnología de litotricia ultrasónica endoscópica, pero la estancia promedio de los pacientes es de 3 días debido a que no se cuenta con el instrumental adecuado. Entonces, el costo real por paciente es de $732.00 si no existen complicaciones.

Si se emplea la técnica de Nefrolitotomía Percutánea Endoscópica para tratar cálculos en el riñón en vez de cirugía abierta, los costos siguen siendo menores. El costo total por paciente con tres días de hospitalización y sin complicaciones es de $732.00

En cuanto al tratamiento de la litiasis biliar, las estadísticas obtenidas del Sistema de Información Gerencial muestran, al igual que en el Hospital Nacional Zacamil, una clara diferencia en los costos de tratamiento y atención postoperatoria cuando se emplean procedimientos Laparoscópicos y Abiertos.

Según las estadísticas obtenidas en la Dirección Médica del Hospital Nacional Rosales, el costo promedio por paciente quirúrgico internado es de $127.00 al día. El costo de una cirugía abierta oscila por un promedio de $300.00. Tomando como referencia la media de estancia hospitalaria del servicio de cirugía y de las encuestas llenadas por los médicos cirujanos de diferentes instituciones incluyendo el Hospital Nacional Rosales, se tiene que cada paciente tratado por cálculos biliares mediante el procedimiento de Cirugía Abierta tiene una estancia hospitalaria de 2.67 días si no existen complicaciones. Multiplicando el valor en días de estancia hospitalaria por el costo por día de un paciente quirúrgico y sumando este resultado al costo del procedimiento, se tiene que cada paciente tratado de litiasis biliar por cirugía abierta le cuesta al Hospital $639.09 dólares siempre y cuando no existan complicaciones.

De emplearse procedimientos laparoscópicos, los costos disminuyen. La cirugía laparoscópica incluida en el indicador de cirugía ambulatoria tiene un costo de $388.00 y el día/cama del paciente ambulatorio tiene el mismo costo que el paciente tratado mediante cirugía abierta. El promedio de estancia hospitalaria sin complicaciones es de 1.17 días, por lo que cada paciente tratado por litiasis biliar por medios laparoscópicos cuesta al hospital $536.59.

En conclusión, tomando como referencia los valores anteriores y para pacientes sin complicaciones, el tratamiento de la litiasis en las vías urinarias por endourología provee mejor relación costo beneficio a la institución, pudiéndose desarrollar 2.36 procedimientos endoscópicos con el mismo costo de un procedimiento abierto, debido a que brinda un ahorro del 57.67% en los costos.

También, la Nefrolitotomía Percutánea Endoscópica provee una alternativa de menor costo respecto a la técnica abierta para la eliminación de cálculos de gran tamaño en el riñón, pudiéndose desarrollar 1.43 procedimientos Endoscópicos con el mismo costo de un procedimiento abierto. El ahorro en este caso sería del 30.21%.

También, para pacientes sin complicaciones, el tratamiento de la litiasis biliar por cirugía laparoscópica provee mejor relación costo beneficio a la institución, pudiéndose desarrollar 1.19 procedimientos laparoscópicos con el mismo costo de un procedimiento abierto, debido a que brinda un ahorro del 16.04 en los costos. Se debe tener en cuenta que en el caso del Hospital Nacional Rosales el costo del procedimiento ambulatorio es en exceso alto, ya que debería estar por debajo del costo del procedimiento abierto.

Además, gran cantidad de personas que utilizan la red de hospitales del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social no están inscritos en el Instituto Salvadoreño del Seguro Social debido a su situación laboral. Debido a esto, no perciben renta durante su periodo de incapacidad. Una rápida recuperación y una incapacidad corta proveen a estas personas mejores condiciones para el desarrollo de sus actividades, al ocasionarles menores pérdidas económicas.

5.4.2. INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL.

En cuanto al indicador de costo por día por paciente internado, para el Hospital de Especialidades del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, no fue posible su obtención debido a que las normas de la institución no permiten la exposición de datos

administrativos ni clínicos. Tampoco existe por parte de su staff médico un control estadístico de las intervenciones por litiasis ni de los métodos utilizados en cada una.

5.4.3. SECTOR PRIVADO.

Hospital de la Mujer.

Los costos dentro del área privada son cargados directamente al paciente.

Litiasis Urinaria.

En el Hospital de la Mujer, un procedimiento endoscópico utilizando tecnología Lithoclast tiene un costo total de $1,500.00. mientras que mediante cirugía abierta su costo está cercano a los $1,100.00 Esta tendencia es debido a que en el sector privado, la comodidad y la rápida recuperación del paciente son valores agregados de la oferta del servicio por lo que sube su precio. De este precio, el médico puede recibir un promedio de $800.00 por sus servicios profesionales y uso de su instrumental propio por cada procedimiento.

Litiasis Biliar.

En cuanto a procedimientos de Litiasis Biliar, los costos de Cirugía Laparoscópica y Cirugía abierta son prácticamente iguales y están en el orden delos $1,100.

Clínicas R&K.

La clínica R&K proporciona solamente servicios de Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque mediante generador electrohidráulico. El costo aproximado del tratamiento está entre los $1,400.00 y $2,000.00, dependiendo el número de sesiones necesarias para fragmentar los cálculos efectivamente.

CAPITULO VI. ANÁLISIS EPIDEMIOLÓGICO.

6.1 LITIASIS RENAL.

6.1.1 Indicadores Mundiales.

Según el Doctor Rafael Castellanos Acosta, "*La litiasis urinaria afecta al 4-7% de la población general, con un riesgo de recurrencia después de un primer episodio de litiasis urinaria idiopática del 67%, siendo este padecimiento una de las afecciones mas frecuentes del aparato urinario*" [5].

Si se aplica este indicador a la población salvadoreña, y tomando las cifras de Población Total del año dos mil que aparecen en la publicación virtual de Indicadores Sociales del Ministerio de Economía de la República del El Salvador, entonces por regla de tres simple se tiene que de 250,894 a 439,065 personas presentarán cálculos renales en alguna etapa de su vida. No todos serán sujetos a procedimientos de eliminación por cirugía o por Litotricia Extracorpórea.

Otras fuentes de información tales como "The Kidney Stones Newsletter", publicada por Gail R Savitz, muestran indicadores específicos de Estados Unidos, de los cuales se pueden tomar en consideración:

Incidencia de Litiasis Renal en Los Estados Unidos de América.
Número de Estadounidenses afectados anualmente por cálculos renales .....1,000,000.
Porcentaje de la población Estadounidense afectada anualmente 0.5%
Porción de la población Estadounidense que ha tenido al menos un cálculo renal.....12%
Porción de éstos en los cuales ha habido al menos una recurrencia 75%
Riesgo relativo a la formación de un Segundo cálculo...60% al 80% en los próximos 10 años (50% sobre los próximos 5 años)
Tasa de formación de piedras para pacientes recurrentes.....un cálculo cada 2 o 3 años

Factores Genéticos.

Si un miembro de la familia tiene litiasis renal, el riesgo que otro miembro de la familia presente este problema será de.....62%

Posibilidad de que un paciente forme cálculos si su hermano ha tenido uno.....50%

En México, según las Estadísticas de Egresos Hospitalarios del Sector Público del Sistema Nacional de Salud del 2000, la litiasis urinaria aparece entre las principales causas de egresos hospitalarios para dicho país, ya sea en el área pública o en el sector asegurado.

De un total de 1,265,356 egresos hospitalarios equivalente a 2,645.2 egresos por cada 100,000 habitantes hombres; 9,320 casos corresponden a litiasis urinaria, con una tasa de 19.5 egresos por cada 100,000 habitantes. Esto corresponde a un 0.7% del total de egresos de hombres en el sector público del Sistema Nacional de Salud de México.

De un total de 823,715 egresos hospitalarios equivalente a 3,394.9 egresos por cada 100,000 habitantes hombres asegurados; 7,286 casos corresponden a litiasis urinaria, con una tasa de 30.0 egresos por cada 100,000 habitantes. Esto corresponde a un 0.9% del total de egresos de hombres de la Población Derechohabiente de México (Seguridad Social).

En cuanto a mujeres, la litiasis urinaria no se encuentra dentro de las veinte primeras causas de egresos hospitalarios de México.

6.1.2 Indicadores Nacionales.

Los indicadores nacionales publicados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social por medio de su Dirección de Planificación de los Servicios de Salud, Unidad de Información en Salud; muestran que la patología de litiasis renal no se encuentra dentro de las diez primeras causas de morbi-mortalidad en El Salvador. Este indicador se basa en la cantidad de egresos hospitalarios de los centros de atención de la Red Nacional de Salud.

Debido a esto, no se han encontrado indicadores de esta patología a nivel nacional, teniéndose que obtener éstos de los mismos libros de egresos y de sala de operaciones de las instituciones involucradas en el presente estudio y relacionarlos con el total de egresos hospitalarios de cada institución.

Según las estadísticas publicadas por el residente de tercer año urología Dr. Walter James Morán del Hospital Nacional Zacamil, para el año 1999-2000 se dieron 350 Egresos Hospitalarios en el área de Urología, de los cuales 40 se debieron a Litiasis. Esto corresponde al 11.43% del total de egresos de urología. Cabe decir que el Hospital Nacional Zacamil no posee suficientes camas para albergar un departamento de urología, por lo que todos los pacientes quirúrgicos de cualquier especialidad son internados en el servicio de Cirugía.

En el Hospital Nacional Rosales, la realidad cambia, debido a que si existe un servicio de urología, aunque con déficit de camas. Se realizan aproximadamente de 1 a 2 cirugías de cálculos en el sistema urinario al día, con un período de estancia de 5.2 días por paciente sin complicaciones. Por ello, según sus estadísticas, anualmente se realizan un promedio de 520 intervenciones quirúrgicas, cerca de 13 veces el volumen de pacientes quirúrgicos para esta misma patología en el Hospital Nacional Zacamil.

Hospital de la Mujer. Debido que en el hospital no se lleva un control estadístico del tipo y cantidad de procedimientos que se desarrollan por año, no existen datos contundentes que arrojen información útil este apartado del estudio.

Clínicas R&K. Debido a la naturaleza de la institución, los datos provenientes de ésta no son válidos para este apartado del estudio.

a) Por Edad.

Según el Doctor Rafael Castellanos, "El grupo etáreo de mayor incidencia es entre los 30 y 50 años de edad, aunque la mayoría de los pacientes reportan inicios de la enfermedad

desde la segunda década y va declinando a través de las décadas posteriores [5]. Este indicador coincide con la realidad de El Salvador según datos arrojados por el estudio de campo realizado en el Hospital Nacional Rosales, donde se desarrolla la mayor parte de procedimientos de eliminación de cálculos urinarios.

b) Por Sexo.

Según el Doctor Castellanos, La Litiasis Cálcica es mas frecuente a razón 2-1 a 3-1 en hombres. Según comprobaciones realizadas en el Hospital Nacional Rosales y Hospital Nacional Zacamil, este indicador se encuentra dentro de la realidad salvadoreña. La comprobación fue realizada mediante la visita a los servicios de urología.

c) Por Nivel Social.

No existe una diferencia entre niveles sociales. Los cálculos renales son comunes tanto para la clase de nivel económico alto como para la clase bajo nivel económico. El único detalle que vale la pena resaltar es que las personas de niveles económicos inferiores son mas susceptibles a la generación de cálculos de infección debido a los hábitos higiénicos que practican ya sea por cuestión de educación o por no tener acceso a los servicios básicos necesarios.

d) Por Ubicación Geográfica.

Los factores geográficos y ambientales que influyen en la litiasis renal son variados, encontrándose que esta patología es mas común en personas viviendo en regiones montañosas, desérticas y tropicales, las cuales puedan provocar una deshidratación crónica [5]. Geográficamente, El Salvador se encuentra dentro de la región tropical, por lo que el promedio de temperatura es bastante alto. Esta alta temperatura – especialmente en regiones como la costera o el oriente del país – genera breves estadíos de deshidratación crónica en gran cantidad de la población, aumentando el riesgo de la formación de litiasis urinaria. Además de esto, la geografía de El Salvador provee de variadas fuentes de agua natural, la cual en muchos casos es rica en sodio y otros minerales. La ingesta de agua

"dura" puede provocar un aumento en la posibilidad de una persona a desarrollar litiasis renal.

Por último, las altas temperaturas y el grado de educación de la población fuera de las regiones metropolitanas provoca un alto índice de infecciones de las vías urinarias, la cuál puede provocar el inicio de una litiasis de estruvita.

6.2 Litiasis en Vesícula y Conductos Biliares.

6.2.1. Indicadores Mundiales.

Según el Doctor Federico Peláez, la colelitiasis es una enfermedad predominante en occidente, el 10% al 15% de la población presenta litiasis vesicular.

Según el "National Institute of Health Consensus Development Conference Statement" de los Estados Unidos América, aproximadamente del 10 al 15 por ciento de la población adulta de los mas de 20 millones de Estadounidenses tienen cálculos biliares. Se estima que cerca de un millón de nuevos casos son diagnosticados anualmente en los Estados Unidos de América. Esta patología es mas en mujeres con múltiples partos, obesidad y rápida pérdida de peso así como en pacientes de la tercera edad. En 1991 aproximadamente a 600,000 pacientes fueron sometidos a colecistectomía. Como causa de hospitalización, la litiasis biliar es uno de las patologías del sistema digestivo mas comunes y mas costosas, con un costo anual en los Estados Unidos de América de cerca de cinco billones de dólares.

En México, según las Estadísticas de Egresos Hospitalarios del Sector Público del Sistema Nacional de Salud del 2000, la colelitiasis aparece entre las principales causas de egresos hospitalarios para dicho país. A continuación se muestran los resultados:

De un total de 1,265,356 egresos hospitalarios equivalentes a una tasa de 2,645.2 egresos por cada 100,000 habitantes hombres; 19,058 se debieron a colelitiasis y colecistitis, con

una tasa de 39.8 egresos por esta patología por cada 100,00 habitantes hombres. Esto corresponde al 1.5% del total de egresos masculinos en el sector público de México.

De un total de 2,787,091 egresos hospitalarios equivalentes a una tasa de 5,553.3 egresos por cada 100,000 habitantes mujeres; 84,657 se debieron a colelitiasis y colecistitis, con una tasa de 168.7 egresos por esta patología por cada 100,00 habitantes hombres. Esto corresponde al 3.0% del total de egresos femeninos en el sector público de México.

De un total de 823,715 egresos hospitalarios equivalentes a una tasa de 3,394.9 egresos por cada 100,000 habitantes Derechohabientes hombres; 14,329 se debieron a colelitiasis y colecistitis, con una tasa de 59.1 egresos por esta patología por cada 100,00 habitantes Derechohabientes hombres. Esto corresponde al 1.17% del total de egresos masculinos en el sector Asegurado de México.

De un total de 1,530,818 egresos hospitalarios equivalentes a una tasa de 5,951.6 egresos por cada 100,000 habitantes Derechohabientes mujeres; 57,087 se debieron a colelitiasis y colecistitis, con una tasa de 221.9 egresos por esta patología por cada 100,00 habitantes Derechohabientes mujeres. Esto corresponde al 3.7% del total de egresos femeninos en el sector Asegurado de México.

De un total de 441,641 egresos hospitalarios equivalentes a una tasa de 1,873.6 egresos por cada 100,000 habitantes No Derechohabientes hombres; 4,729 se debieron a colelitiasis y colecistitis, con una tasa de 20.1 egresos por esta patología por cada 100,00 habitantes No Derechohabientes hombres. Esto corresponde al 1.1% del total de egresos masculinos en el sector No Asegurado de México.

De un total de 1,256,273 egresos hospitalarios equivalentes a una tasa de 5,134.5 egresos por cada 100,000 habitantes No Derechohabientes mujeres; 27,570 se debieron a colelitiasis y colecistitis, con una tasa de 112.79 egresos por esta patología por cada 100,00

habitantes no Derechohabientes mujeres. Esto corresponde al 2.2% del total de egresos femeninos en el sector No Asegurado de México.

MORBILIDAD HOSPITALARIA SEGÚN CAUSA DE EGRESO Y GRUPOS DE EDAD, 2000. LISTA CONDENSADA DE MORBILIDAD. HOMBRES. SECTOR PÚBLICO DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD

Total	< 1 año	1 a 4	5 a 14	15 a 44	45 a 64	65 y mas	No esp.
19,058	0	9	101	7,080	6,728	5,140	0
Nota: En la primera fila se expresan los rangos de edades en años							
Tabla 17							

MORBILIDAD HOSPITALARIA SEGÚN CAUSA DE EGRESO Y GRUPOS DE EDAD, 2000'. LISTA CONDENSADA DE MORBILIDAD. MUJERES. SECTOR PÚBLICO DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD. MÉXICO

Total	< 1 año	1 a 4	5 a 14	15 a 44	45 a 64	65 y mas	No esp.
84,657	0	88	224	49,390	24,467	10,488	0
Nota: En la primera fila se expresan los rangos de edades en años							
Tabla 18							

En cuanto a la mortalidad hospitalaria, se tiene:

De un total de 51,694 decesos hospitalarios equivalentes a una tasa de 1,854.8 decesos por cada 100,000 habitantes mujeres; 260 se debieron a colelitiasis y colecistitis, con una tasa de 9.3 decesos por esta patología por cada 100,00 habitantes mujeres. Esto corresponde al 0.5% del total de decesos femeninos en el sector público de México.

De un total de 33,853 decesos hospitalarios equivalentes a una tasa de 2,211.4 decesos por cada 100,000 habitantes Derechohabientes mujeres; 185 se debieron a colelitiasis y colecistitis, con una tasa de 12.1 decesos por esta patología por cada 100,00 habitantes Derechohabientes mujeres. Esto corresponde al 0.6% del total de decesos femeninos en el sector Asegurado de México.

6.2.2. Indicadores Nacionales.

Según los indicadores nacionales publicados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social por medio de su Dirección de Planificación de los Servicios de Salud,

Unidad de Información en Salud, la litiasis de en vesícula y vías biliares – llamada colelitiasis – se encuentra dentro de las diez principales causas de egresos hospitalarios en El Salvador.

PERFIL DE MORBI-MORTALIDAD INSTITUCIONAL.
ENERO-DICIEMBRE DEL AÑO 1,999.

Edad en años	Sexo	No. Egresos	Total de Egresos	Porcentaje	Poción en Tabla	Mortalidad
15-44	Ambos	889	162,310	0.55%	9º	N/A
15-59	Ambos	421	25,941	1.62%	9º	N/A
Tabla 19						

N/A: No aparece dentro de las diez principales causas de mortalidad institucional.

PERFIL DE MORBI-MORTALIDAD INSTITUCIONAL.
ENERO-DICIEMBRE DEL AÑO 2,000.

Edad en años	Sexo	No. Egresos	Total de Egresos	Porcentaje	Poción en Tabla	Mortalidad
15-19	Femenino	138	35,359	0.69%	7º	N/A
20-29	Femenino	624	68,246	0.91%	3º	N/A
30-49	Femenino	1,180	44,293	2.66%	4º	N/A
50-59	Femenino	535	10,711	7.5%	2º	N/A
60 y mas	Femenino	851	23,925	3.56%	8º	N/A
20-59	Femenino	2,339	123,250	1.90%	3º	N/A
Tabla 20						

N/A: No aparece dentro de las diez principales causas de mortalidad institucional.

a) Por Edad y Sexo.

A pesar que la litiasis de la vesícula y vías biliares puede encontrarse en la población infantil y adolescente, su mayor incidencia se presenta a partir de la quinta década de vida de la persona y a partir de ésta aumenta con los años en forma significativa su incidencia [6]. Es mucho mas común en la mujer que en el hombre, a razón de 3 a 1 y de inicio mas temprano en el sexo femenino. En la mujer entre 44 y 55 años ya se presenta una incidencia entre 10% y 30%, y en el hombre mayor de 70 años es menor del 5%. A pesar de eso, la incidencia de litiasis en el hombre y la mujer casi se iguala después de los 70 años de edad.

Una nota importante e interesante es que la colelitiasis es mas común en los obesos en una relación de 3 a 1.

b) Por Nivel Social.

Según el Doctor Federico Peláez, la presencia de cálculos en las vías biliares es frecuente, principalmente en poblaciones de nivel económico alto, por lo tanto la colecistectomía es una de las cirugías mas comúnmente practicadas en el mundo. Esto debido a la dieta compuesta por grandes cantidades de alimento con grasas.

c) Por Ubicación Geográfica.

La ubicación geográfica no es tan determinante para determinar la incidencia de litiasis biliar en una población. La única relación indirecta que se puede hacer es con respecto a la dieta por región geográfica. Por ejemplo, en países con una dieta hipercalórica como en Estados Unidos de América, la población tendrá una mayor incidencia de litiasis biliar que países en los cuales su dieta normal no incluya grandes cantidades de grasa y lipoproteínas. En El Salvador, no existe ninguna relación entre ubicación geográfica y tasa de morbilidad de Litiasis Biliar.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El "Estudio y Análisis de Tecnologías para el Tratamiento y Eliminación de Cálculos Renales y Biliares Aplicadas a la Población de El Salvador" arroja la suficiente información como para poder llegar a concluir cuales tecnologías serían las mas adecuadas según la realidad de El Salvador para el tratamiento de las patologías de la Litiasis Urinaria y la Litiasis Biliar.

7.1 LITIASIS RENAL.

De todas las metodologías empleadas para el tratamiento y eliminación de cálculos renales descritas en este trabajo, la Cirugía Abierta es la más efectiva, con un práctico 100% de efectividad. La desventaja de este procedimiento es que al tomar en cuenta el costo de la intervención, los costos de operación de la institución y los costos de atención post-operatoria, se observa que el costo económico total de la institución por un solo paciente puede llegar a ser mayor al doble que el que sería utilizando metodologías que incluyan tecnologías endoscópicas cuya efectividad, de ser realizadas por médicos bien capacitados, se acerca mucho al 100%. La productividad de las instituciones incluidas en esta investigación puede ser incrementada mediante el uso de tecnologías de Litotricia Intracorpórea Endoscópica sin necesidad de una gran inversión, debido a que pueden utilizarse las instalaciones ya presentes en dichas instituciones y sus equipamientos, requiriendo solo la inversión en equipo litotritor y sus accesorios. Los médicos urólogos que laboran en las instituciones que comprende este trabajo expresaron su capacidad de realizar procedimientos endourológicos, teniéndose entonces una economía en cuanto a capacitaciones necesarias, limitándose al uso del equipo. En cuanto a tiempos de rotación de pacientes, las tecnologías endoscópicas permiten el tratamiento ambulatorio de los mismos, pudiéndose tener una rotación de pacientes cinco veces mayor. A su vez, en instituciones del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, el hecho que la incapacidad sea ambulatorio resulta en el ahorro de recursos económicos al no tener que realizar desembolsos en cuestión de pago de sueldos por incapacidad.

Según la realidad salvadoreña, de los diferentes tipos de tecnologías endoscópicas disponibles, la tecnología que resulta tener una mejor relación costo/beneficio en la fragmentación de cálculos es el Lithoclast. Esto es debido a su precio, costos de mantenimiento casi nulos y facilidad de uso, así como la capacidad de ser utilizada en cualquier estructura del sistema urinario y en procedimientos de Nefolitotomía Percutánea. Además, según la información obtenida en el Hospital de la Mujer, el cuál posee esta tecnología, su efectividad en la fragmentación de cálculos es del 100%.

La Litotricia Intracorpórea Ultrasónica provee excelentes resultados y costos inferiores a la realizada por Lithoclast, pero no puede ser utilizada en todo el tracto urinario, disminuyendo su rango de alcance. Es la tecnología con la que la mayor cantidad de urólogos nacionales están identificados. Está presente en el Hospital Nacional Rosales y próximamente en el Hospital Regional de Santa Ana.

La Litotricia Intracorpórea Electrohidráulica puede ser utilizada en cualquier parte del sistema urinario, pero no es la mejor alternativa por sus costos de operación que incluyen sondas descartables de costo aproximado de $200.00 cada una y útiles para un máximo de dos pacientes, además de los problemas anatómicos como lesiones en la superficie de las estructuras del sistema urinario si la chispa del electrodo está muy cerca de dichas estructuras.

La tecnología Láser ha probado ser la mas efectiva para la destrucción de cálculos renales por medios endoscópicos, además de poseer muchas aplicaciones adicionales a la litotricia en una amplia gama de especialidades médicas. El problema encontrado en los diferentes hospitales del país a excepción de los del Sector Privado es el rechazo por parte de los médicos a este tipo de tecnologías ya sea por desconocimiento o temor de utilizar equipamiento de alto costo y de características delicadas, así como la capacidad de adquisición de las instituciones. Esta tecnología podría tener una excelente relación costo/beneficio si se cumplen las siguientes recomendaciones: La institución donde se utilizaría esta tecnología sería un hospital de especialidades multidisciplinarias, el uso de la

tecnología no estaría restringido a unas pocas cirugías al día sino que a uso continuo, la orientación de la institución debería ser los procedimientos ambulatorios, los médicos deberían de estar los suficientemente capacitados y libres de paradigmas negativos respecto al uso de nuevas tecnologías.

En cuanto a la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, ésta presenta el mayor costo de inversión inicial, superando el $1,000,000.00 en equipos de las marcas y modelos descritos en este trabajo, que según los estudios realizados por J. F. Kolzer, R. García del Grupo de Pesquisa em Engenharia Biomédica de Florianópolis-Santa Catarina-Brasil [11], presentan las mejores características y resultados en el tratamiento de cálculos renales y biliares. Debido a la situación actual por la que atraviesa el país, se puede concluir que la inversión en tecnologías de esta naturaleza es en muy alto grado económicamente inviable debido a sus costos iniciales de Inversión. En este momento los recursos económicos del país todavía están siendo enfocados principalmente a la reconstrucción de la infraestructura dañada por los terremotos del 2001. Una vez concluidos los trabajos de reconstrucción, la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque puede ser tomada en cuenta como una opción con viabilidad económica a largo plazo debido a sus ventajas por sobre las demás tecnologías, tales como un alto número de pacientes que pueden tratarse diariamente con un solo equipo y la minimización de los costos de atención postoperatoria debido a la naturaleza ambulatoria del procedimiento. La tasa de rotación de paciente utilizando tecnologías de Litotricia Extracorpórea durante un horario laboral normal de 8 horas al día durante cinco días a la semana es de 25 pacientes como mínimo.

De todas las tecnologías de Generación de Ondas de Choque existentes, la mas adecuada para El Salvador es la que utiliza el principio Electromagnético. Esto se debe a muchos factores entre los que se pueden mencionar:

1. Los equipos con Generadores de Onda de Choque Electromagnéticos son mas comunes en el mercado internacional, por lo que por la competencia, los precios de éstos tienden a disminuir.

2. Los equipos con Generadores Electromagnéticos poseen altos niveles de reproducibilidad, por lo que sus parámetros de energía, tamaño focal y presión en el foco permanecen con mínimas variaciones. Los generadores Electrohidráulicos y Electroconductivos poseen menores niveles de reproducibilidad debido al desgaste de las bujías utilizadas para provocar la onda de choque. En cuanto al generador Piezoeléctrico, posee menores niveles de presión positiva en el foco respecto al Electromagnético aunque sus nivele de reproducibilidad son excelentes.

3. Los Generadores Electromagnéticos poseen una vida útil muy larga para todos sus componentes. Los Generadores Electrohidráulicos requieren el cambio de sus bujías generadoras de Ondas de Choque casi por paciente, haciendo que tenga costos superiores a largo plazo. Los Generadores Piezoeléctricos poseen una muy larga vida útil, pero su costo es mucho mayor respecto a cualquiera de las demás tecnologías.

4. Los Generadores Electromecánicos poseen el mejor record de efectividad en el tratamiento de cálculos renales en el primer tratamiento, según investigaciones realizadas por Dr. Joel Teichman y urólogos y científicos en diferentes localidades de los Estados Unidos y recopiladas en "In Vitro Shock Wave Lithotripsy Comparison."[10]. Los siguen los Piezoeléctricos, los Electroconductivos y los Electrohidráulicos respectivamente.

7.2 LITIASIS BILIAR.

Al comenzar la investigación acerca de las tecnologías para el tratamiento y eliminación de cálculos renales y biliares, una de los objetivos intrínsecos era el poder analizar las cualidades de las tecnologías extracorpóreas como método compartido para ambas patologías. Los resultados arrojan resultados no del todo halagadores en cuanto al tratamiento de la litiasis biliar utilizando Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, debido a que es escasamente aplicada en el país y en el mundo consecuencia de que no se han desarrollado suficientes estudios para comprobar su efectividad a nivel mundial. Hasta

ahora, se utiliza solamente en el caso de cálculos de gran tamaño o megacálculos en la vesícula o vías biliares. Los Litotritores de modelos antiguos poseen focos demasiado grandes, produciendo daños a las estructuras anexas a la vesícula biliar. Los equipos modernos con focos mas pequeños, arrojan mayores esperanzas sobre una eficiente fragmentación de cálculos biliares sin daños colaterales, especialmente las tecnologías que utilizan el principio piezoeléctrico.

En cuanto a la efectividad de los procedimientos, al igual que en el tratamiento y eliminación de cálculos renales y biliares, la Cirugía Abierta posee el 100% de efectividad. La cirugía Laparoscópica le sigue con una efectividad superior al 90%. Institucionalmente, la tecnología laparoscópica provee muchas ventajas, tales como la reducción de los costos de cirugía y hospitalización, aumento de la productividad del hospital a un costo menor que con Cirugía Abierta, tecnología que puede ser utilizada en diversas áreas y especialidades médicas, reducción de los costos de desembolsos para por incapacidad en instituciones de la red del Seguro Social. Debido a su costo de inversión inicial, la tecnología del laparoscopio posee una elevada viabilidad económica para instituciones de cualquier naturaleza donde se desarrollen procedimientos quirúrgicos ya sea generales como especializados.

En cuanto a la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, por lo que se expresaba anteriormente no es viable económicamente debido a su alto costo y a que no existen estudios lo suficientemente consistentes de su efectividad en el tratamiento de la litiasis biliar.

BIBLIOGRAFÍA.

RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS ESCRITOS.

[1] L. Cardenal.
"DICCIONARIO TERMINOLÓGICO DE CIENCIAS MÉDICAS."
Quinta Edición. 1,954.
Salvat Editores. España.

[2] Lic. Marlene Margarita Barrientos.
"PERFIL DE MORBI-MORTALIDAD INSTITUCIONAL ENERO-DICIEMBRE 2000."
Ministerio Salud Pública y Asistencia Social del El Salvador.
Unidad de Información en Salud

[3] J.V. Basmajian.
"PRIMARY ANATOMY"
Sexta Edición. 1,970.
The Williams & Wilkins Company. Baltimore, USA.

[4] National Institute of Health Consensus Development Conference Statement.
"GALLSTONES AND LAPAROSCOPIC CHOLYCISTECTOMY"
Apartado 90. Septiembre 14-16 de 1992.

[5] Férez Flores Silva, Juan Fernando Uribe Arcila.
"FUNDAMENTOS DE CIRUGÍA. UROLOGÍA"
Segunda Edición. 2,000.
Corporación para Investigaciones Biológicas. Medellín, Colombia.

[6] Restepo G., Botero A., Franco B., Sierra A.
"FUNDAMENTOS DE MEDICINA. GASTROENTEROLOGÍA, HEPATOLOGÍA, NUTRICIÓN".
Cuarta Edición. 2,000.
Corporación para Investigaciones Biológicas. Medellín, Colombia.

[7] Atkinson.
"TÉCNICAS DE QUIRÓFANO DE BERRY Y KOHN".
Séptima Edición.
Editorial Interamericana MacGraw Hill.

[8] Medical Acoustics.
Acoustic Applications in the Field of Medicine.

[9] Martin E. Resnick, MD.
"THE UROLOGIC CLINICS OF NORTH AMERICA".
Volumen 24, Número 1. Febrero de 1997.
Editorial W.B. SAUNDERS COMPANY, Philadelphia, USA.

[10] Dr. Joel Teichman. Dr
"IN VITRO SHOCK WAVE LITHOTRIPSY COMPARISON." .
Publicaciones de la Facultad de Medicina.
Universidad de Texas. 2000.

[11] J. F. Kolzer, R. García.
"ESTUDIO COMPARATIVO DE GENERADORES DE ONDAS DE CHOQUE DE LITOTRIPTORES COMERCIALES"
Grupo de Pesquisa em Engenharia Biomédica Florianópolis-Santa Catarina-Brasil.
2001.

[12] Revista Científica American Family Physician.
"DIAGNOSIS AND CLINICAL MANAGEMENT OF KIDNEY STONES".
1 de abril del 2002, Volumen 63, Número 7

[13] Asociación Colombiana de Facultades de Medicina.
"GUÍAS DE PRÁCTICA CLÍNICA BASADAS EN LA EVIDENCIA, LITIASIS RENAL Y URETRAL".
1997.

[14] Lloyd H. Siegel.
"GUÍA DE DISEÑO DE CIRUGÍA AMBULATORIA, SERVICIO DE CUIDADOS AMBULATORIOS, ADMINISTRACIÓN DE SALUD Y LA OFICINA DE CALIDAD DE INSTALACIONES DEL DEPARTAMENTO DE ASUNTOS DE VETERANOS DE WASHINGTON
1997.

[15] Ministerio de Industria y Energía.
NORMAS UNE DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO PUBLICADAS POR EL INSTITUTO DE RACIONALIZACIÓN Y NORMALIZACIÓN IRANOR.
España, Actualización de Agosto del 2002.

[16] National Fire Protection Association.
NATIONAL ELECTRIC CODE. (NEC).
Incluido en el estándar NFPA 70. Actualización del año 2000.

[17] National Fire Protection Association.
NFPA 99. STANDARD FOR HEALTH CARE FALITIES.
National Fire Protection Association. Actualización del año 1999.

ANEXOS.

ANEXO 1.
ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. No.	Descripción.	Pág.
	CAPITULO II.	
1	Esquema Básico del Sistema Urológico.	***5***
2	Esquema Básico del Sistema Biliar.	***8***
3	Esquema Básico del Aparato Digestivo.	***8***
4	Imagen de un Cálculo en la Vejiga Urinaria utilizando Cistoscopio.	***14***
5	Imagen Radiográfica Convencional de un Cálculo Renal tipo "Asta de Ciervo".	***14***
6	Imagen Radiográfica del Sistema Urinario utilizando el método de Pielografía Endovenosa.	***15***
7	Imagen que representa un corte del riñón utilizando Tomografía Computarizada.	***15***
8	Imagen Ultrasónica de un Cálculo en la Vejiga Urinaria.	***15***
9	Esquema Básico de la Vesícula Biliar y sus Vías Biliares.	***17***
10	Imagen Radiológica Convencional de una Vesícula Biliar llena de Cálculos.	***20***
11	Imagen Ultrasónica de Litiasis Biliar en la Vesícula.	***20***
12	Imagen que representa un corte la Vesícula Biliar utilizando Tomografía Computarizada.	***21***
13	Imagen Radiológica tomada durante una Colangiopancreatografía Retrógrada Endoscópica o CPRE.	***21***
14	Figura del Sistema Biliar obtenida por Cintigrafía Biliar.	***21***
	CAPITULO III.	
15	Figura de un sistema Básico de Endoscopía Urinaria.	***26***
	CAPITULO IV.	
16	Ejemplo de Distribución de Equipamiento y Mobiliario en el Espacio Físico de una Sala de Operaciones.	***47***
17	Figura de un Filtro HEPA Convencional.	***51***
18	Figura de un Sistema de Purificación de Aire de Tres Filtros.	***51***
19	Imagen Endoscópica de una Colangiopancreatografía Retrógrada Endoscópica con Extracción de Cálculos en el Colédoco.	***62***
20	Esquema del principio de funcionamiento de un Litotritor Intracorpóreo Electrohidráulico.	***63***
21	Diagrama de Bloques de un Litotritor Electrohidráulico Intracorpóreo.	***66***

22	Imagen del Litotritor Electrohidráulico Intracorpóreo Calcutript de Karl Storz.	***69***
23	Imagen del Litotritor Electrohidráulico Intracorpóreo Riwolit de Richard Wolf.	***69***
24	Diagrama de Bloques de un Litotritor Ultrasónico Intracorpóreo.	***73***
25	Imagen del Litotritor Ultrasónico Intracorpóreo LUS-2 de Olympus.	***76***
26	Imagen del Litotritor Ultrasónico Intracorpóreo 2271 de Richard Wolf.	***76***
27	Imagen del Litotritor Ultrasónico Intracorpóreo CALCUSON de Karl Storz.	***77***
28	Diagrama Explicativo de la Emisión de Fotones en Medios Láser.	***82***
29	Diagrama de Bloques de un Láser Médico en General.	***88***
30	Imagen de un Láser de Holmio de 30 Watts OmniPulse Jr de Trimedyne Inc.	***92***
31	Imagen de un Láser de Holmio de 80 Watts OmniPulse MAX de Trimedyne Inc.	***92***
32	Diagrama de Bloques del Principio Físico de Funcionamiento del Lithoclast.	***94***
33	Diagrama Interno básico de la sonda del Lithoclast.	***96***
34	Figura que compara la sonda del Lithoclast con un sistema sencillo de Transmisión del Momento Lineal.	***96***
35	Imagen del Litotritor Pneumático Intracorpóreo Swiss Lithoclast de EMS.	***97***
36	Imagen del Litotritor Pneumático Intracorpóreo CALCUSPLIT de Karl Storz.	***97***
37	Figura que muestra el procedimiento de Nefrolitotomía Percutánea Endoscópica.	***98***
38	Figura que muestra las incisiones realizadas en Procedimientos Laparoscópicos de Litiasis Biliar.	***105***
39	Fotografía de un chorro de líquido producido por el colapso de una burbuja en cavitación.	***110***
40	Modelo Geométrico del Generador de Ondas de Choque Electrohidráulico.	***112***
41	Modelo Geométrico de un Generador de Ondas de Choque Electromagnético.	***113***
42	Modelo Geométrico de un Generador de Ondas de Choque Piezoeléctrico.	***114***
43	Estructura de un Generador de Ondas de Choque Electroconductivo.	***115***
44	Figura que representa la Curva Presión Generada versus Tasa de Repetición de Pulsos en Litotritores Extracorpóreos.	***116***
45	Curva de Densidad de Energía en la Piel del Paciente para Litotritores Extracorpóreos.	***118***
46	Imagen del Litotritor Extracorpóreo Modulith SLX de Storz Medical.	***121***
47	Requerimientos mínimos de Área Física para un Litotritor Extracorpóreo Modulith SLX de Storz Medical.	***121***
48	Imagen del Litotritor Extracorpóreo Piezolith 3000 de Richard Wolf.	***123***
49	Requerimientos mínimos de Área Física para un Litotritor Extracorpóreo Piezolith 3000 de Richard Wolf.	***123***
50	Imagen del Litotritor Extracorpóreo Lithostar de Siemens.	***125***
51	Requerimientos mínimos de Área Física para un Litotritor Extracorpóreo Lithostar de Siemens.	***125***

ANEXO 2.
ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla No.	Descripción.	Pág.
	CAPÍTULO III.	
1	Tabla comparativa de las diversas metodologías para el diagnóstico de la Urolitiasis	**24**
2	Tabla comparativa de las diversas metodologías para el diagnóstico de la Litiasis Biliar.	**27**
3	Comparación de metodologías tanto para el diagnóstico de la Litiasis Renal y Biliar.	**29**
	CAPITULO IV.	
4	Instrumental Quirúrgico empleado en cirugía abierta para Urolitiasis y Litiasis Biliar.	**43**
5	Tabla comparativa de los Litotritores Intracorpóreos Electrohidráulicos en el mercado.	**69**
6	Tabla comparativa de los Litotritores Intracorpóreos Ultrasónicos en el mercado.	**76**
7	Clasificación de la Radiación Electromagnética.	**79**
8	Clasificación Física de los medios Láser.	**83**
9	Tabla comparativa de los Equipos Láser de Holmio a diferentes Potencias	**91**
10	Tabla comparativa de los Litotritores Intracorpóreos Pneumáticos en el mercado.	**97**
11	Tabla de Estancia Hospitalaria Promedio e Incapacidad Promedio sin complicaciones para Urolitiasis y Litiasis Biliar.	**103**
12	Comparación de la Zona Focal de Litotritores Comerciales.	**117**
13	Dimensiones en metros del Sistema de Focalización de Generadores de Ondas de Choque.	**117**
	CAPITULO V.	
14	Tabla De Precios Promedio de Equipamiento para una Sala de Operaciones Estándar.	**132**
15	Tabla de costos de Atención Hospitalaria en el Hospital Nacional Zacamil.	**137**
16	Tabla de costos de Atención Hospitalaria en el Hospital Nacional Rosales.	**140**

CAPÍTULO VI.

17	Tabla Estadística de Morbilidad Hospitalaria en Hombres por Litiasis Biliar en el Sistema de Salud Mexicano para el año 2,000.	**150**
18	Tabla Estadística de Morbilidad Hospitalaria en Mujeres por Litiasis Biliar en el Sistema de Salud Mexicano para el año 2,000.	**150**
19	Perfil de Morbi-Mortalidad Institucional Enero-Diciembre de 1,999 del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de El Salvador.	**151**
20	Perfil de Morbi-Mortalidad Institucional Enero-Diciembre del 2,000 del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de El Salvador.	**151**

ANEXO 3.
NIVELES RECOMENDADOS DE ILUMINANCIA HORIZONTAL EN DIFERENTES PAÍSES DEL MUNDO.

HOSPITALES										
	Argentina	**Australia**	**Austria**	**CE**	**Brasil**	**China**	**República Checa**	**Dinamarca**	**Finlandia**	**Francia**
áreas comunes	100	240	200	500	75-150	50-200	50-100	200	-	100
habitaciones con pacientes	100	-	100	150	100-300	150	100-200	50-200	50-100	50-100
sala de operaciones	700	500	1000	300	300-750	-	1000-2000	-	1000-2000	300-1000
mesa de operaciones	15000	-	20000-100000	10000-50000	10000-20000	-	10000-20000	-	30000-75000	20000-100000
	Ex URSS	**Japón**	**México**	**Holanda**	**Suecia**	**Suiza**	**UK**	**USA**		
áreas comunes	500-750-1000	300-500	300-1500	900	500	500	300-500	300		
habitaciones con pacientes	100-150-200	200	150-300	60	200	150	300	30-50		
sala de operaciones	50-75-100	100-300	100-200	60-200	150	150	100-300	30-50		
mesa de operaciones	-	20000-100000	20000	14000	100000	-	10000	10000-50000		

Nota: Todos los valores representan una intensidad de luz medida en LUX.

Tabla obtenida de:

"**RECOMENDACIONES DE NIVELES DE ILUMINACIÓN EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES. UNA COMPARACIÓN INTERNACIONAL", Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)- Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA) CRICYT-CONICET. Argentina.**

Autor: Andrea Pattini. 2000.

ANEXO 4.

Espectro Electromagnético.

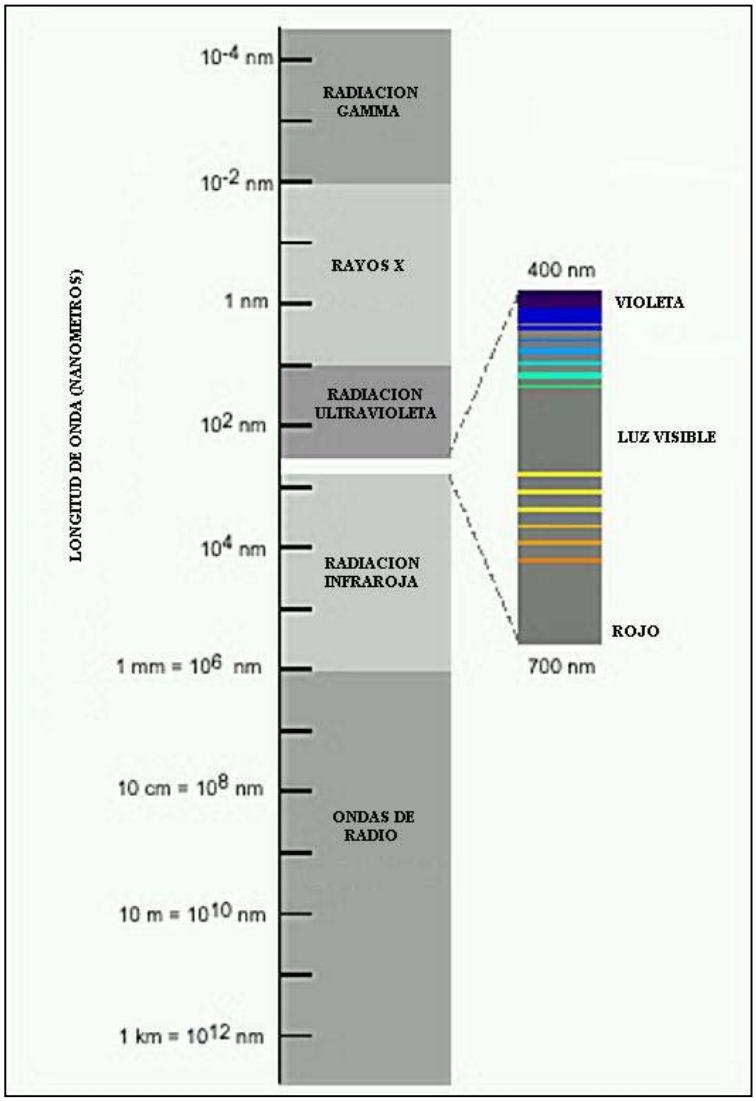


Imagen que representa al espectro electromagnético con sus divisiones.

Los equipos que utilizan tecnologías Láser se pueden ubicar dentro de los rangos de radiación ultravioleta y radiación infrarroja.

Una de las características de un Haz Láser es que es monocromático, es decir que solamente genera una longitud de onda

Cada longitud de onda posee características específicas y sus interacciones con el tejido humano y con los cálculos variarán de acuerdo a dichas características y a la potencia.

ANEXO 5.

Resumen de Características de las Diferentes Tecnologías para el Tratamiento y Eliminación de Cálculos Renales.

	LEH	Ultrasonido	Pneumático	Holmio Láser	ESWL
Tipo de Procedimiento Quirúrgico.	Endoscópico, Mínimamente Invasivo.	Endoscópico, Mínimamente Invasivo.	Endoscópico, Mínimamente Invasivo.	Endoscópico, Mínimamente Invasivo.	No Invasivo. Totalmente Extracorpóreo
Tipo de Sonda y Vaina Endoscópica	Flexible	Rígido y nueva tecnología Semirígida.	Rígido y Semiflexible	Semiflexible	No utiliza sonda ni Vaina Endoscópica
Tecnología empleada para Generación de Onda de Choque	Descarga eléctrica de una bujía. Utiliza tanto la onda de choque de la explosión y el efecto de cavitación derivado de dicha explosión para fragmentar el cálculo.	Generación y Transmisión de Energía Vibratoria Ultrasónica por Piezoeléctrico y el contacto directo de un sonotrodo sobre el cálculo, resultando en la pulverización de éste.	Transmisión de la energía por medio del contacto directo de la sonda a el cálculo. A diferencia del Electromecánico, utiliza presión de aire para impulsar un pistón que golpea la punta de la sonda que a su vez golpea al cálculo.	Utiliza Energía radiante concentrada en un haz láser. La luz láser es monocromática, a 2,100 nm (Infrarrojo) y provoca efectos de fragmentación del cálculo por la evaporación instantánea en éste y el efecto de cavitación.	Utiliza ondas de choque enfocadas para producir el efecto de cavitación y compresión mecánica. Existen tres tipos de generación de ondas de choque: Electrohidráulico, Piezoeléctrico y Electromecánico.
Tipo de Visualización del Cálculo.	Utiliza visualización directa por medio óptico utilizando un endoscopio.	Utiliza visualización directa por medio óptico utilizando un endoscopio	Utiliza visualización directa por medio óptico utilizando un endoscopio	Utiliza visualización directa por medio óptico utilizando un endoscopio	Visualización del cálculo mediante Rayos X, Ultrasonografía o ambas en combinación.

	LEH	Ultrasonido	Pneumático	Holmio Láser	ESWL
Uso de Radiaciones Ionizantes.	Utiliza Fluoroscopia para introducir alambre guía.	Utiliza Fluoroscopia para introducir alambre guía.	Utiliza Fluoroscopia para introducir alambre guía.	Utiliza Fluoroscopia para introducir alambre guía.	Utiliza una o dos fuentes de Fluoroscopia para ubicar al cálculo en el foco de las ondas de choque.
Vida útil de la Sonda o Generador	Sondas Descartables con costo aproximado de $200.00	Sondas Reusables y Autoclavables de Diferentes Diseños y Tamaños. Sondas con precio moderado.	Sonda Reusable, desarmable y Esterilizable. Larga vida útil. Sondas de alto costo.	Sondas Reusables y Esterilizables de diversos tamaños y grosores. Aproximadamente $600.00 por sonda.	Generadores de Onda de Choque Piezoeléctricos son Reusables y de muy larga vida útil. Es el mas costoso. Generadores de Onda de Choque Electrohidráulico son de corta vida útil. Bujías deben cambiarse casi por paciente. Costo de $100 c/u. Generadores de Onda de Choque Electromecánico son Reusables y de larga vida útil. Soportan aproximadamente 500,000 de choques.

	LEH	Ultrasonido	Pneumático	Holmio Láser	ESWL
Limitaciones Anatómicas	Se puede trabajar en cualquier parte del tracto urinario siempre y cuando la anatomía sea normal.	Se puede trabajar en vejiga y ureter inferior. Por PNL se pude utilizar en el riñón.	Se puede trabajar en cualquier parte del tracto urinario siempre y cuando la anatomía sea normal.	Se puede trabajar en cualquier parte del tracto urinario siempre y cuando la anatomía sea normal.	Se trabaja en base a tamaño del cálculo (>2 cm) y su ubicación. No efectiva en pacientes obesos. No se puede aplicar en pacientes con tracto urinario estrecho, neovejiga o cuadraplejía. Tampoco se aplica a pacientes con problemas vasculares.
Resultados de Fragmentación.	Fragmentos pueden ser grandes y necesitar sondas urinarias para su desalojo.	Debido a la pulverización del cálculo y al sistema de aspiración, es menor el problema de fragmentos residuales.	Fragmentos pueden ser grandes y necesitar sondas urinarias para su desalojo.	Debido al efecto de "taladro" ejercido sobre el cálculo, sus fragmentos son fáciles de evacuar	Puede haber fragmentación residual del cálculo que requiera mas aplicaciones o el uso de otro tipo de tecnología.
Peligros Resultantes al uso de la Tecnología.	Puede perforar el uréter o producir quemaduras debido a la chispa y la onda de choque. Es el método con mayores probabilidades de accidentes.	Puede provocar quemaduras por sobrecalentamiento si no es utilizado flujo de líquido a través del sonotrodo. La pieza puede romperse en el interior si llega a calentarse demasiado. Presenta problemas muy raramente.	No provoca daños en el tejido siempre y cuando se aplique directamente al cálculo	Por su longitud de onda, su profundidad de penetración es de 0.4 mm. No produce efectos en ninguna estructura anatómica siempre y cuando no se abuse de su aplicación directa a un mismo lugar del tejido.	Puede provocar diversas reacciones si no se aplica correctamente: moretes en la zona de contacto del generador, rotura de pequeños vasos en el riñón. Aumento instantáneo de la presión en el sistema cardiovascular.

	LEH	Ultrasonido	Pneumático	Holmio Láser	ESWL
Costos del Equipo	Promedio de $20,000.00	Promedio de $25,000	Promedio de $30,000.00 con tendencia a la baja	Promedio de $150,000 con tendencia a la baja.	Costos variables de acuerdo a la tecnología, que van desde los $100,000 hasta $500,000.00
Aplicaciones	Aplicaciones para Litiasis Renal, Litiasis Salival.	Litiasis Renal	Litiasis Renal	Dermatología y Cirugía Plástica. *Discectomía Lumbar Percutánea*. Cirugía Gastroenterológica/ Gastrointestinal. *Cirugía General.* Cirugía Genitourinaria. *Cirugía Ginecológica.* Litotricia y Litotricia Urinaria Percutánea. *Cirugía Ortopédica.* Cirugía Otorrinolaringológica (ENT). *Angioplastía Periférica.*	Litiasis Renal, Litiasis Biliar, Aplicaciones Ortopédicas. Terapia Ósea. Algunos equipos se pueden ser utilizados para cálculos salivales.
Requerimientos de Anestesia.	Requiere Anestesia Total.	Requiere Anestesia Total.	Requiere Anestesia Total.	Requiere Anestesia Total.	Requerimientos de anestesia según la persona. Las nuevas tecnologías no requieren el uso de anestésicos.

	LEH	Ultrasonido	Pneumático	Holmio Láser	ESWL
Criterios de Hospitalización sin complicaciones	Procedimiento Ambulatorio. Requiere como máximo 1 día de Hospitalización.	Procedimiento Ambulatorio. Requiere como máximo 1 día de Hospitalización	Procedimiento Ambulatorio. Requiere como máximo 1 día de Hospitalización	Procedimiento Ambulatorio. Requiere como máximo 1 día de Hospitalización	Procedimiento ambulatorio. No requiere Hospitalización. Requiere menos de tres horas de recuperación.
Costos de Mantenimiento	Bajos costos de mantenimiento	Bajos costos de mantenimiento. Casi nulos.	Bajos costos de mantenimiento. Casi nulos.	Moderados costos de mantenimiento preventivo debido al tipo de mano de obra y los materiales utilizados. Dependerá mucho del uso que se le dé.	Altos costos de mantenimiento, con un promedio de entre $3,000 y $7,000 al año, dependiendo de su producción.
Portatibilidad	Altamente Portátil. No requiere instalaciones especiales	Altamente Portátil. No requiere instalaciones especiales	Altamente Portátil. No requiere instalaciones especiales	Portatibilidad restringida a lugares con pisos con superficies lisas. No se recomienda su uso interinstitucional. En algunos casos requiere instalación eléctrica especial.	Portatibilidad nula o muy restringida debido a su volumen. Requiere instalaciones especiales y exclusivas
Consumo de Energía	Bajo consumo de energía, en el Rango de los 200 VA.	Bajo consumo de energía, en el Rango de los 200 VA.	Bajo o nulo consumo de energía. Los equipos pueden ser totalmente pneumáticos, sin conexiones eléctricas.	Moderado consumo de energía, dependerá de la potencia del equipo. Consumo promedio de 5000 VA.	De Moderado a Alto consumo de energía, dependiendo de la tecnología y sus accesorios.

	LEH	Ultrasonido	Pneumático	Holmio Láser	ESWL
Ambiente	Se utiliza en ambientes quirúrgicos, específicamente en salas de operaciones para procedimientos endoscópico	Se utiliza en ambientes quirúrgicos, específicamente en salas de operaciones para procedimientos endoscópico	Se utiliza en ambientes quirúrgicos, específicamente en salas de operaciones para procedimientos endoscópico	Se utiliza en ambientes quirúrgicos, específicamente en salas de operaciones para procedimientos endoscópico	No requiere ambiente quirúrgico. Las nuevas tecnologías pueden ubicarse dentro de la sala de operaciones debido a que están provistas de mesas y equipos radiológicos que permiten realizar procedimientos Endoscópicos.
Migración de Cálculos.	Baja tasa de migración de Cálculos	Baja tasa de migración de cálculos	Alta tasa de migración de cálculos	Mínima tasa de migración de cálculos	No se tiene información al respecto.
Tasa de Efectividad a la Primera Aplicación.	90-100%	90-100%	90-100%	90-100%	70%-90%
Requerimientos de Capacitación técnica y clínica	Baja	Baja	Baja	Altos	Altos
Posibilidades de Actualización	Bajas Posibilidades	Bajas Posibilidades.	Bajas Posibilidades.	Altas Posibilidades	Altas Posibilidades.
Normativas a cumplir.	IEC 601-1 IEC 601-2	IEC 601-1	IEC 601-1	IEC 601-1	IEC 601-1