



**Sistema de Gestión Integral**  
Carta de autorización de publicación de  
proyecto de estadía

Código	R4I4PSGO01
Versión	02

DISEÑO DE GUÍAS MECÁNICAS EN 3D Y VR, DE EQUIPOS MÉDICOS DEL SERVICIO  
DE IMAGENOLÓGÍA, DEL NUEVO HOSPITAL GENERAL LEÓN.

**REPORTE DE ESTADÍA**

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA ACREDITAR LA ASIGNATURA DE  
ESTADÍA

Ingeniería Biomédica

Presenta:

José Rubén Ruíz Sánchez

AUTORIZA PUBLICACIÓN POR MEDIOS IMPRESOS Y/O ELECTRÓNICOS:

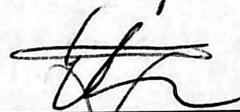
Asesor de la empresa  
o institución:

  
C.P. Emma Patricia Guillén Gasca

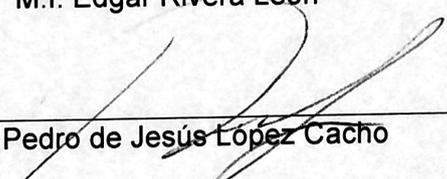
Presidente:

  
M.C. Juana Lizbeth González Casillas

Secretario:

  
M.I. Edgar Rivera León

Vocal:

  
M.I. Pedro de Jesús López Cacho

**“DISEÑO DE GUÍAS MECÁNICAS EN 3D Y VR,  
DE EQUIPOS MÉDICOS DEL SERVICIO DE  
IMAGENOLÓGÍA, DEL NUEVO HOSPITAL  
GENERAL LEÓN”**

**PARA ACREDITAR LA ASIGNATURA DE ESTADÍA:**

Ingeniería Biomédica

Presenta:

José Rubén Ruíz Sánchez

14030058

Asesor:

M.C. Juana Lizbeth González Casillas

Silao de la Victoria, Guanajuato, 18 de Agosto 2019.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi familia, amigos, asesora, docentes, universidad y a la Dirección de Planeación y Desarrollo.

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente documento se describe el proyecto de estadía titulado; Diseño de guías mecánicas en 3D y VR, de equipos médicos del servicio de Imagenología del nuevo Hospital General León (NHGL) realizado en la Dirección de Ingeniería Biomédica (DIB) dentro del Departamento de Equipamiento Médico (DEM) de la Secretaría de Salud del Estado de Guanajuato (SSAEG).

El Departamento de Equipamiento Médico es el encargado de la adquisición, puesta en marcha y capacitación de la tecnología médica para las unidades médicas pertenecientes a la SSAEG, las cuales son las encargadas de proveer de la mejor atención médica a toda la población en general y afiliados al Seguro Popular en el Estado de Guanajuato.

A partir del 22 de julio del 2019 se llevó a cabo la puesta en marcha del proyecto más grande en salud en el Estado de Guanajuato, el Nuevo Hospital General León el cual es un hospital que cuenta con 250 camas censables y ofrece una gran cantidad de servicios a la población. Específicamente se hablará del servicio de Imagenología, el cual se conforma por dos salas de Rayos X, una sala de Fluoroscopia, una sala de Mastografía, una sala de Tomografía y una sala de Hemodinamia (Angiografía).

Cuando se crea una unidad médica o se hace una ampliación de servicios en alguna ya existente, la Dirección de Ingeniería Biomédica proporciona un documento llamado Guía Mecánica genérica (GM) a la Dirección de Infraestructura (DI), el cual especifica las condiciones constructivas, ambientales y eléctricos, así como planos de arquitectónicos para los espacios en donde será instalada la tecnología médica.

Durante las visitas al servicio de Imagenología, en el lapso del 10 al 28 de junio del 2019 previo a la puesta en marcha de la tecnología médica se detectaron inconsistencias en lo solicitado en las guías mecánicas de la tecnología médica respecto a lo ejecutado en las salas por parte de la empresa contratista.

Por lo que se realizó un prototipo del diseño de cada sala del servicio de Imagenología del NHGL en planos de realidad virtual en un software 3D llamado SKETCHUP para posteriormente ser procesado en otro SKETCHFAB el cual nos entregará el diseño en 3D con vista en realidad virtual como complemento visual a las guías mecánicas de la tecnología médica, con la finalidad de poder generar una proyección de cómo se deseaba que quedaran ejecutadas las salas por parte de la empresa constructora y que sirva como estándar para futuras creaciones de salas.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	3
1.1 Antecedentes del proyecto	3
1.2 Planteamiento del problema	5
1.3 Justificación	5
1.4 Objetivos	6
1.4.2 Objetivos particulares:	6
1.5 Alcance	7
1.6 Cronograma de actividades	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	12
3.1 Generalidades de la empresa	12
3.2 Misión	13
3.3 Visión	13
3.4 Valores	13
3.5 Descripción del área de negocios	13
3.6 Puesto asignado y funciones	14
CAPÍTULO IV. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLADAS	15
4.1 Actividades del Proyecto	15
4.2 Actividades adicionales	18
CAPÍTULO V. RESULTADOS OBTENIDOS	20
.	48
CAPÍTULO VI. ALCANCES Y LIMITACIONES.	52
6.1 Alcances	52

6.2 Limitaciones	52
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de flujo de proyecto	- 17 -
Figura 2 – Comparativo de GMS de equipo de Tomografía.	- 20 -
Figura 3 – Extracción de muestras de concreto estructural de sala de Hemodinámia	- 21 -
Figura 4 – Espacio designado para instalar UPS y banco de baterías del Angiógrafo	- 22 -
Figura 5 - Instalación mecánica del Angiógrafo	- 23 -
Figura 6 – Instalación mecánica del Fluoroscopio	- 24 -
Figura 7 – Primer procedimiento de fluoroscopia con paciente	- 25 -
Figura 8 – Condiciones iniciales en la sala de Mastografía	- 26 -
Figura 9 – Desinstalación de Mastógrafo en viejo Hospital General León (20 de Enero)	- 27 -
Figura 10 – Mastógrafo y accesorios ya puestos en la sala de mastografía en el NHGL	- 28 -
Figura 11 – Interruptor termomagnético sin bajada de cables en salas de Rayos X	- 29 -
Figura 12 - Equipo de Rayos X ya en funcionamiento	- 30 -
Figura 13 – Equipo de Tomografía en el viejo Hospital General León (20 de enero)	- 31 -
Figura 14 – Sala de Tomografía en NHGL.	- 32 -
Figura 15 – Vista del cuarto de disparo de Tomografía ya con el equipo instalado en NHGL	- 33 -
Figura 16 – Diseño en 3D de la sala de Hemodinámia.	- 34 -
Figura 17 – Distribución espacial del Angiógrafo e inyector de medios de contraste	- 35 -
Figura 18 – Vista desde el cuarto de disparo de la sala de Hemodinámia	- 36 -
Figura 19 - Diseño de sala de Fluoroscopia.	- 37 -
Figura 20 – Distribución espacial del inyector de medios de contraste y equipo de fluoroscopia-	38 -
Figura 21 – Diseño de sala de Mastografía	- 39 -
Figura 22 – Distribución espacial del equipo de Mastografía..	- 40 -
Figura 23 – Diseño de salas de Rayos X	- 41 -
Figura 24 – Distribución espacial del equipo de Rayos X	- 42 -
Figura 25 – Vista desde el cuarto de disparo de las salas de Rayos X	- 43 -
Figura 26 – Diseño de sala de Tomografía	- 44 -

Figura 27 – Distribución espacial del equipo de Tomografía..	- 45 -
Figura 28 – Vista desde el cuarto de disparo de la sala de Tomografía.	- 46 -
Figura 29 – Renderizado del diseño 3D del servicio de Imagenología del NHGL.	- 47 -
Figura 30 – Posicionamiento de cámara para poder obtener la visualización VR	- 48 -
Figura 31 – Seccionamiento de sala de Tomografía	- 49 -
Figura 32 – Vista de realidad virtual dentro de la sala de tomografía.	- 50 -

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<i>Tabla 1. Cronograma de Actividades.</i>	-7-
--	-----

## INTRODUCCIÓN

La Secretaría de Salud del Estado de Guanajuato (SSAEG) tiene la tarea de proveer de la mejor atención a los guanajuatenses dentro de sus unidades médicas a lo largo del estado, dentro de sus diferentes niveles de atención; por lo que es necesario brindar de la mejor tecnología para poder otorgar los mejores diagnósticos y tratamientos para los pacientes que lo necesiten, además es de vital importancia proveer de nuevos servicios a las unidades que lo estén requiriendo, esto debido a la demanda que se tiene de acuerdo a la población, es decir existen unidades en las cuáles brindan atención primaria o elemental (unidades de primer nivel) y las instituciones de segundo nivel de atención cómo Hospitales Generales que son centros de atención más especializados, que cuentan con la capacidad de brindar una mayor cartera de servicios y mayor número de camas para poder atender a mayor número de población.

El Nuevo Hospital General de León (NHGL) se creó con la finalidad de reubicar las instalaciones que se encontraban en la calle 20 de enero de la colonia Obregón en el centro de la ciudad de León, ya que las instalaciones se encontraban rebasadas en capacidad de atención a los pacientes y la infraestructura del hospital se encontraba en malas condiciones. Se realizó un trabajo en conjunto por parte de varias dependencias gubernamentales para poder llevar a cabo con éxito la creación de este proyecto.

El trabajo en conjunto que se tiene por parte de la Dirección de Ingeniería Biomédica (DIB) y la Dirección de Infraestructura (DI) (ambas direcciones pertenecientes a la Secretaría de Salud) se lleva a la par por afinidad de actividades que se deben de ir trabajando de manera simultánea y ya que una depende de la otra para poder llevar a cabo de manera satisfactoria la correcta ejecución de proyectos en la salud, cómo son las ampliaciones de servicios y creación de nuevas en las unidades médicas del estado de Guanajuato.

Por lo que emplear nuevas herramientas para complementar las actuales nos ayudará a eficientar diferentes procesos y maneras de trabajar, ya que se han identificado malas ejecuciones por parte de las empresas contratistas dentro de los espacios dónde se instala la tecnología médica y es por eso que en éste proyecto llamado “Diseño de Guías mecánicas en 3D y VR, de los equipos médicos del servicio de Imagenología del Nuevo Hospital General León” se hablará de los beneficios que aporta cómo complemento visual de análisis de las guías mecánicas de la tecnología médica del servicio de Imagenología y el impacto que tendrá al aplicarlo para la construcción de nuevas unidades médicas y ampliaciones de servicios en las unidades médicas ya existentes dentro del estado de Guanajuato.

## **CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1 Antecedentes del proyecto**

El inicio del proyecto más grande de salud en infraestructura del estado de Guanajuato inició trabajos de construcción en enero del año 2016, el cual cuenta con 40,696 metros cuadrados siendo el Hospital más grande del estado, éste Hospital se recibe por parte de la empresa constructora PyCSUR (Proyectos y Construcciones Sur) a finales de junio del 2019 , estando disponible para equipar todos los espacios del mismo y poder poner a prueba todos los sistemas del edificio , previo a su puesta en marcha con personal y pacientes.

Para la creación de un proyecto de infraestructura tal como lo es el NHGL es necesario la coordinación de trabajos de diferentes dependencias gubernamentales tales como: Secretaría de Infraestructura, Conectividad y Movilidad del estado de Guanajuato (SICOM), la Dirección General de Administración (DGEA) y la Dirección General de Planeación y Desarrollo (DGPYD) en la que se encuentra la DIB y la DI.

La creación de los espacios donde será instalada la tecnología médica dentro del NHGL requiere la utilización de guías mecánicas (GM), la DIB proporcionó a la DI las GM para los equipos que requieren condiciones físicas, ambientales y estructurales del espacio, en dimensiones, conexiones de voz, datos, eléctricas, de protección en caso de que requiera, ubicación física de los equipos que serán instalados, componentes, sistemas de enfriamiento del área, iluminación; así como el sistema de energía ininterrumpida; a la vez, la DI proporcionó a SICOM las GM para poder supervisar los espacios que se ejecutaron por parte de la empresa contratista. Esto con el fin de poder tener los espacios adecuados para una mejor conservación de la tecnología médica y una mejor gestión de la misma.

Una vez que se llevaron a cabo las visitas al NHGL en acompañamiento del personal de la DI y proveedores de la tecnología médica para verificar la ejecución de los requerimientos solicitados en GM desde la segunda semana de junio del 2019 hasta la puesta de la tecnología médica, y se detectaron inconsistencias entre las guías mecánicas de la tecnología médica del servicio de Imagenología del NHGL y los trabajos ejecutados por parte de la empresa contratista, tales como:

- 1) La mala ejecución de la instalación eléctrica del interruptor termomagnético, se detecta la falta de entradas y salidas de cables en la sala 1 y 2 correspondientes a Rayos X simples, de igual manera en la sala de Rayos X estudios especiales (Fluoroscopia).
- 2) Las dimensiones y ubicación de las ventanas correspondientes a las salas mencionadas en el punto anterior, así como la sala de Tomografía y la sala de Hemodinamia (Angiografía), pero no se cuenta con un rango de visión efectiva para los profesionales de la salud (técnicos radiólogos o médicos radiólogo) ya que las ventanas con el vidrio plomado se encuentran pequeñas y mal ubicadas.
- 3) Se detectó que, en la sala de Mastografía, la puerta de acceso no se encontraba con la protección radiológica (Baritado de plomo), se detectó una columna estructural en el vestidor y la falta de un mini Split.
- 4) En la sala de Tomografía y Hemodinamia se detectó la falta de tierra física independiente para el equipo (se entregan tierras físicas aislada pero homologada a la malla perimetral de tierras).
- 5) En la sala de Hemodinamia (Angiografía) se detectó la falta de charola tipo escalerilla para cableado de conexión entre gabinetes de control y el cuarto de disparo, así como

la necesidad de emplear un espacio fuera de la sala para conexión de banco de baterías y ups.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La Dirección de Ingeniería Biomédica elabora las guías mecánicas genéricas que son proporcionadas a la Dirección de Infraestructura para la creación de salas dónde se requieren condiciones especiales de construcción para la tecnología médica en las unidades médicas. Sin embargo en éstas guías mecánicas no siempre queda claro el contenido tanto para el personal que ejecuta, supervisa e incluso para la proveeduría que ofertará la tecnología médica en los diferentes procesos de compra, ya que en las visitas realizadas al NHGL para supervisar lo requerido en GM y lo ejecutado por parte de la empresa contratista se encontraron inconsistencias, es decir trabajos mal ejecutados, por lo que se consideró necesario tener un complemento visual a las guías mecánicas actuales para así poder plasmar la proyección que tiene la SSAEG de sus espacios para la tecnología médica que así lo requiera para que se pueda tener en las mejores condiciones y tener una correcta gestión de la misma.

## **1.3 Justificación**

Se detectó la necesidad de tener un complemento visual a las guías mecánicas actuales con las que trabaja la Secretaría de Salud del Estado de Guanajuato, para poder proyectar en realidad virtual éstos espacios; lo que podrá tener un impacto positivo en la proyección de la construcción, supervisión y la visión a la que se adaptaría el personal de construcción, así como el demás personal de la salud.

## **1.4 Objetivos**

### 1.4.1 Objetivo General

Diseñar las guías mecánicas en 3D y VR de los equipos médicos del servicio de Imagenología del Nuevo Hospital General León

### 1.4.2 Objetivos particulares:

1. Analizar guías mecánicas a ejecutar.
2. Visitar hospital y revisar las salas de Imagenología.
3. Diseñar guías mecánicas en software 3D.
4. Procesar el diseño elaborado en el software 3D para poder llevarlo a planos de realidad virtual.
5. Supervisar y revisar la instalación mecánica, puesta en marcha y capacitaciones de la tecnología médica.
6. Coordinar la reubicación de tecnología médica del viejo Hospital General León al NHGL.

## 1.5 Alcance

El alcance de éste proyecto es el diseño elaborado en 3D y realidad virtual cómo complemento de análisis y visual de las guías mecánicas genéricas actuales de la tecnología médica de las salas del servicio de Imagenología del Hospital General León.

## 1.6 Cronograma de actividades

A continuación, se muestra en la Tabla 1, el cronograma de actividades que se realizaron en el presente proyecto, en el cual se muestra el tiempo estipulado para el cumplimiento de los objetivos.

*Tabla 1. Cronograma de Actividades*

ACTIVIDADES	Duración del desarrollo del proyecto por semana (2019)															
	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Analizar las guías mecánicas a ejecutar.			■	■	■											
Visitar al hospital y revisión de salas						■	■	■								
Diseñar de guías mecánicas en software 3D.									■	■	■					
Procesar del diseño elaborado en el software 3D para poder llevarlo a planos de realidad virtual.													■	■	■	

*Nota: Elaboración propia*

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Para la creación de una unidad médica y que su infraestructura sea correctamente ejecutada es necesario contar con diferentes profesionales de la salud que puedan aportar a su ejecución ya que es un proyecto tan grande que abarca ramas como : Ingenierías civil, mecánica, eléctrica, hidráulica, electromecánica y biomédica; así como arquitectos, con el objetivo de que todos en conjunto puedan ejecutar correctamente los suministros de agua, electricidad, aire, oxígeno, sistemas de alarmas y de respaldos de los suministros así como los requisitos constructivos de los diferentes espacios ya que es necesario definir los requerimientos del equipamiento y tecnología médica que se utilizará de acuerdo a las necesidades operativas deberá ser identificada dentro de la NOM-016-SSA3-2012 (ANEXO 1) .

El servicio de Imagenología se encuentra dentro del área de auxiliares de tratamiento y forma parte de ésta área ya que como se menciona en el punto 1.2 del módulo 4. Diseño de unidades para la salud del diplomado en arquitectura para edificios de atención médica “por sus características, funciones y especialidades, establecen contacto con el paciente, para atender, prevenir, diagnosticar y establecer un tratamiento a las enfermedades y padecimientos. La especialidad dependerá del rango de la Unidad Médica.” (ANEXO 9)

El servicio de Imagenología es un servicio dentro de la unidad médica en un área accesible para los pacientes que proceden de los servicios de consulta externa y urgencias, así como de las áreas de hospitalización, evitando cruces de las circulaciones técnicas con las del público pacientes y usuarios que tiene que tener cierto mobiliario para su correcta operatividad y poder generar así su función que es obtener diagnósticos y procedimientos quirúrgicos mediante la radiación ionizante que emite la tecnología médica y así los profesionales de la salud otorguen una mejor atención a los pacientes.

Para la creación del servicio de Imagenología del NHGL es necesario de proveer sistemas hidráulicos (para sanitarios, mini Split, tarjas, lavabos), sistemas mecánicos (Unidades manejadoras de aires) sistemas eléctricos (Suministro de energía eléctrica a los equipos médicos, así como su sistema de protección (planta de emergencia).

Como se menciona en el punto 2.1 del módulo 4. Diseño de unidades para la salud del diplomado en arquitectura para edificios de atención médica “ Se define [JRRS1] como preinstalación a todas las consideraciones de tipo técnico que deberán tomarse en cuenta durante la elaboración del proyecto y durante la ejecución de la obra, previa a la colocación del equipo o mobiliario. Estas podrán ser de tipo espacial, de instalación o de consumo.”(ANEXO 9)

La parte de la Ingeniería Biomédica es muy importante en la creación de este servicio ya que forma parte de la adquisición de los bienes que se emplearán en el servicio , así como la revisión técnica de la tecnología médica en los diferentes procesos de compra y la revisión de la infraestructura del servicio ya que se cuentan con salas con requerimientos especiales para su construcción , por lo que referente a la norma NOM-229-SSA1-2002 (ANEXO 2) los espacios deben ser ejecutados con lo solicitado como seguridad radiológica hacia los pacientes y personal operativo ya que se trabaja con tecnología médica con generadores de radiación ionizante y si es por eso que en el punto 5.2.3 establece que “las dimensiones y accesos de una sala de rayos X estarán de acuerdo a la guía mecánica del fabricante por equipo de rayos X y suficientes para manejar con seguridad a pacientes en camilla o en silla de ruedas” por lo que la SSAEG cumple de acuerdo a lo señalado ya que la DIB elabora sus propias GM de la tecnología médica del servicio de Imagenología del NHGL, con base en la investigación de toda la normativa aplicable, así como el análisis de las GMS genéricas de la tecnología actual en el mercado con el fin de poder plasmar en la GM de la DIB los requerimientos mínimos para la construcción de las salas con la certeza de que la tecnología médica actualmente en el mercado pueda ser instalada en las salas y se pueda obtener con

esto una mejor gestión de la tecnología médica , así como seguridad para para el personal y pacientes.

En las guías mecánicas, se indican las condiciones físicas (distancias, espesores, distribución espacial), ambientales (temperatura, humedad) y estructurales (resistencia del concreto estructural) del espacio, conexiones de voz (nodos de conexión), datos (nodos de conexión), eléctricas (cableado de alimentación, cableado de sistemas de protección, tierras independientes de la malla perimetral de tierras), por lo que referente a la norma NOM-001-SEDE-2012 (ANEXO 3) los espacios con instalación eléctrica deben de contar con un proyecto eléctrico y es por eso que en el punto 4.4.1.1 establece que “la construcción[JRRS2] de instalaciones eléctricas debe ejecutarse por personas calificadas y con productos aprobados. El equipo eléctrico debe instalarse de acuerdo con sus instrucciones de instalación ” por lo que la SSAEG cumple de acuerdo a lo señalado ya que la DIB con base en la investigación de la tecnología médica más reciente del mercado establece los requerimientos mínimos eléctricos requeridos por los fabricante, para así tener seguridad en las instalaciones eléctricas con la tecnología médica, de protección (radiaciones ionizantes, eléctrica) en caso de que requiera el espacio, ubicación física de los equipos que serán instalados, componentes, sistemas de enfriamiento del área (UMA y minisplit), iluminación (luminosidad en la sala y el tipo de controlador) y así cómo el sistema de energía ininterrumpida (planta de energía).

Una vez que se tiene toda la información se emite la guía mecánica en la que sus planos unifilares y arquitectónicos se diseñan en el software AUTOCAD y se proporciona a la DI, así como para la proveeduría que participó en los procesos de compra en los cuales se adquirió la tecnología necesaria para la equipar el servicio de Imagenología del Nuevo Hospital General de León.

Todos éstos cálculos impactan directamente en la construcción de los espacios designados para los estudios que se llevarán a cabo, y una vez que se cuenta con toda ésta información, es posible desarrollar el diseño en una alternativa diferente para poder observar a detalle los

espacios, es por eso que se ha desarrollado el diseño en el software SKETCHUP, para posteriormente una vez obtenido el diseño del servicio de Imagenología del Nuevo Hospital General de León con las adecuaciones necesarias , se procesa el diseño en otro software para poder pasar el diseño realizado en realidad virtual, por lo que con éste [diseño\[JRRS3\]](#)<sup>[LG4]</sup> podemos obtener la proyección de las salas del servicio de Imagenología del Nuevo Hospital General de León y poder profundizar en detalles.

## **CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

### **3.1 Generalidades de la empresa**

La DGPLADES del Estado de Guanajuato, es la dirección que engloba diferentes direcciones y coordinaciones de la SSAEG, dentro de las cuales se ubican:

- Dirección de tecnologías de la información y comunicaciones
- Dirección de Infraestructura
- Dirección de Ingeniería Biomédica
- Dirección de Planeación
- Dirección de Desarrollo Institucional

En esta Dirección se llevan a cabo proyectos de Salud en los cuáles engloba:

- 1) Proveer de las mejores soluciones a los sistemas de telecomunicaciones.
- 2) Coordinar y supervisar las ejecuciones de los trabajos en la ampliación de servicios en las unidades médicas ya existentes o en la creación de nuevas unidades médicas.
- 3) Proveer de la mejor tecnología a las unidades médicas pertenecientes a la SSAEG, atender la solicitud por parte de las unidades médicas en cuánto al mantenimiento del equipamiento médico, así como su correcta gestión.

#### **3.1.1 Nombre: Dirección G de Desarrollo y Planeación**

#### **3.1.2 Razón Social: ISP961122JV5**

#### **3.1.3 Dirección: Blvd Guanajuato #4 , Pozuelos , Guanajuato**

**3.1.4 Teléfono: (473)11 66 040**

**3.1.5 Página Web: [salud.guanajuato.gob.mx](http://salud.guanajuato.gob.mx)**

### **3.2 Misión**

Somos una Dirección responsable de orientar, planear e integrar el modelo estatal de atención en Salud a través de la gestión de Infraestructura, equipamiento médico, tecnologías de información y políticas de desarrollo institucional para responder a las necesidades de la población guanajuatense.

### **3.3 Visión**

Ser una Dirección distinguida por su capacidad de gestión estratégica y eficiente, que responde a las necesidades de nuestras partes interesadas, mediante el uso de herramientas innovadoras con enfoque en la mejora continua, personal competitivo, ético y profesional.

### **3.4 Valores**

Integridad, compromiso, empatía, respeto, lealtad.

### **3.5 Descripción del área de negocios**

La dirección de Ingeniería biomédica del Estado de Guanajuato se encuentra dentro del área de negocios del sector tecnológico de Salud pública por todo el manejo de la tecnología

médica de las unidades del estado de Guanajuato que va desde adquisición, gestión, y mantenimiento.

### **3.6 Puesto asignado y funciones**

Puesto: Soporte administrativo del departamento de equipamiento médico.

Actividades:

- 1) Coordinación de entrega-recepción de bienes a las unidades médicas de las diferentes jurisdicciones del Estado de Guanajuato.
  
- 2) Elaboración de fichas de recepción de bienes.
  
- 3) Participación en procesos de evaluación técnica de diferentes procesos de compra (licitaciones o invitaciones).

## CAPÍTULO IV. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLADAS

### 4.1 Actividades del Proyecto

1. Análisis de guías mecánicas a ejecutar : Se realizó el análisis de las guías mecánicas genérica de la tecnología médica, a ser instalada en el nuevo Hospital<sup>[LG5]</sup> General León dentro del servicio de Imagenología: Unidad Radiológica para estudios de tórax (Rayos X simples) (ANEXO 7), Unidad Radiológica Fluoroscópica con telemando (Fluoroscopio)(ANEXO 6), Mastógrafo(ANEXO 8), Tomógrafo 128 cortes(ANEXO 5), Angiografo Arco monoplanar (ANEXO 4) proporcionadas por la Dirección de Ingeniería Biomédica, en el cual se identifican los requerimientos, distribución espacial de cada equipo médico del servicio de Imagenología y hacer el cotejamiento con las guías mecánicas genéricas de la tecnología proporcionadas por la proveeduría con el fin de tener compatibilidad en sus espacios correspondientes.
2. Visita al hospital y revisión de las salas : Se realizaron las visitas al hospital de la segunda semana de Junio hasta inicios de Julio del 2019 y se revisaron las salas dónde se va a instalar la tecnología médica del servicio de Imagenología, revisando en cada sala que efectivamente se hayan ejecutado los requerimientos plasmados en la guía mecánica genérica para poder tener los espacios adecuados para la tecnología médica haciendo las revisiones con personal de la Dirección de Infraestructura, proveeduría de la tecnología médica, supervisión por parte de la secretaría de Infraestructura, Conectividad y Movilidad, supervisión externa y supervisión por parte de la empresa contratista encargada de ejecución Consorcio PYCSUR para verificar efectivamente todos los requerimientos de las salas mencionadas y poder estar todas las partes conformes con los espacios que se estarían entregando. Durante las visitas que se tuvieron se detectó un avance un 90 % (acabado de pintura en salas, obra civil, sin embargo, con faltante de trabajos eléctricos) en los trabajos ejecutados por parte de la empresa contratista en el servicio de Imagenología; sin embargo se detectan

inconsistencias entre lo solicitado en las GM y lo ejecutado en los espacios, tales como:

- Instalación incorrecta de los interruptores termomagnéticos en las dos salas de rayos X (Estudios simples) y en la sala de fluoroscopia (Estudios especiales), ya que no se hizo la bajada del cableado de alimentación hacia los equipos.
  - Ninguna de las supervisiones contaba con la memoria analítica de la resistencia del concreto estructural de las salas de Hemodinámica y Tomografía en las que se solicitó una resistencia de 250kg/cm<sup>2</sup>. (ANEXO 4 y 5)
3. Diseño de guías mecánicas en software 3D : Se elabora el diseño de las guías mecánicas con la tecnología médica del servicio de Imagenología del NHGL en software 3D SKETCHUP PRO v2018 mostrando un diseño de cada sala dónde se instalará la tecnología médica con la mayor representación posible de los requerimientos solicitados en las guías mecánicas para poder entender el por que son necesarios dichos requerimientos, así como la distribución espacial de los componentes de las salas de la tecnología médica.
  4. Procesamiento del diseño elaborado en el software 3D : Se realizó el procesamiento del diseño elaborado previamente en el software de diseño en 3D SKETCHUP , se migra el diseño elaborado al software de renderizado llamado SKETCHFAB v2018 para poder obtener el render del diseño y después de obtener el render, se localizará dentro desde las salas de la tecnología médica con el fin de poder obtener una imagen en 360° desde la perspectiva de una persona adulta, es decir se obtiene una captura para ser procesada por el software para poder ser mostrada en VR y poder proyectar dicho complemento visual a las guías mecánicas genéricas de la tecnología médica .

En el diagrama 1 se explican los procesos para llevar a cabo éste proyecto[LG6].

El proyecto inicia con el análisis de las guías mecánicas de la tecnología médica del servicio de Imagenología del NHGL por lo que se identifica cada uno de los requerimientos solicitados en los documentos y en caso de no entender totalmente la guía se investiga el requerimiento y se consulta a DI para posteriormente confirmarlo técnicamente con la DIB.

Una vez entendidas las guías mecánicas se llevan a cabo las visitas al servicio de Imagenología del NHGL con el fin de poder confirmar que se haya ejecutado lo establecido en las guías mecánicas y lo ejecutado físicamente, en compañía con personal de la DI, SICOM, PYCSUR y proveeduría de la tecnología médica del servicio de Imagenología del NHGL.

Una vez verificados los espacios y obteniendo evidencias se procede a la elaboración del diseño de las salas en 3D con el fin de poder plasmar lo observado en el Hospital y representarlo de la manera más similar para que posteriormente dicho diseño sea procesado por un software de renderizado con la capacidad de poder obtener una vista completa de las salas en realidad virtual , con el fin de poder dar un complemento visual de la guía mecánica de la tecnología médica del servicio de Imagenología del NHGL.

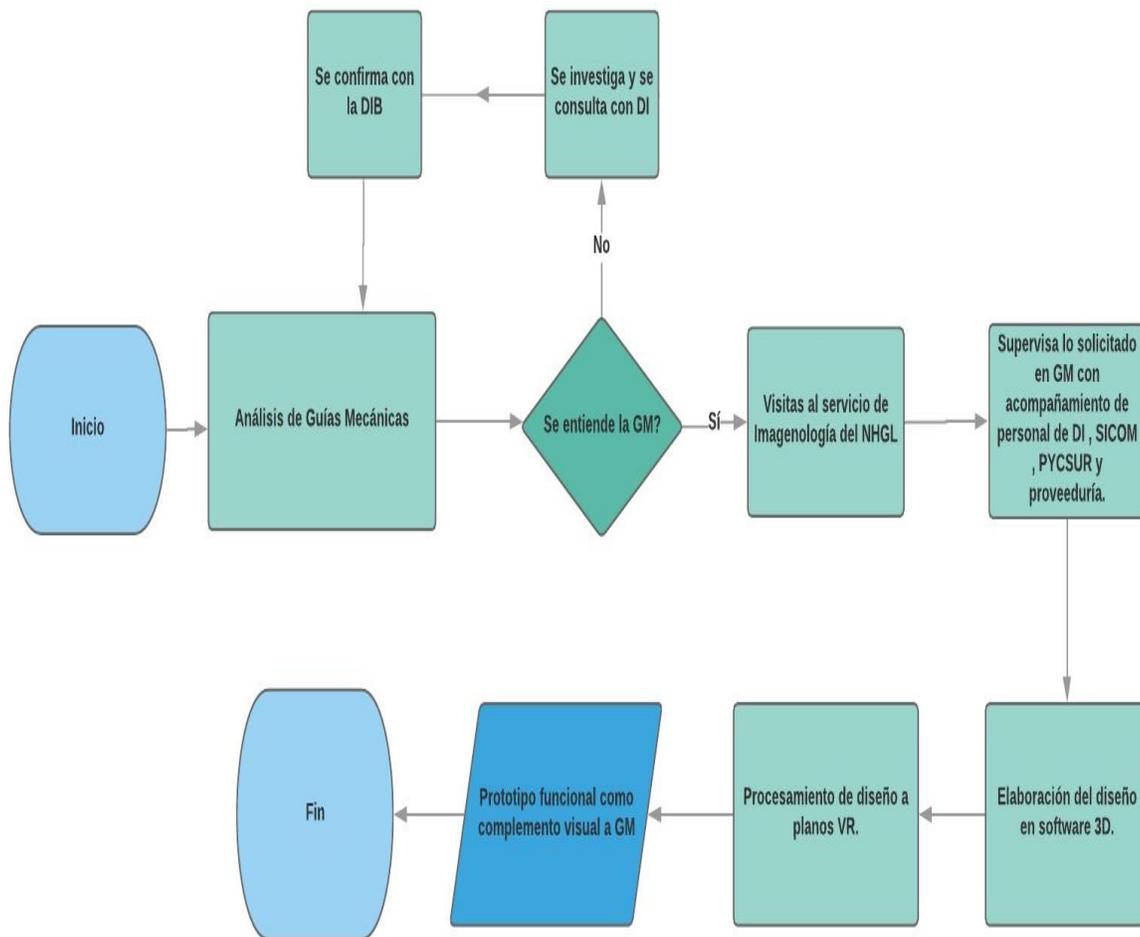


Figura 1 – Diagrama de flujo de proyecto

*Nota: Elaboración propia*

#### 4.2 Actividades adicionales

- Se coordinó y supervisó la ejecución de las instalaciones, puesta en marcha y capacitaciones de la tecnología médica en el servicio de Imagenología.
- Se coordinó y supervisó el espacio de C.E.yE. con la finalidad de identificar los requerimientos de instalación (Agua, Aire, Drenaje, Suministro eléctrico) de los equipos de esterilización (Autoclaves de vapor 450 L (3equipos)), así

como la coordinación de trabajos con el proveedor encargado de instalar, puesta en marcha y capacitación.

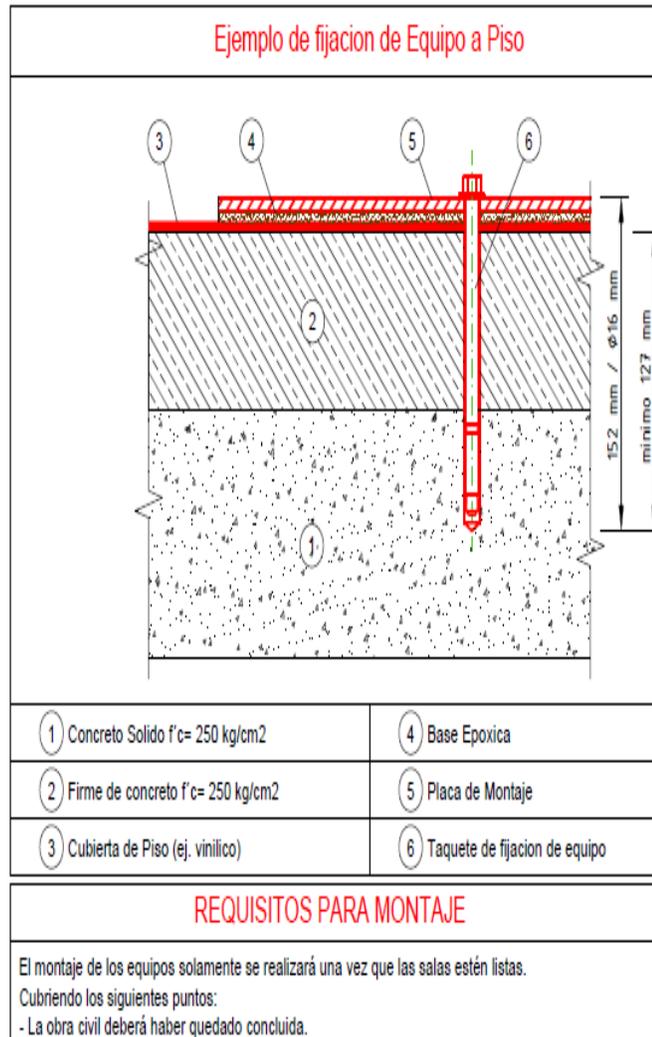
- Se coordinó y se supervisó la instalación de lámparas quirúrgicas led (14 sencillas y 13 dobles) en quirófanos y salas de choque.
- Se coordinó y se supervisó la reubicación de Hospital General León (20 de Enero) a NHGL un equipo de tomografía, un equipo de mastografía, una unidad dental, un esterilizador de dióxido de etileno
- Se coordinó entrega – recepción de bienes para NHGL para terminar de equipar todos los espacios del Hospital.
- Se apoyó a NHGL a equipar los locales del Hospital.

## CAPÍTULO V. RESULTADOS OBTENIDOS

### 1. Análisis de las guías mecánicas genéricas de la tecnología médica del servicio de Imagenología del NHGL.

En el análisis de las GM del equipo de Tomografía se hace la revisión de todos los requerimientos [LG7] que necesita la sala para poder instalar el equipo, por lo que en la figura 2 se muestra el cotejamiento de la resistencia de del concreto estructural para la sala , en la que coincide lo solicitado con lo que requiere el equipo , garantizando así la correcta fijación y evitar posibles problemas estructurales en la sala de Tomografía.

(ANEXO 5)



	<b>INSTITUTO DE SALUD PUBLICA DEL ESTADO DE GUANAJUATO</b> <b>DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO</b> <b>DIRECCIÓN DE INGENIERÍA BIOMÉDICA</b>	
	<b>GUÍA MECÁNICA GENÉRICA</b>	Página
<b>EQUIPO DE TOMOGRAFÍA</b>		<b>4 de 12</b>

Como se emplearan camillas para el traslado de pacientes, las puertas deberán tener un ancho libre mínimo de 1300 mm.

#### UBICACIÓN DE LA BASE DE CONCRETO

Debido al tipo de estudios que se pueden realizar con este equipo se recomienda ampliamente usar una loseta vinílica antiestática, ya que a diferencia de las losetas cerámicas, son más resistentes, limpias y conducen menos electricidad o estática que pueden llegar a descargarse en la electrónica del equipo en el mismo paciente. La losa deberá ser de concreto armado, con un espesor mínimo de 20 cm, una resistencia de 250 Kg/cm<sup>2</sup> y la nivelación del área de apoyo deberá ser de 1mm/m.

Figura 2 – Comparativo de GMS de equipo de Tomografía (genérica SSAEG y genérica de equipo).

## 2. Visitas al Hospital y revisión de salas.

Una vez analizadas las GMS de la tecnología y de los espacios que fueron ejecutados por parte de la empresa contratista, se hicieron las visitas correspondientes con personal de la DI y proveduría de la tecnología médica para revisar las condiciones de los espacios y a continuación se muestra lo encontrado.

En la GM del Angiografo se solicita que la sala cuente con concreto estructural que cumpla con una resistencia en la sala de 250kg/cm<sup>2</sup>. (ANEXO 4)

Cuando se hicieron las preparaciones para instalar las placas en las que se fija el equipo en la instalación mecánica, la empresa encargada de la instalación del equipo al hacer los trazos de las placas dónde iría asentado el equipo se detectó que el concreto no presentaba la resistencia solicitada, por lo que se mandaron a hacer pruebas de laboratorio para conocer la resistencia del concreto, dando como resultado 214.8 kg/cm<sup>2</sup>. En la figura 3 se muestra la extracción de dos muestras del concreto estructural para confirmar la resistencia en laboratorio especializado de resistencia de materiales en la ciudad de León , Gto.



Figura 3 – Extracción de muestras de concreto estructural de la sala de Hemodinámia.

El Angiógrafo es un equipo que necesita gabinetes de control, UPS y banco de baterías, el lugar que se tenía considerado dentro del área dentro de la sala de Hemodinámia no tenía el espacio suficiente para almacenar más que los gabinetes de control, por lo que se hicieron adecuaciones (Conexiones eléctricas, Sistema de enfriamiento) garantizando mantener en buenas condiciones el funcionamiento del UPS y banco de baterías.



Figura 4 – Espacio designado para instalar UPS y banco de baterías del Angiógrafo[LG8].

En la figura 5 se muestra la instalación mecánica del equipo en la sala de Hemodinámica, se muestra claramente la mayoría de componentes del equipo (arco, mesa, monitor, generador de rayos X), así como la estructura de soporte de techo.

En este momento solo se esperaba que se concluyeran los trabajos eléctricos para poder conectar el equipo e iniciar con las pruebas de calibración y puesta en marcha.



Figura 5 – Instalación mecánica del Angiografo

Dentro de la sala de fluoroscopia se muestra la instalación mecánica del equipo y su distribución espacial en la que se observa claramente el contenido del equipo que corresponde a mesa, generador de rayos X, UPS, monitor y transformador (adaptación).

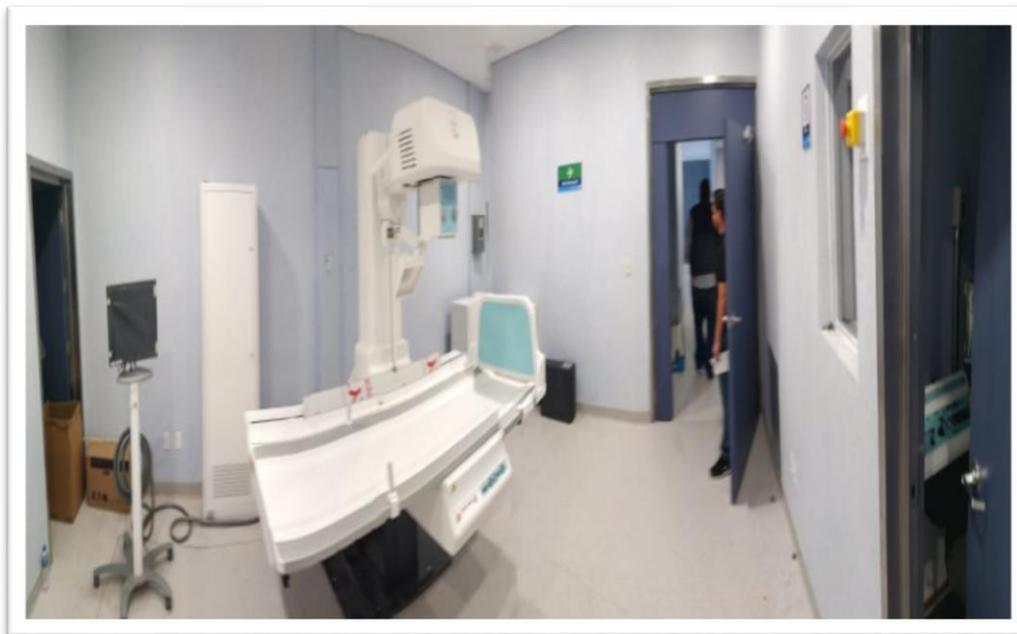


Figura 6 – Instalación mecánica de Fluoroscopio.

Una vez concluidos los trabajos de instalación mecánica del equipo, se lleva a cabo las calibraciones y puesta en marcha del equipo por lo que se realizó un procedimiento de serie esofagogastrica, cabe destacar que se llevó a cabo con éxito el procedimiento y no hubo algún problema con los suministros del equipo o con el funcionamiento del equipo.



Figura 7 – Primer procedimiento de fluoroscopia con paciente.

En la primera visita se observa que en la sala de mastografía solamente se cuenta el gabinete del interruptor termomagnético, así como la bajada de cables del circuito de la luz roja, y en ese momento aún no se ejecutaban el resto de trabajos eléctricos para poder llevar a cabo la reubicación del equipo.



Figura 8 – Condiciones iniciales en sala de Mastografía.

—

El equipo de mastografía se encontraba instalado en el viejo Hospital General León (20 de enero), en el cuál con apoyo de la empresa Radiología y Electrónica de México (REMSA) se llevó a cabo la desinstalación de la estación de trabajo y el brazo (gantry), así como los detectores del mismo; para posteriormente ser reubicado al NHGL para ser instalado.



Figura 9 - Desinstalación de Mastógrafo en viejo Hospital General León (20 de Enero)

Una vez reubicado el equipo se puede observar la estación de trabajo y el brazo (gantry), UPS e impresora térmica, aún sin instalar ya que se estaban terminando de hacer los trabajos eléctricos pendientes en la sala.



Figura 10 – Mastógrafo y accesorios ya puestos en la sala de Mastografía en el NHGL.

En las salas de rayos X, y sala de Fluoroscopia se ejecutaron mal los trabajos eléctricos, se puede observar el interruptor termomagnético sin bajada del cableado de alimentación que va hacia el equipo, por lo que es un trabajo mal ejecutado por parte de la empresa contratista, y se tuvo que reubicar todo el gabinete del interruptor termomagnético sobre una de las trincheras sobre muro. (ANEXO 7)



Figura 11 – Interruptor termomagnético sin bajada de cables en las salas de Rayos X.

Una vez definida la solución de los gabinetes de los interruptores termomagnéticos se puede observar la instalación completa del equipo de rayos X, ya listo para ser utilizado por el área usuaria, en la que se observa la mesa, detectores, bucky, columna, colimador, tubo de rayos X y transformador(adaptación).



Figura 12 –Equipo de Rayos X en funcionamiento.

Otro equipo de reubicación fue el equipo de tomografía que se muestra en funcionamiento en el viejo Hospital General León (20 de enero) y que posteriormente se haría la reubicación al NHGL; se observa que en la misma sala están los gabinetes eléctricos, UPS y el equipo de tomografía, así como un sistema de enfriamiento por medio de un mini Split.



Figura 13 –Equipo de Tomografía en funcionamiento en el viejo Hospital General León (20 de enero).

En la sala de tomografía del NHGL se observa que es un mejor espacio para el tomógrafo de reubicación ya que la sala es más amplia y cuenta con espacio dedicado para los UPS.

Además, dentro de la sala se puede observar las preparaciones sobre plafón del sistema de enfriamiento de la sala (inyección y extracción) así como el sistema de iluminación.



Figura 14 –Sala de Tomografía en NHGL.

Una vez reubicado el equipo de tomografía en el NHGL, esta vista es desde el cuarto de disparo en el que se observa monitor y al fondo el equipo de tomografía, que en ese momento se los ingenieros especialistas por parte de la empresa IHM (Innovaciones Hospitalarias de México) se encontraban calibrando el equipo.



Figura 15 –Vista del cuarto de disparo de Tomografía ya con el equipo instalado en NHGL.

### 3. Diseño de guías mecánicas en software 3D.

Una vez concluidas las visitas al servicio de Imagenología del NHGL, se procedió a elaborar los diseños de las salas en 3D de la tecnología médica con base en las GMS y los espacios ejecutados en NHGL, a continuación, se muestran capturas de los diseños en 3D.

El diseño de la sala de Hemodinámica elaborado con base en la GM y lo ejecutado en NHGL con modelos de mesa del paciente, el arco con fijación a piso, monitor, inyector de medios de contraste, el color de la sala cambia ya que ésta es un área blanca en dónde hay procedimientos quirúrgicos.

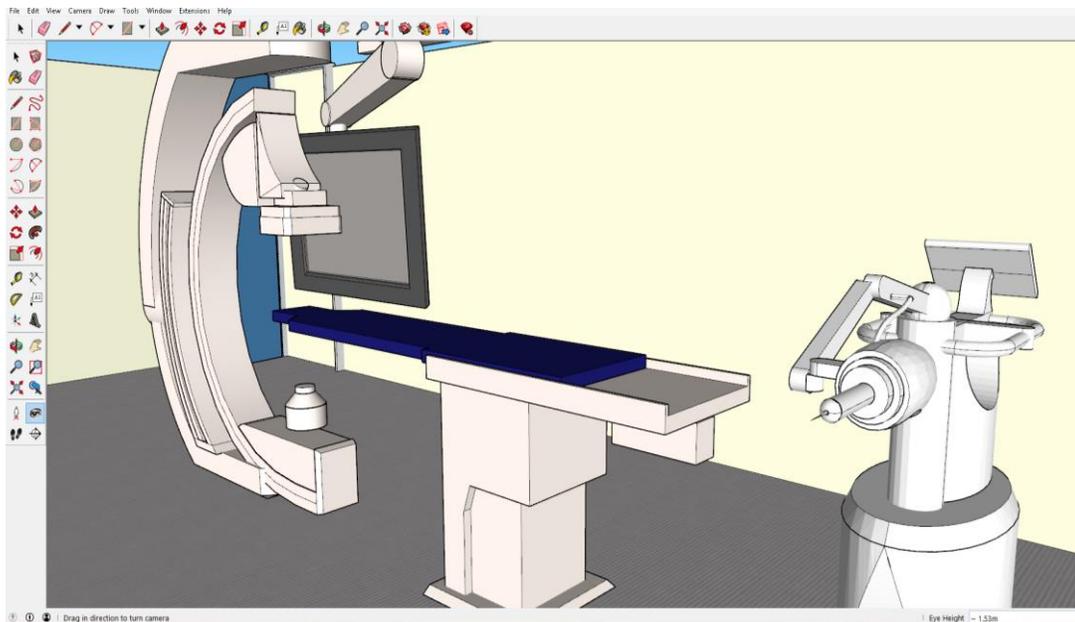


Figura 16 –Diseño de la sala de Hemodinámica.

Dentro de la sala de Hemodinámia se observa la distribución espacial de los componentes de la sala de Hemodinámia, así como la ventana plomada que da lugar al cuarto de control, así también se observa la puerta que lugar al filtro por el cual tiene que pasar el profesional de la salud para estar en el área.

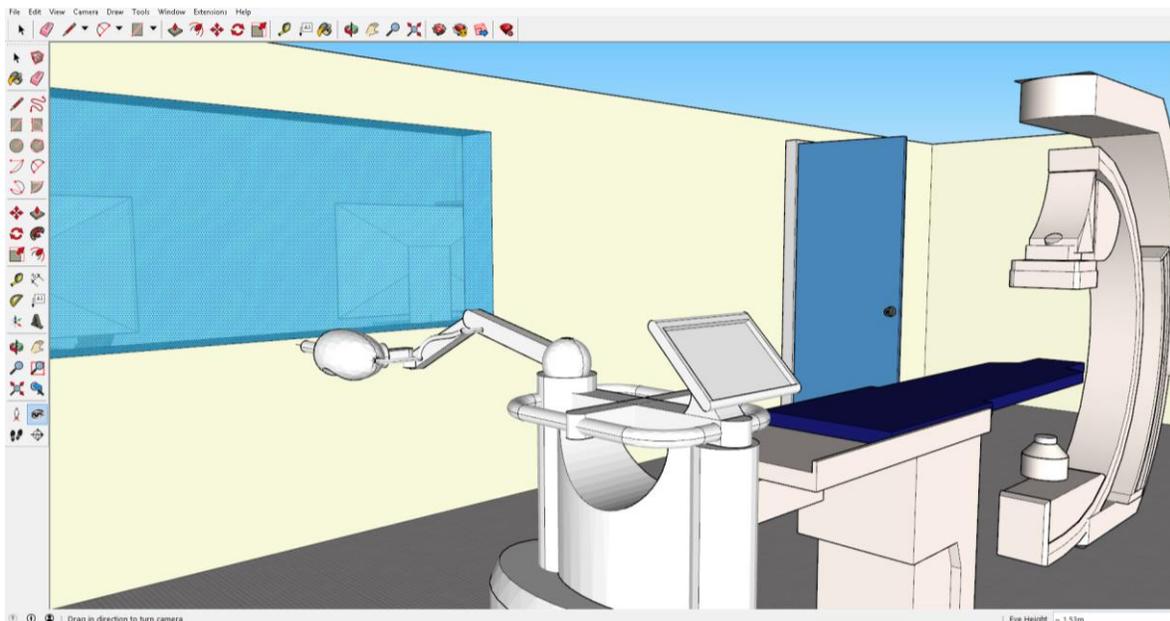


Figura 17 –Distribución espacial del Angiografo e inyector de medios de contraste.

Dentro del cuarto de control se obtiene una vista hacia la sala de Hemodinámia a través de una ventana con protección radiológica dónde claramente se tiene un campo amplio de visión para los especialistas de la salud que están en el cuarto de control.

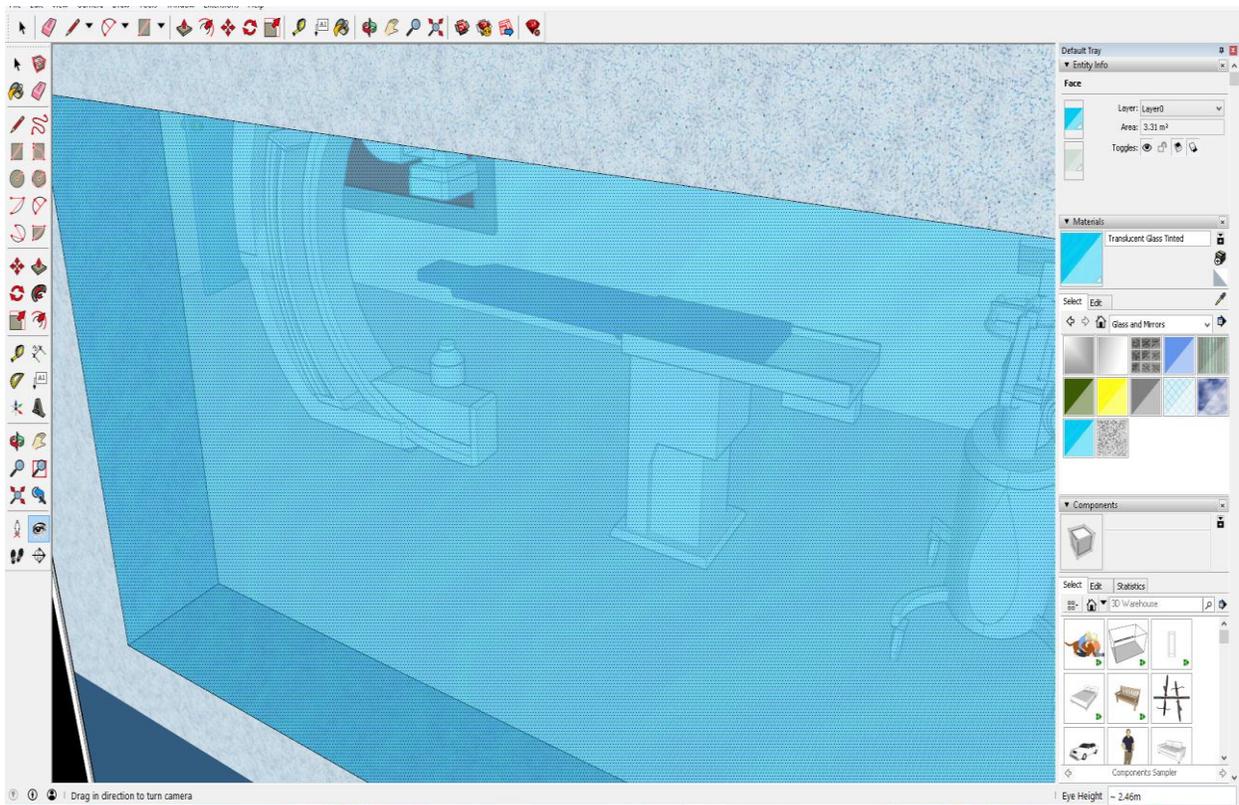


Figura 18 –Vista desde el cuarto de disparo de la sala de Hemodinámia.

El diseño de la sala de Fluoroscopia en la que se observa el modelo del equipo de fluoroscopia que consta del tubo de rayos X, mesa, membrana[LG9] de control, sistema motorizado de rotación de +90-90° de la mesa ; así como componentes de la sala que son trincheras sobre muro , inyector de medio de contraste y UPS del equipo.

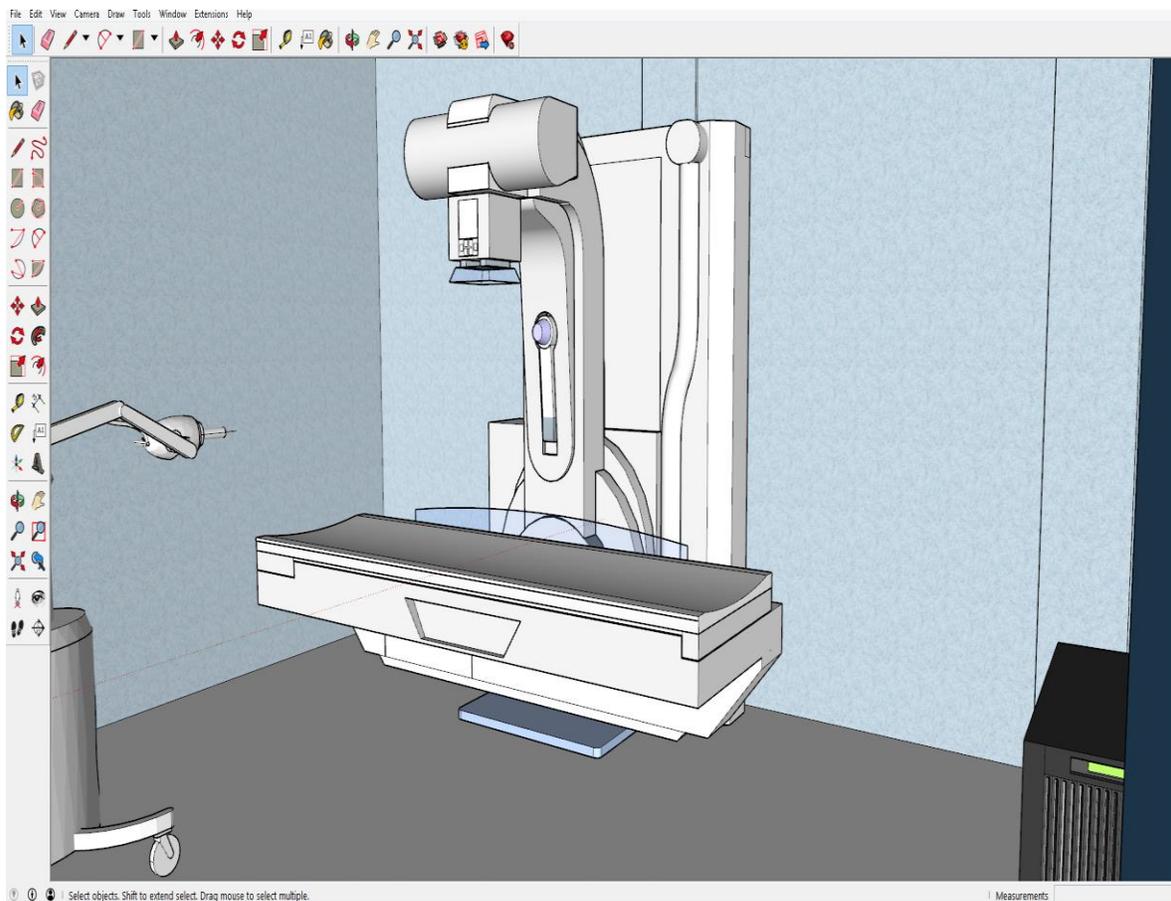


Figura 19 –Diseño de sala de Fluoroscopia.

Desde esta vista se puede observar la distribución espacial de la sala de fluoroscopia en la que se observa el equipo de fluoroscopia, el inyector de medios de contraste, trincheras sobre muro sobre las cuales bajan el cableado eléctrico y de luz roja para el equipo, el botón de paro de emergencia para el equipo, las puertas que dan acceso al cuarto de disparo y puerta que da acceso al cuarto de sub almacén en las que se guarda el inyector de medios de contraste.

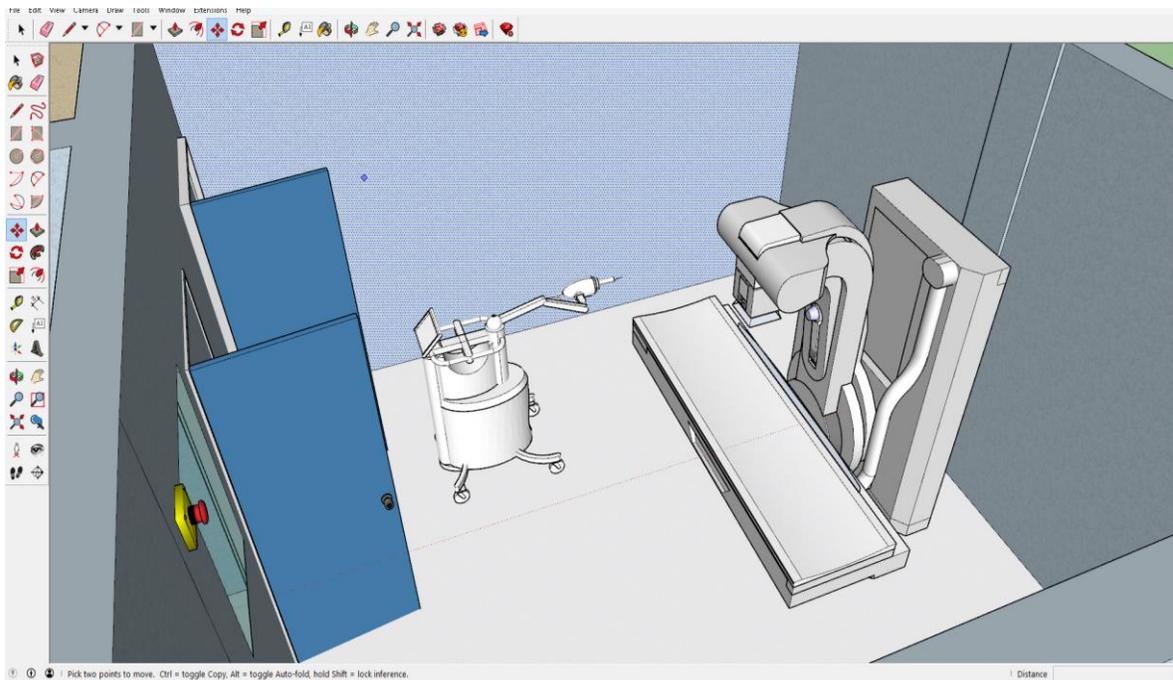


Figura 20–Distribución espacial del inyector de medios de contraste y equipo de fluoroscopia.

En la figura 21 se observa el Mastógrafo dentro de la sala de Mastografía, así como algunos componentes del equipo, como lo es el brazo rotatorio para poder tomar estudios con una angulación de  $+180^{\circ}$ - $-180^{\circ}$  para cualquier tipo de estudio, los pedales de control, el monitor de visualización, controles del equipo, la estación de trabajo y mampára de vidrio con protección radiológica de 0.5 mm Pb.

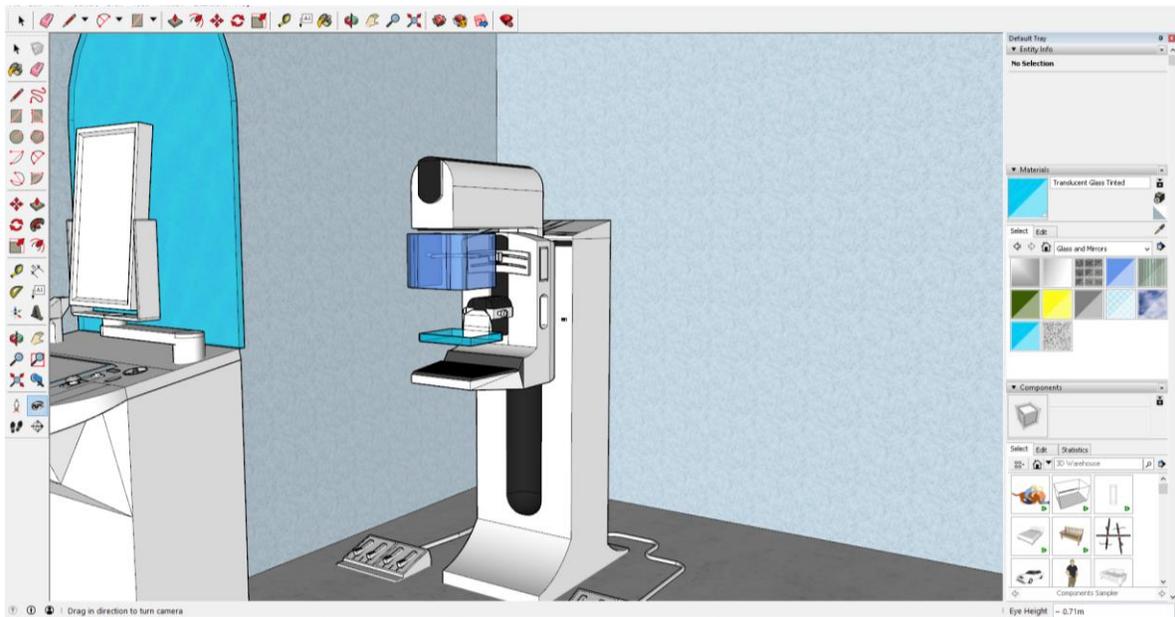


Figura 21 –Diseño de sala de Mastografía.

Con una vista superior podemos observar la distribución espacial del equipo de mastografía en los que se puede ver en conjunto la estación de trabajo, el UPS y el brazo rotatorio con el tubo de rayos X, así como el sistema de enfriamiento para la sala que se solicitó en GM el cual es un mini Split de 2 toneladas de enfriamiento.

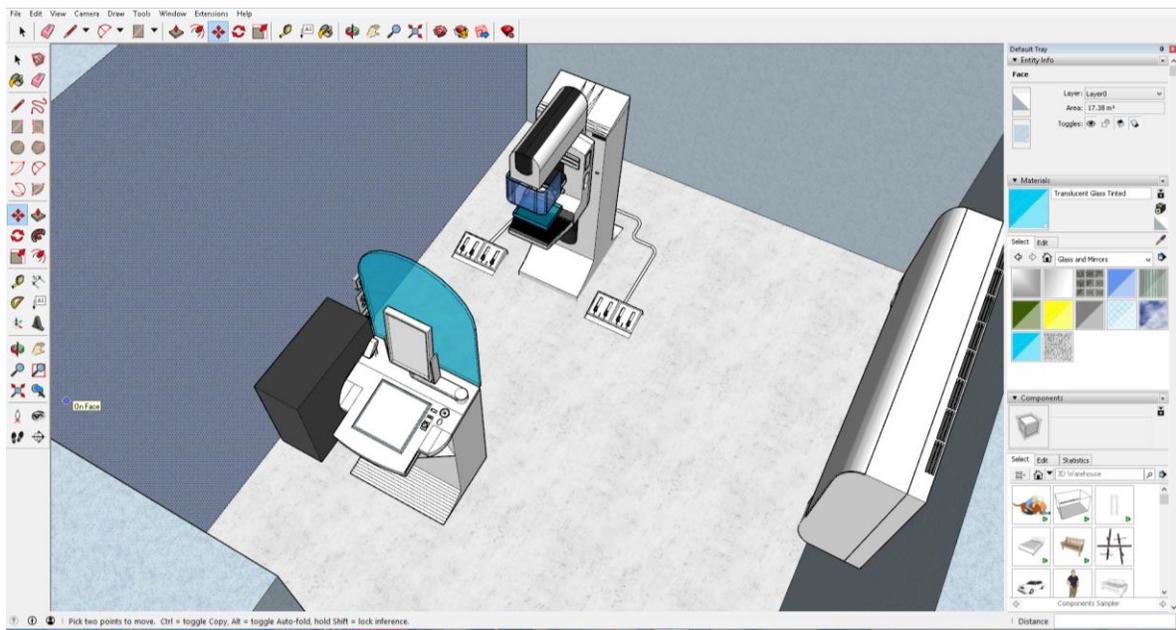


Figura 22 –Distribución espacial del equipo de Mastografía.

El diseño de la sala de rayos X (estudios simples) se puede observar el equipo dentro de la sala, con las trincheras sobre muro que van del piso hacia el cuarto de disparo, así como las puertas que dan acceso al cuarto de disparo, cuarto de sub almacén, y sanitario; se observa la ventana con protección radiológica y su botón de paro de emergencia para el equipo.

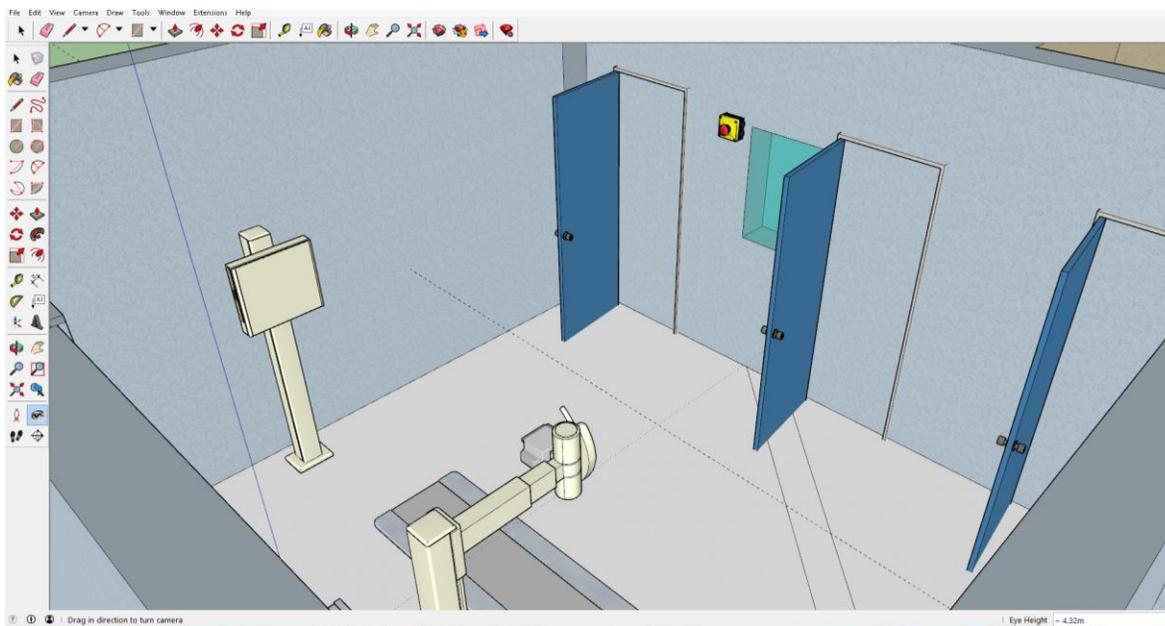


Figura 23—Diseño de salas de Rayos X

En la figura 24 se puede observar la distribución espacial del equipo de rayos x, que se pueden observar los componentes como bucky , detector , columna , tubo de rayos x , mesa y trincheras del cableado de alimentación.

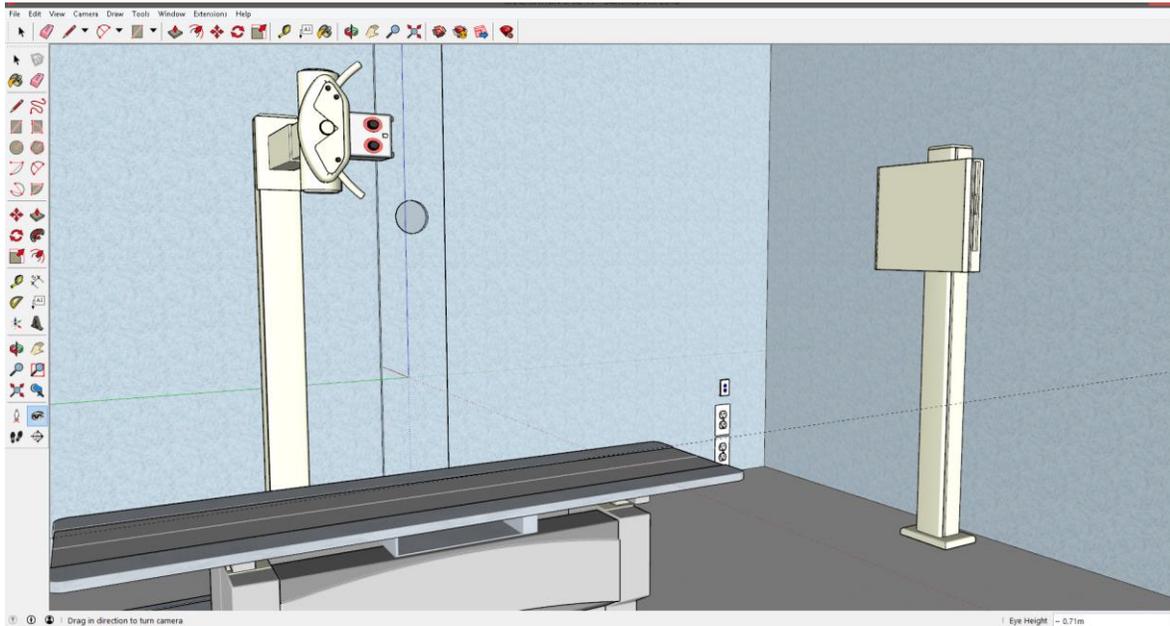


Figura 24 –Distribución espacial del equipo de Rayos X.

Desde una vista dentro de la sala de disparo, se puede observar el equipo dentro de la sala de rayos X, con una buena visión para efectuar los diferentes estudios por parte del profesional de la salud.

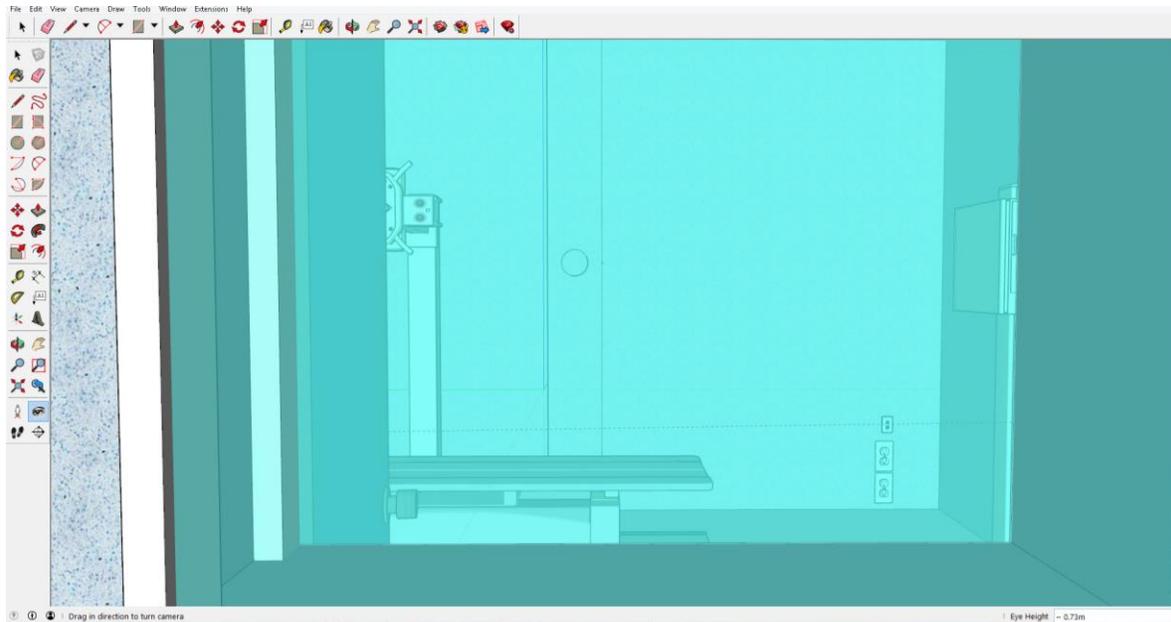


Figura 25 –Vista desde el cuarto de disparo de las salas de Rayos X.

En el diseño de la sala de Tomografía se puede observar la ventana con protección radiológica que va al cuarto de disparo, el botón de paro de emergencia para el equipo, la puerta de salida de la sala hacia el pasillo, el equipo de tomografía que está compuesto por una mesa con un desplazamiento, un gantry que contiene tubos de rayos X y detectores que captan por cortes imágenes del cuerpo humano.

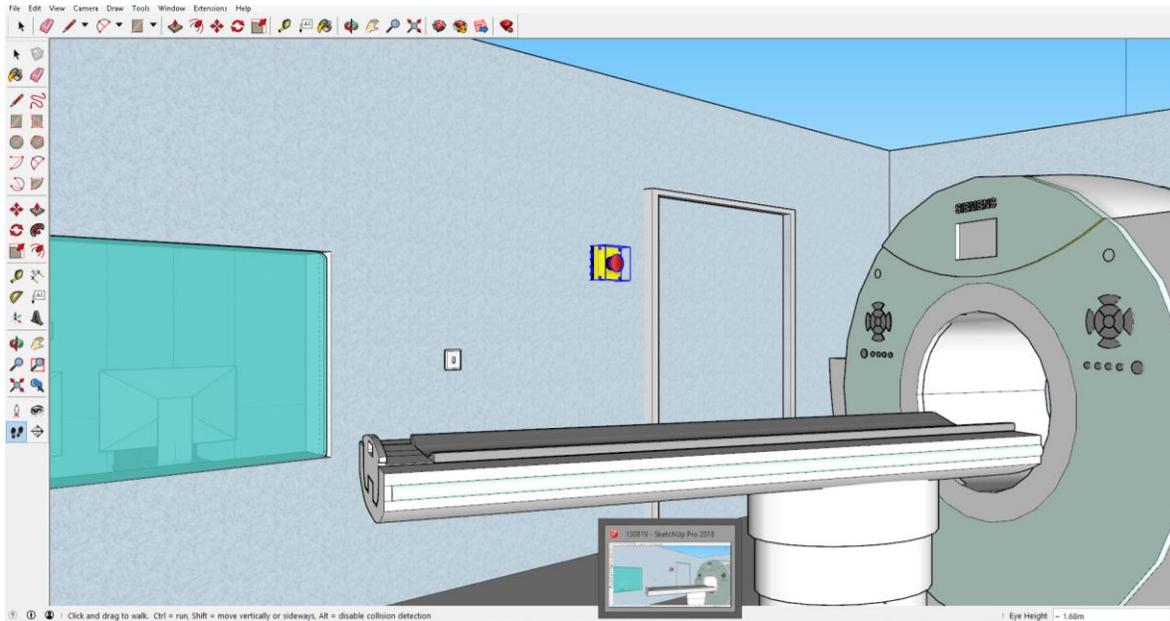


Figura 26 –Diseño de sala de Tomografía.

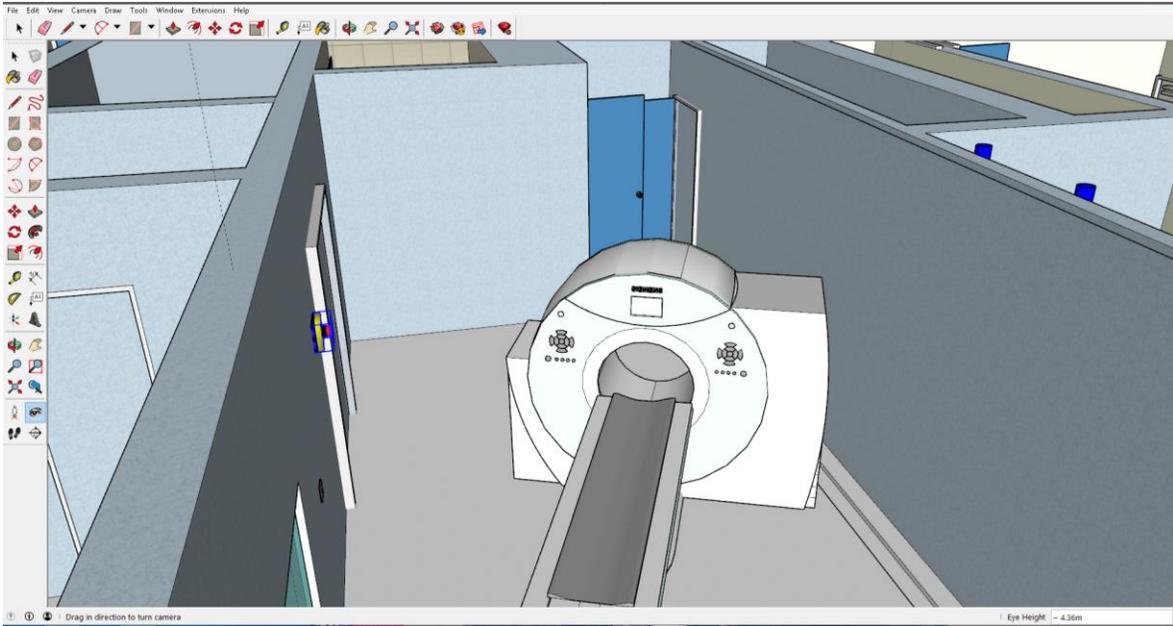


Figura 27 –Distribución espacial del equipo de Tomografía.

La distribución espacial del equipo en la sala de Tomografía se puede observar la puerta de acceso al cuarto de ups y tableros eléctricos, un sanitario y trincheras que van del cuarto de ups al equipo y del equipo al cuarto de disparo.

Desde la vista dentro del cuarto de disparo de la sala de tomografía en la se puede observar el botón de paro de emergencia dentro, una mesa de trabajo, monitores de visualización, una ventana con protección radiológica y al fondo el equipo de tomografía.

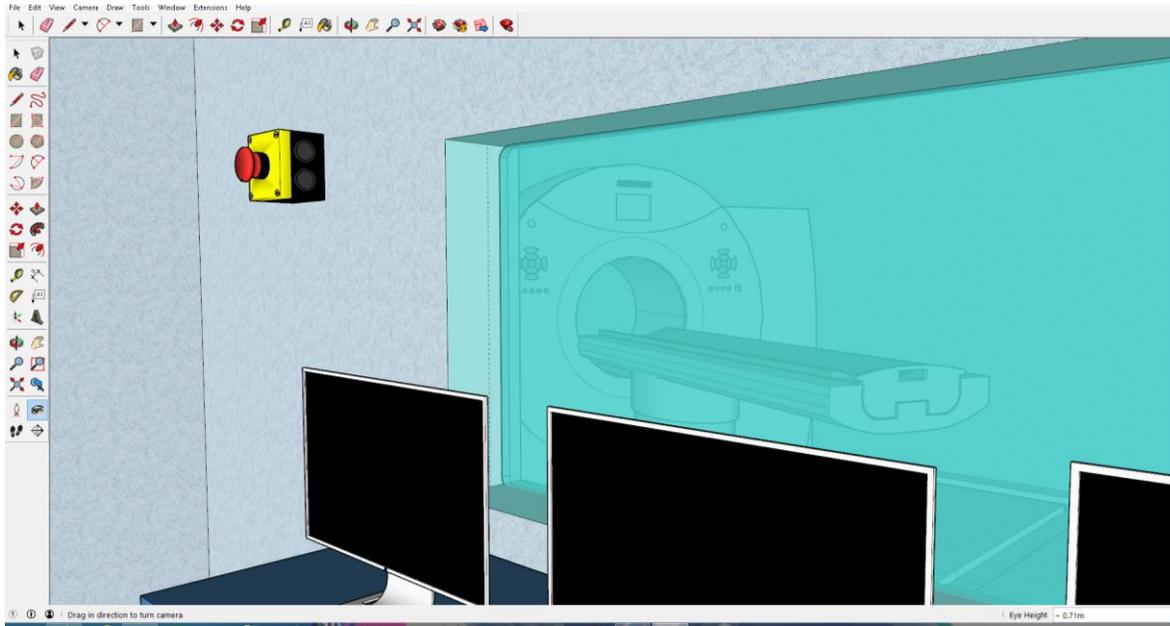


Figura 28 –Vista desde el cuarto de disparo de la sala Tomografía.

#### 4. Procesamiento del diseño elaborado en software 3D para llevarlo a planos de VR

Una vez concluido el diseño de las salas de acuerdo a GM y lo ejecutado en los espacios, se procesa en un software llamado SKETCHUP en el cual se hace el render del diseño elaborado en 3D para poder tener una visualización real en planos de realidad virtual, y poder ser visualizado los espacios en donde se instalará la tecnología médica.

Una vez procesado y renderizado el diseño del servicio de Imagenología que contiene todos los espacios del servicio en el software SKETCHUP se puede observar que los componentes del diseño son más reales, ya que se obtendrá la vista de realidad virtual dentro de las salas donde se instalará la tecnología médica.



Figura 29 –Renderizado del diseño 3D del servicio de Imagenología del NHGL.

Una vez que se obtiene el procesado del diseño del servicio de Imagenología del NHGL, se selecciona las salas dónde se instalará la tecnología médica como se muestra en la figura 30 que es la sala de tomografía en la que se puede observar el posicionamiento de una cámara que simula el posicionamiento de una persona dentro de la sala para poder obtener la captura de su entorno, y poder generar finalmente la vista en realidad virtual de la sala de tomografía.

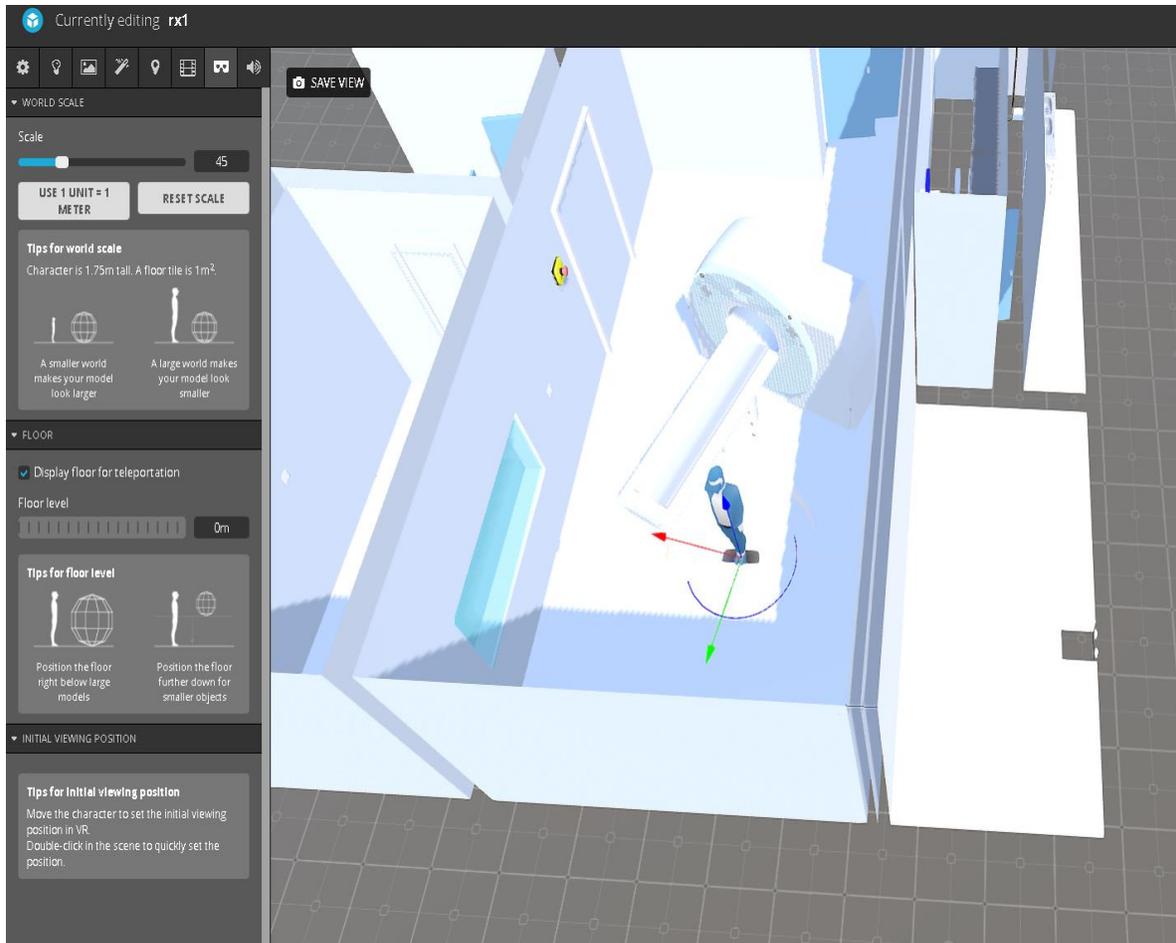


Figura 30 –Posicionamiento de cámara para poder obtener la visualización VR.

Se realiza el seccionamiento de los espacios colindantes a la sala de tomografía, para poder obtener un renderizado más rápido y poder generar la vista de realidad virtual del espacio, se puede observar el acceso a la sala de tomografía, cuarto de disparo y la sala de tomografía.

Figura 31 –Seccionamiento de sala de tomografía.



Figura 31 –Seccionamiento de sala de Tomograffa.

Una vez que se realiza el seccionamiento de las áreas colindantes a la sala de tomografía, se posiciona la cámara de realidad virtual en el lugar dónde se pueda observar el posicionamiento del equipo y el mayor contenido de los componentes solicitados en GM.

En la figura 32 se puede observar el resultado final de observar el diseño en realidad virtual de la sala de tomografía mediante una captura de pantalla del diseño siendo observado con lentes de realidad virtual, en la que se puede observar el espacio del sanitario , contactos , botón de paro emergencia , puerta de acceso a pasillo y el equipo de tomografía.

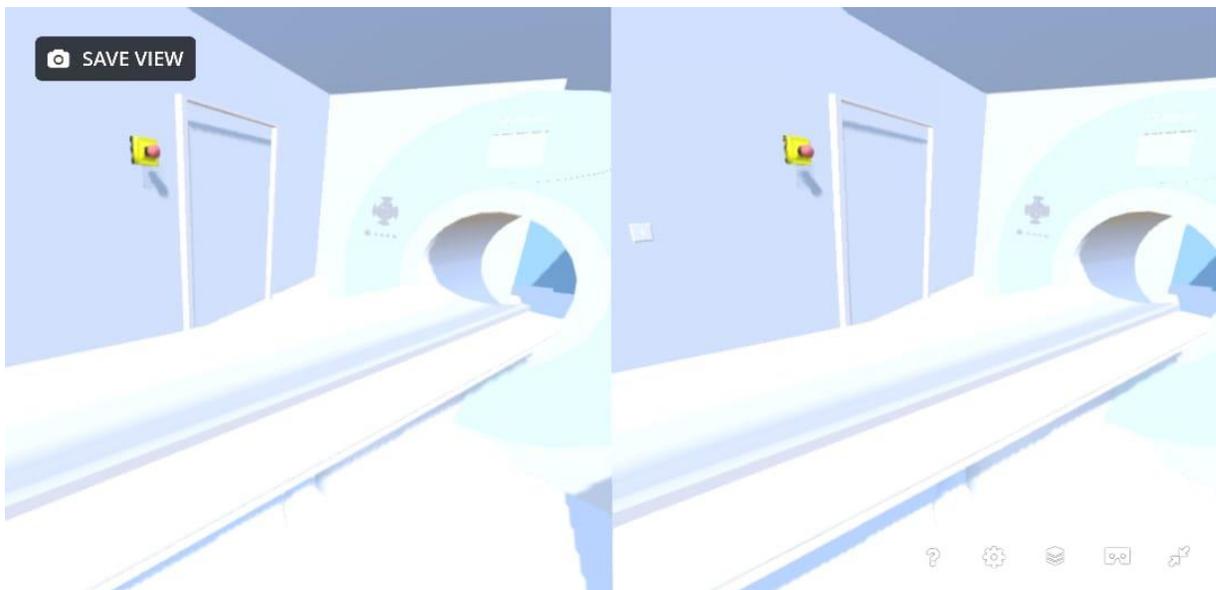


Figura 32 –Vista de realidad virtual dentro de la sala de Tomografía.

## **CAPÍTULO VI. ALCANCES Y LIMITACIONES.**

### 6.1 Alcances

- Beneficio de poder tener un complemento visual de las guías mecánicas de la tecnología del servicio de Imagenología del NHGL.
- Poder visualizar en plano de realidad virtual previamente los espacios con la tecnología médica.

### 6.2 Limitaciones

- No se contaba con mucho tiempo para la elaboración de proyecto ya que se demandaron más horas para apoyar en otras actividades.
- No existe una buena supervisión en los trabajos ejecutados en las salas de Hemodinámia y Tomografía ya que no se contaba con una memoria analítica de la resistencia del concreto estructural (250 kg/cm<sup>2</sup>) y se tuvieron que extraer muestras del concreto para conocer si efectivamente contaba con esa resistencia, por lo que se retrasaron un par de semanas los trabajos de instalación mecánica de los equipos.

## **CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este trabajo se plantean mejoras a los procesos constructivos de la infraestructura de las unidades médicas con un diseño implementado en un prototipo de realidad virtual de la proyección que tiene la SSAEG de sus salas para la tecnología médica con la finalidad de poder reducir inconsistencias entre los trabajos ejecutados y lo solicitado en la GM de la tecnología médica. Como estudiante de la carrera de Ingeniería Biomédica considero que es necesario prestar atención en herramientas (modelado de un diseño 3D en realidad virtual) que no se han aplicado totalmente dentro de la rama de la salud, en este caso infraestructura hospitalaria.

Me siento satisfecho de haber aportado al sistema de salud público del Estado de Guanajuato, llevando a cabo el equipamiento del proyecto más grande, actualmente, en Infraestructura en salud en el estado de Guanajuato.

Considero que este proyecto tiene mucho potencial en ser implementado por la Dirección de Ingeniería Biomédica ya que se presentó el prototipo y puede generar beneficios económicos para la SSAEG.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Normas oficiales

- Diario Oficial de la Federación. (2012). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización). Recuperado de: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5280607](https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5280607)
- Diario Oficial de la Federación. (2013). Norma Oficial Mexicana NOM-016-SSA3-2012, que establece las características mínimas de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada . Recuperado de: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5284306&fecha=08/01/2013](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284306&fecha=08/01/2013)
- Diario Oficial de la Federación. (2006). Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002, salud ambiental . Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos x Recuperado de: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5377616&fecha=29/12/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5377616&fecha=29/12/2014)

(Ramón, Técnicas de equipamiento hospitalario, 2010)

Aguirre Olvera , Ramón<sup>[JRRS10]</sup>

Técnicas de equipamiento hospitalario, Diplomado en arquitectura para edificios de atención médica, módulo 4. Diseño de Unidades para la Salud, México

[LG11]

## **ANEXOS**

- **ANEXO 1 NOM-016-SSA3-2012**
- **ANEXO 2 NOM-229-SSA1-2002[LG12]**
- **ANEXO 3 NOM-001-SEDE-2012**
- **ANEXO 4 GM ANGIOGRAFO**
- **ANEXO 5 GM TOMOGRAFO**
- **ANEXO 6 GM FLUOROSCOPIO**
  - **ANEXO 7 GM RAYOS X**
  - **ANEXO 8 GM MASTOGRAFO**
- **ANEXO 9 TECNICAS DE EQUIPAMIENTO HOSPITALARIO**