



Escuela Superior Politécnica del Litoral

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

“Estudio de la Instalación de un
Angiógrafo Digital para
Radiodiagnóstico Cardiovascular”

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del TITULO de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
Especialización: POTENCIA

Presentado por:
WILSON CABRERA ALBAN

Guayaquil - Ecuador

1990

DEDICATORIA

EN EL CIELO, A MI MADRE
EN LA TIERRA, A MI ESPOSA,
MIS HIJOS Y MIS HERMANAS.

AGRADECIMIENTO

A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
AL ING. CARLOS BECERRA E.

DECLARACION EXPRESA

" LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTAS EN ESTE INFORME TECNICO, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y EL PATRIMONIO INTELECTUAL DEL MISMO, A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA ESPOL).



Wilson Cabrera Albán.



Ing. Hernán Gutierrez
DECANO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA ELECTRICA.



Ing. Carlos Becerra E.
PROFESOR SUPERVISOR DEL
INFORME TECNICO.



Ing. Miguel Yapur A.
MIEMBRO PRINCIPAL.

INDICE GENERAL.

INDICE	PAGINA
RESUMEN -----	1
INTRODUCCION -----	4
CAPITULO PRIMERO.-	
GENERALIDADES SOBRE RADIODIAGNOSTICO EN ANGIOGRAFIA -----	9
1.1.- TEMATICA DEL DIAGNOSTICO CON RAYOS X.-----	12
1.2.- EL RADIODIAGNOSTICO CARDIOVASCULAR.-----	17
CAPITULO SEGUNDO.-	
DESCRIPCION DE LOS REQUERIMIENTOS -----	28
2.1.- NECESIDADES DEL RADIODIAGNOSTICO DEL HOSPITAL MILITAR.--	29
2.2.- PLAN TENTATIVO EN RADIODIAGNOSTICO CARDIOVASCULAR.-----	31
CAPITULO TERCERO.-	
PROCESO DE INSTALACION DEL ANGIOGRAFO DIGITAL.-----	36
3.1.- GENERALIDADES DE LA INSTALACION.-----	38
3.2.- DESCRIPCION DEL EQUIPAMIENTO ELECTRONICO.-----	45
3.3.- OBRA CIVIL DE LA INSTALACION.-----	50
3.4.- SISTEMA ELECTRICO DE LA INSTALACION.-----	58
3.5.- SEGURIDAD INTRINSECA DEL SISTEMA ELECTRICO.-----	81
3.6.- EVALUACION TECNICA DE LA INSTALACION FINAL.-----	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-----	99
BIBLIOGRAFIA.-----	104

RESUMEN

Las técnicas de radiodiagnóstico médico evoluciona con tanta celeridad que continuamente el ingeniero de hospitales se encuentra en el cotidiano proceso de actualización, apremiado por una parte por el advenimiento de nuevas prácticas médicas y por la otra la adquisición de sofisticados equipos de uso médico. Ambos procesos son el resultado del avance de la tecnología de la ciencia médica.

Características de equipo de alta resolución y última generación precedieron al angiógrafo digital, marca General Electric MPX-125 LU/A, el primero de su género que se instaló en el país, dando origen al informe técnico presente.

Los objetivos generales del informe técnico se concentran en definir los parámetros de seguridad en los diversos campos, para lo cual se exponen datos concretos propios de la instalación, se divulgan experiencias y lo que es más importante se deducen del mismo el obligatorio cumplimiento de normas, estándares y criterios constructivos requeridos por la propia instalación, que estén de acuerdo a los fabricantes del equipo.

Inicialmente en el informe técnico se da a conocer los principios básicos, las propiedades y las aplicaciones de los rayos X en el radiodiagnóstico, dedicando especial interés en la descripción de las técnicas de cateterización cardiovascular, la evolución de los medios de contraste

para lograr la mejor opacidad de los vasos sanguíneos, órganos a la exposición de los rayos X, y por último del desarrollo de los equipos médicos para el radiodiagnóstico.

En el segundo acápite se delimitan los requerimientos así como las necesidades del servicio de Radiología, en general acorde con los avances de la tecnología moderna y considerando que en los equipos de rayos X se han logrado grandes adelantos en cuanto a diseño, funciones y operación, que en la actualidad constituyen una de las más importantes herramientas de diagnóstico para la atención de los pacientes y especialmente en la investigación cardiovascular.

Una descripción breve de la relación riesgo / beneficio, en la utilización de los rayos X, para el diagnóstico de los pacientes completa este tratado.

El tercer capítulo contempla en sí, la ejecución del proyecto total que se presentó con la adquisición del angiógrafo digital, por parte del Hospital Militar. La preparación de los planos, diagramas, y especificaciones requeridos para el montaje de los complejos equipos, requirió elaborar unas guías mecánicas para las diferentes disciplinas de la ingeniería que toman parte en la construcción tanto de las áreas que albergan el sistema, como en las diferentes instalaciones requeridas para su operación. Especial dedicación se puso en el suministro de la energía eléctrica en locales clasificado como peligrosos, División I por la presencia de gases medicinales inflamables.

La instalación del angiógrafo digital, es un típico caso de la aplicación

de las normas específicas y de la experiencia adquirida en el campo de la ingeniería hospitalaria, con las directrices del NEC, especialmente los artículos 250, 450, 517 y 660 que corresponden a conexiones de tierra, transformadores, instalaciones para el cuidado de la salud y equipos de rayos X respectivamente.

La seguridad intrínseca del sistema eléctrico también se describe de acuerdo al estándar de la NFPA 493, específicamente para instalaciones de equipos de rayos X.

Igualmente la seguridad radiológica se tomó en consideración para la construcción de barreras de protección, tanto para el paciente como para el personal médico y paramédico.

El resultado de la planificación y la construcción realizada en la instalación del angiógrafo digital, es a la fecha segura y eficiente dando los resultados esperados desde noviembre de 1.988.

Por último se describe las conclusiones y recomendaciones, emitidas para futuras instalaciones de esta naturaleza tanto para el personal técnico como especialmente para la clase médica, que para su práctica necesita de infraestructuras especiales y normalmente seguras, y lo que es más importante el conocimiento de las instalaciones hospitalarias, su equipamiento, sus normas y estándares que garantizan, la vida humana.

INTRODUCCION

En la era actual, los hospitales de todo el mundo, han dejado de ser estructuras en las cuales el único profesional era el médico, dando paso a una acción multidisciplinaria en los diversos campos de la ingeniería, en beneficio de la humanidad.

Esta variación, ha sido la consecuencia de la evolución del concepto de salud, que ha pasado de ser tradicionalmente una ausencia de la enfermedad, a una concepción casi filosófica de la forma de vivir en los tiempos actuales.

Si el estar sano es algo que la humanidad aún no ha conseguido, ya que en definitiva aunque se van venciendo contingencias patológicas, finalmente llega una que no puede ser doblegada, es lógico pensar que la tecnología humana se ponga a disposición de intentar la prolongación de esta situación de salud para todos los seres humanos.

De esta forma se explica el incesante incremento de innovaciones tecnológicas que se aplican al campo hospitalario y que en ciertas ocasiones han sido producto del azar, sin desarrollar una idea específica para aplicarla en el campo de la salud, pero que inmediatamente son derivados hacia ella.

Actualmente existe una vasta proliferación de equipos eléctricos empleados en la práctica médica diaria en todo tipo de pacientes, sometidos a

intervenciones quirúrgicas, cateterismos diversos, en especial el cardiaco, la vigilancia intensiva, radiodiagnóstico, reanimación, etc., que origina también en progresión creciente el número de accidentes o al menos la posibilidad de ellos, originados por la corriente eléctrica.

Como consecuencia, la preocupación de los profesionales de la medicina, directivos hospitalarios, técnicos y en suma cuantos se ven o pueden estar involucrados en estos accidentes, es cada vez mayor. Por ello y a escala internacional, se está estudiando el problema constantemente, preparando y promulgando, disposiciones tendientes a minimizar el efecto de tales incidencias.

La mayor contribución a los accidentes eléctricos en los hospitales son las fallas que se presentan en los equipos y en las instalaciones eléctricas. Aquellos accidentes eléctricos han sido y son actualmente causa de fuegos, quemaduras y choques eléctricos.

Se ha determinado que el choque eléctrico es producido por la corriente y no por el voltaje, en otras palabras, no es la cantidad de voltios a la que esta sujeta una persona, sino la cantidad de corriente transmitida a través de su cuerpo que determina la intensidad del choque. Este comportamiento se debe a que el cuerpo humano actúa como una gran resistencia al flujo de la corriente eléctrica.

El adulto promedio exhibe una resistencia que va, desde 100.000 a 1'000.000 de ohmios, cuando se mide de una mano a la otra, dependiendo de la masa del cuerpo y la humedad contenida en el mismo.

La percepción inicial en los humanos, es 1 miliamperio (ma) en este punto sienten un ligero cosquilleo a través de las puntas de los dedos; entre 10 ma y 20 ma, el sujeto experimentará contracciones musculares y encuentra dificultades en retirar su mano del electrodo. Una corriente externa de 50 ma, induce dolor, posible desmayo. Un incremento a 100 ma causa fibrilación ventricular.

El paciente más susceptible es aquel que esta expuesto a conductores externos, catéteres de diagnóstico, u otros contactos eléctricos cercanos al corazón. Las técnicas quirúrgicas ponen en paralelo la resistencia del cuerpo del paciente y luego lo exponen a las corrientes eléctricas de los equipos contiguos; la más severa de estas prácticas involucra la cavidad torácica.

Mucho se ha escrito sobre los niveles de corriente que son letales para los pacientes que son cateterizados e intervenidos.

En este punto cabe destacar, que los códigos y estandares coinciden en que nivel es peligroso la corriente, de tal forma que el NFPA 76 B y el NEC artículo 517, indican que 40 microamperios es ese nivel. Es también un dato creible que 1.000 ohmios aproximadamente es el valor que existe entre el corazón y cualquier parte externa del cuerpo del paciente.

En los ambientes médicos de procedimientos especiales, el paciente es un blanco perfecto para accidentes eléctricos, donde además podemos encontrar cuerpos de baja resistencia, mas equipos eléctricos y sondas tales como de sangre, orina, soluciones salinas y agua. La combinación de todos estos elementos, sumado a atmósferas enriquecidas en oxigeno, deberían ser una

alerta para incrementar la seguridad eléctrica, en las unidades médicas sea cual fuere su tamaño.

Constituye pues, el presente informe técnico una recopilación del acervo de experiencias, logradas a lo largo de 15 años de tratar de desarrollar en nuestro medio, la ingeniería de hospitales, ya sea en lo que respecta a la elaboración de los proyectos nuevos que requieren de una " guía mecánica ", para las instalaciones requeridas, que sirven de infraestructura para el equipamiento de locales hospitalarios de uso médico con características especiales; así como también en la conservación de los sistemas de apoyo y equipo médico.

La bondad de las experiencias acumuladas durante el ejercicio de la ingeniería de hospitales, ha dado como resultado el poder elaborar ciertas guías mecánicas para la construcción de los locales especiales, como en este caso que nos ocupa, las mismas que coordinan las acciones, de acuerdo con la aplicación cabal de las especificaciones planteadas, dejando incluso, por medio de su ejecución, las preparaciones previamente analizadas incluso mucho tiempo antes de la llegada de los equipos a la obra.

No es la pretensión reglamentar rigidamente los procesos de diseño, de construcción, sino que el objetivo del establecimiento de normas es el de fijar los criterios que en la práctica han dado buen resultado, fijando la existencia de cada elemento en cada local e incluso su ubicación exacta, a fin de servir como punto de partida en cada nuevo proyecto.

Cada norma de proyecto desarrollada, tiene por objeto encaminar al

proyectista y al constructor, en el proceso de toma de decisiones; tal acción es extensiva a las guías mecánicas que coadyuvan en la labor del diseño o en el detalle de la ejecución, en la elección del sistema de funcionamiento a considerar, en la estructuración de las áreas que requiere cada servicio, en el cálculo del equipo, análisis y dimensionamiento e incluso en la representación gráfica.

En general no se describen métodos de diseño, ni propiedades de los equipos, no se incluye procesos administrativos, tampoco se presenta un muestrario de todas las posibilidades de operación, ya que cada caso obedece a un propósito específico. Se presenta la solución de acuerdo a una evaluación lógica en los sistemas aplicados, retroalimentando el contenido, de acuerdo a la constante supervisión desarrollada por el personal de alto nivel técnico que intervino en la culminación del proyecto.

De esta forma en el presente informe se trata de enfocar, la íntima relación existente entre la ciencia médica y la ingeniería de hospitales, un campo relativamente virgen en nuestro medio, y todavía mal entendido, que permita concientizar la defensa de la salud del pueblo ecuatoriano.

CAPITULO PRIMERO

GENERALIDADES SOBRE RADIODIAGNOSTICO EN LA ANGIOGRAFIA

Una de las técnicas clínicas últimamente desarrolladas en la investigación cardiovascular que a experimentado mayor impulso, constituye la angiografía digital.

La angiografía es un método de investigación diagnóstica que consiste en la visualización radiológica de los vasos sanguíneos, mediante la inyección en ellos de un medio de contraste opaco a los rayos X.

En la década del setenta la tendencia en los trabajos cardíacos había sido estipular la libre selección de proyecciones por donde fuera posible, sin que exista movimiento del paciente, ya sea usando cine o película miniatura como registro desde un intensificador de imagen. De esta forma se determinó la necesidad de montar un tubo de rayos X sobre uno de los terminales del brazo en U construido y un intensificador de imagen con una cámara cine de 35 mm, sobre el otro extremo. El brazo en U fue escogido por su estabilidad predominante, libre de movimientos vibratorios y flexibilidad o versatilidad en el uso. Fig. 1

Este tipo de estructura en U finalmente adoptada para utilizarse en Angiografía por sus excelentes propiedades mecánicas, daba cumplimiento también a los requerimientos médicos del radiodiagnóstico, como:

- 1) Selección de la proyección sin mover al paciente.
- 2) Fluoroscopia y radiografía usando el mismo haz de rayos X, tal que las proyecciones podrían ser chequeadas por fluoroscopia.

DETALLE DEL EQUIPO

- 3) Dimensiones del campo suficientemente amplio para permitir un movimiento escalonado de la mesa del paciente y así dar una cobertura BRAZO LU-A arterias de las extremidades inferiores, con una sola proyección.

Aún así los montajes estándar no permitían las proyecciones oblicuas y fue necesario ordenar un montaje especial, el P-39 L x 35 ca.

intercambiador automático de películas sobre el intensificador de imagen colocado en el miembro inferior del brazo en U y el tubo de rayos X montado sobre el miembro superior de la misma estructura. Concebido de esta forma el equipo debería satisfacer los requerimientos directrices, aun cuando se debe llevar fuera la fluoroscopia al Puel-L y esta intensificadora con la consecuente ampliación e incremento de la tasa de exposición de los rayos X.

Con esta técnica se lograron imágenes fluoroscópicas excelentes a costa de mayor exposición de los rayos X.

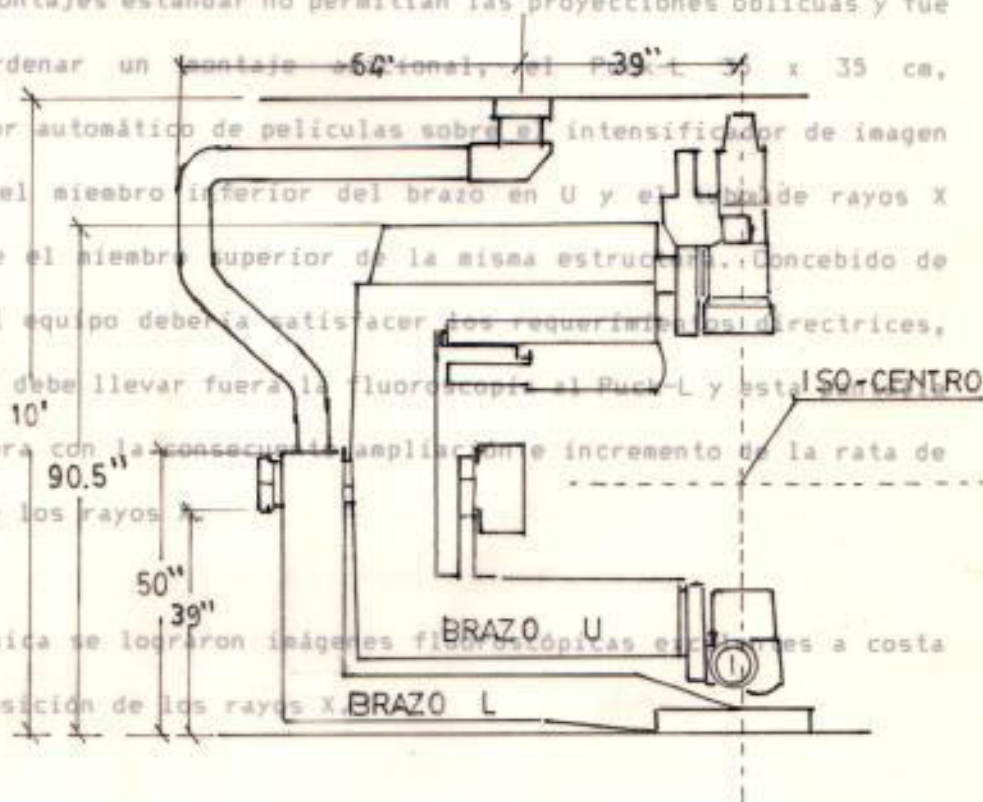


FIG. 1

Con el angiógrafo digital se permite una mayor y segura libertad de movimientos: el brazo en U desde la posición vertical hasta la oblicua a 45° para cualquiera de los lados, con el tope de la mesa a la altura deseada. Mas allá de los 45° el tope de la mesa es retornado a la línea media, entonces la rotación del brazo en U hasta la proyección lateral es ahora posible. Una vez alcanzado el ángulo deseado, la mesa del paciente

- 1) Selección de la proyección sin mover al paciente.
- 2) Fluoroscopia y radiografía usando el mismo haz de rayos X, tal que las proyecciones podrian ser chequeadas por fluoroscopia.
- 3) Dimensiones del campo suficientemente amplio para permitir un movimiento escalonado de la mesa del paciente y así dar una cobertura a la aorta lumbar y arterias de las extremidades inferiores, con una sola proyección.

Aún así los montajes estándar no permitían las proyecciones oblicuas y fue necesario ordenar un montaje adicional, el Puck-L 35 x 35 cm, intercambiador automático de películas sobre el intensificador de imagen colocado en el miembro inferior del brazo en U y el tubo de rayos X montado sobre el miembro superior de la misma estructura. Concebido de esta forma el equipo debería satisfacer los requerimientos directrices, aun cuando se debe llevar fuera la fluoroscopia al Puck-L y esta pantalla intensificadora con la consecuente ampliación e incremento de la tasa de exposición de los rayos X.

Con esta técnica se lograron imágenes fluoroscópicas excelentes a costa de mayor exposición de los rayos X.

Con el angiógrafo digital se permite una mayor y segura libertad de movimientos: el brazo en U desde la posición vertical hasta la oblicua a 45° para cualquiera de los lados, con el tope de la mesa a la altura deseada. Mas allá de los 45° el tope de la mesa es retornado a la línea media, entonces la rotación del brazo en U hasta la proyección lateral es ahora posible. Una vez alcanzado el ángulo deseado, la mesa del paciente

puede ser desplazada libremente o el brazo en U soportará elevaciones y depresiones para permitir una plena cobertura del paciente de la cabeza a, los pies. Será así examinado en cualquier proyección desde la antero posterior a la vista lateral derecha o izquierda. De esta forma la versatilidad del equipo adquirido justifica los requerimientos presentes y proyecta con suficiencia las futuras investigaciones en el radiodiagnóstico vascular.

1.1.- TEMATICA DEL DIAGNOSTICO CON RAYOS X.

Los rayos X pueden definirse como los rayos producidos cuando un haz de electrones moviéndose a gran velocidad es detenido bruscamente, convirtiéndose la mayor parte de su energía en calor(99.8%) y una pequeña en radiación electromagnética de muy corta longitud de onda (0.02%). Dichos rayos son fundamentalmente distintos de los rayos catódicos, ya que no son como estos una radiación formada por partículas sino que al contrario son una manifestación pura de la energía electromagnética, se transmiten en forma ondulatoria y se caracterizan por poseer propiedades comunes a otras manifestaciones de este tipo de energía.

La frecuencia de oscilación está en estricta relación con la diferencia de potencial que se aplica entre el ánodo y el cátodo del tubo de rayos X, de esta frecuencia depende la longitud de onda de los rayos emitidos.

Las ondas de luz, radio, rayos X, etc., son ondas de energía electromagnética y se transmiten a velocidades cercanas a la de la luz. Todas las formas de radiación electromagnéticas están clasificadas según la longitud de sus ondas, en lo que suele llamarse espectro

electromagnético. Fig. 2.

Observemos el espectro emitidos por elementos radiactivos de la figura 1; este demuestra la relación entre la longitud de onda de los rayos gamma de onda de los rayos cósmicos, ultravioletas, microondas, infrarrojo, etc..

En el radiodiagnóstico médico uno de los factores de propagación es su marcha en línea recta. Partiendo del ánodo del tubo emisor, el haz de rayos ultravioletas se abre en un cono sólido cuyo vértice corresponde al punto de origen de la radiación. Cabe destacar que la zona de partida de los rayos nunca llega a ser puntiforme.

El cono del haz de rayos varía según los distintos tipos de tubo emisor fabricado, pero siempre es tal su ángulo que a una distancia foco película de 60 cm, cubre un círculo de 35 a 60 centímetros de diámetro. Fig. 3.

Si el haz de rayos X emitidos por la fuente de radiación, incide en su camino con un cuerpo opaco, estos son detenidos total o parcialmente dependiendo de la densidad del mismo. Sin embargo, si el haz de rayos X luego de atravesar el cuerpo, sobre una pantalla fluoroscópica o sobre una película radiográfica, se observará que se reproducen los contornos del cuerpo interpuesto y es más importante dentro de la silueta se ve la estructura del cuerpo siempre que el mismo posea la transparencia adecuada para ser atravesado por los rayos X. La imagen radiográfica es por lo tanto la proyección plana del cuerpo interpuesto al paso del haz de rayos X o sea que nos proporciona el ancho

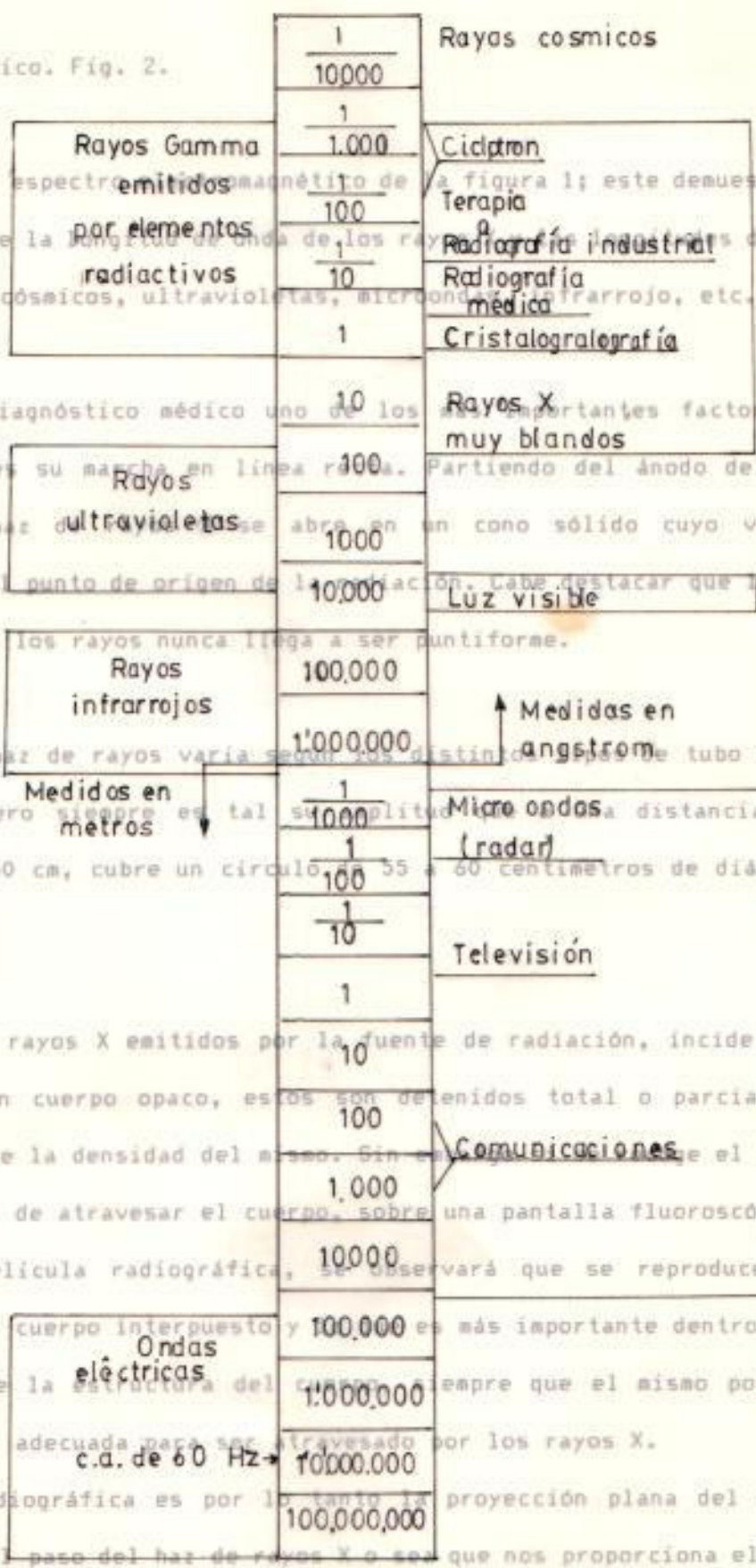


FIG. 2

electromagnético. Fig. 2.

Observemos el espectro electromagnético de la figura 1; este demuestra la relación entre la longitud de onda de los rayos X y las longitudes de onda de los rayos cósmicos, ultravioletas, microondas, infrarrojo, etc..

En el radiodiagnóstico médico uno de los más importantes factores de propagación es su marcha en línea recta. Partiendo del ánodo del tubo emisor, el haz de rayos X se abre en un cono sólido cuyo vértice corresponde al punto de origen de la radiación. Cabe destacar que la zona de partida de los rayos nunca llega a ser puntiforme.

El cono del haz de rayos varía según los distintos tipos de tubo emisor fabricado, pero siempre es tal su amplitud que a una distancia foco película de 60 cm, cubre un círculo de 55 a 60 centímetros de diámetro. Fig. 3.

Si el haz de rayos X emitidos por la fuente de radiación, incide en su camino con un cuerpo opaco, estos son detenidos total o parcialmente dependiendo de la densidad del mismo. Sin embargo si se recoge el haz de rayos X luego de atravesar el cuerpo, sobre una pantalla fluoroscópica o sobre una película radiográfica, se observará que se reproducen los contornos del cuerpo interpuesto y lo que es más importante dentro de la silueta se ve la estructura del cuerpo, siempre que el mismo posea la transparencia adecuada para ser atravesado por los rayos X.

La imagen radiográfica es por lo tanto la proyección plana del cuerpo interpuesto al paso del haz de rayos X o sea que nos proporciona el ancho

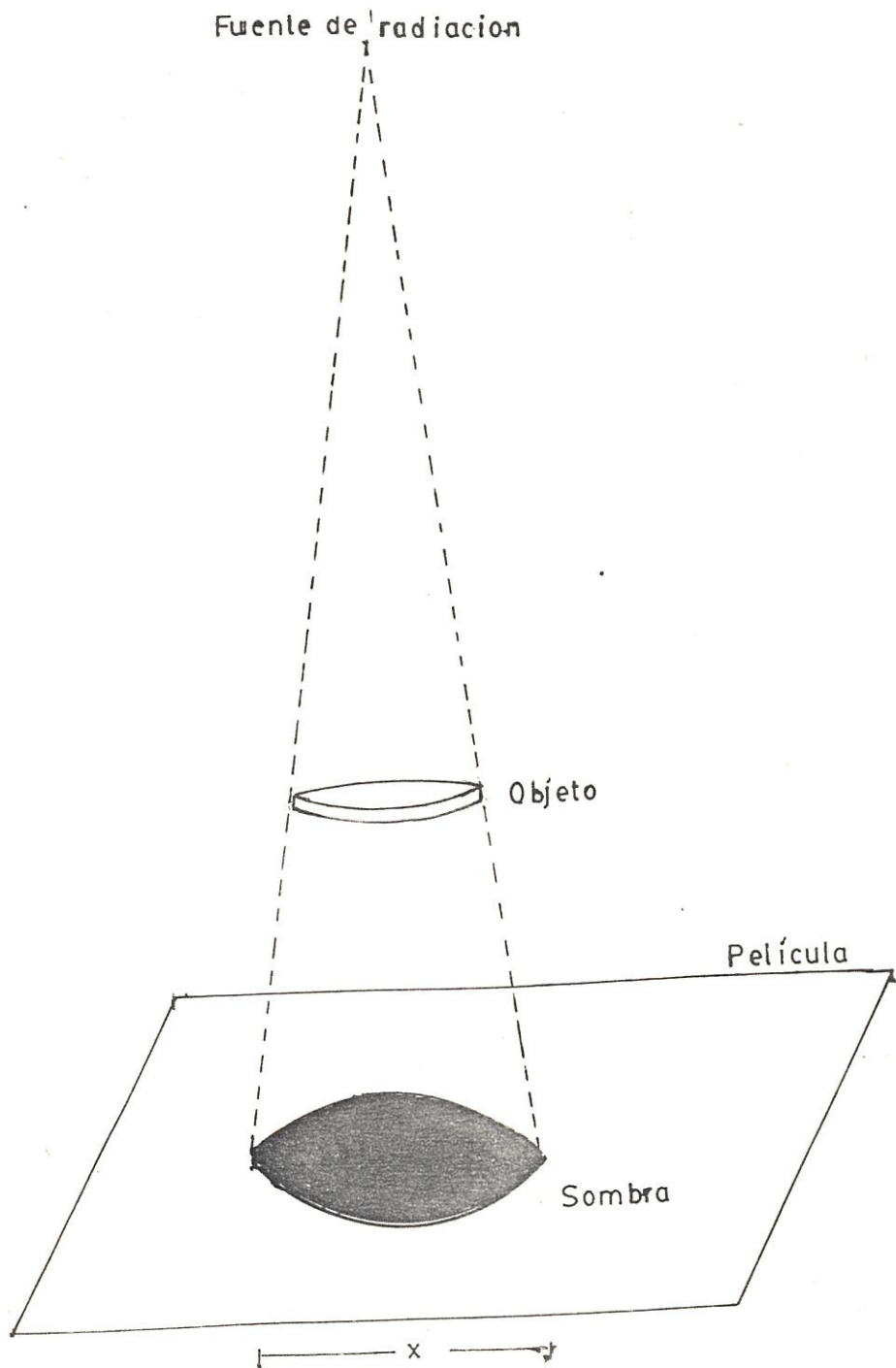


FIG. 3



y largo del mismo, en forma coplanar, pero no nos informa absolutamente nada sobre su espesor.

Es de interés por lo tanto conocer las propiedades de los rayos X para tener una concepción más objetiva, de los mismos:

- 1.- Los rayos X se propagan en línea recta con la velocidad de la luz, esto es 300.000 Km/s, los cuales no son desviados por campos magnéticos o eléctricos.
- 2.- Los rayos X sufren refracción, reflexión y polarización en estructuras cristalinas y en ciertas ocasiones en amorfas.
- 3.- Atraviesan los cuerpos opacos a la luz siendo absorbidos por ellos, directamente en función del espesor y peso atómico respectivo.
- 4.- Impresionan la placa fotográfica, por la propiedad química que poseen los rayos X, de descomponer el bromuro de plata, de que está revestida la misma.
- 5.- Vuelven luminiscentes a numerosos cuerpos, tales como el platinocianuro de bario, tugstato de calcio y en general a los sulfuros de cadmio.
- 6.- Los rayos X tienen la propiedad de ionizar los gases, convirtiéndolos de malos conductores de la electricidad en buenos conductores.
- 7.- La incidencia de los rayos X sobre un cuerpo provoca la aparición de la radiación secundaria (emitida por el mismo cuerpo) que es perjudicial en radioterapia y en radiodiagnóstico. En la primera función se neutraliza mediante el uso de filtros apropiados y en la segunda con el antidifusor Potter-Bucky.

8.- Los rayos X actúan biologicamente sobre el organismo humano, provocando modificaciones fisico-quimicas en sus células.

1.2.- EL RADIODIAGNOSTICO CARDIOVASCULAR.

Desde el tiempo de Claudio Galeno, médico grecoromano (Pérgamo 129-Roma 199) en la segunda centuria d.c. y científicos de la época, insertaron catéteres en arterias y venas para estudiar el sistema circulatorio. Desde los tiempos de Hipócrates, aire y agua fueron inyectados en la aorta de cadáveres en pruebas para entender el trabajo de las válvulas cardiacas. Los catéteres de entonces fueron cañuelas huecas o tubos de bronce, los mismos que eran de uso común. Cuando Willian Harvey cateterizó la vena cava inferior en un cadáver, él demostró que la sangre fluía hacia los pulmones y no a la periferia como usualmente se creía entonces.

En 1733 Stephen Hales insertó un tubo de bronce en el interior de una arteria periférica de un caballo y midió la presión sanguínea al tope de la columna de sangre, sobre 8 pies por encima del nivel del corazón.

Aquellos hombres y muchos otros fisiólogos contribuyeron al conocimiento del sistema circulatorio en animales y en cadáveres, mientras los cirujanos desarrollaban técnicas para controlar la hemorragia y manipular los vasos sanguíneos. En este tiempo, sin embargo no existían métodos para mirar el curso de la sangre completamente circulando o para visualizar la acción impulsora del corazón, excepto por canulación periférica o por mayores disecciones quirúrgicas.

Como ocurre frecuentemente en el avance de la ciencia, un descubrimiento

inesperado en otro campo permite un mayor avance en las mas variadas disciplinas del conocimiento.

Fue así que el 8 de Noviembre de 1.895, un fisico Wilhelm Conrad Roentgen, estuvo experimentando con un tubo de rayos catódicos Crookes-Hittorf, cuando él observó que algunos cristales de cianuro-platino de bario se volvian fluorescentes a cierta distancia del tubo. El célebre fisico informó este resultado un mes mas tarde del fenómeno, como "una nueva clase de rayos". Durante ese mes él puso papel, papel de estaño, aluminio, caucho duro, placas de vidrio con o sin alma de plomo, cobre, plomo, oro, platino y muchos otros materiales en el haz de los rayos X y pudo concluir que los materiales de mayor densidad fueron menos transparentes. El fue permanentemente archivando sus experimentos por la propiedad de los rayos X de producir imágenes, del cuerpo expuesto al haz de rayos, sobre las placas fotográficas. Las imágenes incluian varios cuerpos inanimados de su laboratorio y las sombras proyectadas de los huesos de su mano.

En el año siguiente, definia algunos de los factores que afectan la penetración de los rayos X: usando un tubo muy blando obtenia placas oscuras, en las cuales los huesos no estaban muy destacados; al contrario si usaba un tubo mas duro los huesos venian a ser claramente visibles en todos sus detalles, mientras las partes blandas eran débiles en comparación y por último si usaba un tubo demasiado duro obtenia solamente sombras débiles de algún hueso.

En Enero de 1.896 el primer angiograma fue realizado por inyección de un material similar al yeso, en la mano de un cadáver. Tomó 57 minutos la

exposición de los rayos X, para imprimir la placa fotográfica. Pronto arteriogramas fueron realizados en las extremidades y circulación central de cadáveres y animales, usando una variedad de agentes de contraste incluyendo aire, oxígeno, colada batida de yeso y otros materiales metálicos extraños.

Alwens y Frahek realizaron una suspensión de carbonato de bismuto en aceite y observaron las gotas fluir desde la aurícula derecha y ventrículo derecha; ellos también visualizaron la arteria coronaria por introducción del aceite en la ventrículo izquierda de animales.

En los mismos años rápidos avances fueron alcanzados por el sistema de imágenes. Thomas Edison desarrollo una pantalla de tungstato de calcio y la usó como una unidad fluoroscópica. Esta pantalla producía muy burdas imágenes comparadas con aquellas de las placas fotográficas. Sin embargo un físico de Boston, Francis H. Willians usaba tal unidad fluoroscópica para examinar la pulsación del corazón y el movimiento de los pulmones. Fue el primero en presentar un croquis del corazón en el tórax y pudo dar las primeras descripciones de las "siluetas", cuando él escribió que si no había un marcado contraste entre el espacio intercostal y las costillas o cuando el perfil de la clavícula y de órganos adyacentes no están definidos, debería suscitar la desconfianza del médico, de que algo anormal se presenta en los pulmones o la pleura. De esta forma la angiografía demuestra la suma importancia que tiene en el radiodiagnóstico.

Además aunque el sistema vascular ha sido cateterizado mucho antes que el

descubrimiento de Roentgen, el desarrollo de la angiografía fue principalmente obstaculizado por la falta de un agente de contraste seguro.

Ya en 1.896 mezclas de limo y sales de mercurio fueron inyectados en las extremidades de cadáveres lográndose la opacidad de los vasos.

En 1.919 Heuser realizó el primer angiograma en una persona viva por inyección de yoduro de potasio en la vena dorsal de la mano y observando las venas de la mano con un fluoroscopio. En otros pacientes, el siguió inyectando yodo en la venas periféricas hasta el corazón.

En 1.923 Berberich usaba bromuro de estroicio, que producía excelente opacidad a los rayos, pero producía una trombosis vascular. Aceite iodizado fue también inyectado para contraste de los rayos X de los sistemas arterial y venoso, incluyendo la vena porta.

La búsqueda de un agente de contraste seguro fue significativa todo el tiempo, hasta que los químicos alemanes, Arthur Binz y Curt Rath sintetizaron un buen número de compuestos yodados orgánicos que son excretados por el riñón. Reacciones alérgicas ocasionalmente ocurren cuando se usan estos agentes orgánicos, pero la frecuencia de efectos colaterales fue considerablemente reducida.

En 1.929 el Thorio fue usado para realizar angiografías cerebrales, pero mas tarde fue abandonado por cuanto la radioactividad residual, causaba tumores en el sistema reticuloendotelial. Compuestos de sodio fueron

probados y encontrados ser mejor tolerados por los humanos, que los otros yoduros orgánicos. Años más tarde y hasta la fecha se han desarrollado compuestos variados, consistentes de ácido benzoico tri-yodado, que tienen menos toxicidad que el conjunto de compuestos que contiene dos grupos de yodo.

Desarrollados agentes de contraste para lograr conjuntamente la mejor tolerancia de los humanos y la mejor opacificación a la exposición de los rayos X, para lograr angiografías nitidas que den el mayor aporte para un mejor radiodiagnóstico cardiovascular.

Uno de los hechos más asombrosos en la historia de la angiografía, es aquel del médico pionero que pasaba catéteres a través de sus propias venas para asegurar la técnica, antes de aplicarla a sus pacientes. Bleichroder reportó que él investigaba por un método para inyectar drogas cercano a los órganos deseados por cateterización venosa. Estos catéteres no alcanzaron el corazón pero llegaron a la localización central de la vena cava inferior. Igualmente cateterizó la arteria femoral por exposición directa bajo anestesia local del paciente, pasando un catéter inmediatamente.

En 1.929 Werner Forssman pasaba un catéter desde una vena del brazo hacia su propia aurícula derecha, demostrando la seguridad de introducir un catéter dentro del corazón.

Una de las primeras ilustraciones de un angiograma pulmonar, fueron publicadas en 1.931 por Egas Moniz, neurólogo portugués que también había

producido el primer angiograma cerebral.

Rousthoi desarrolló un método de rápida inyección del medio de contraste; él obtenía buena opacidad de las arterias aorta y coronaria, designando este método como "angiocardiografía", aún cuando el catéter no entró al corazón. Todos estos intentos para demostrar la morfología intracardiaca fueron fructíferos, pero llegó el tiempo de aprender la anatomía radiográfica.

En corto tiempo estos investigadores describieron la angiografía anatómica de un recién nacido normal, como también estrechamientos de conductos y órganos, defecto del tabique ventricular y transposición de los grandes vasos, en adultos. Su técnica consistía en inyectar el medio de contraste ya sea en la vena anterocubital o arteria carótida, para opacar la aorta descendente y su estructura, tal que no se opaque directamente la cámara izquierda del corazón.

Sin embargo desarrollaron un método de aortografía branquial retrógrada, introduciendo la técnica de inyectar el contraste contra el flujo sanguíneo; variaciones de esta técnica son usadas actualmente para angiografías vertebrales.

Por la década del 50 rutas de acceso alternas fueron intentadas para obtener información fisiológica necesaria para las novísimas técnicas emergentes en cirugía cardíaca, particularmente aquella de estrangulamiento mitral. Paralelamente Radner punzaba directamente la aorta de un hombre por la parte superior del esternón con una cánula.

Con el paciente sentado frente a una pantalla fluoroscópica, la aguja fue pasada en la aorta ascendente. Thorio fue inyectado por una jeringuilla de 20 a 30 mililitros en la forma más rápida posible. A la conclusión del procedimiento el paciente permanecía horizontal por espacio de una hora después que un examen fluoroscópico del tórax presentaba total normalidad, entonces podía caminar. Sin embargo las placas radiográficas mostraban debilmente la opacidad de la arteria coronaria.

La técnica de rutina radiológica visualizando las arterias coronarias fue primeramente desarrollada por Sonos y colaboradores en 1.959. Esta consistía en seleccionar directamente un catéter, luego introducirlo hasta el fin continuamente por una punción braquial, en cada una de las arterias coronarias. Monitorizando conjuntamente la presión aórtica y un electrocardiograma para asegurarse que la arteria no estaba ocluida; una inyección de poco material de contraste producía excelente opacidad con un cambio transiente circulatorio menor, solamente. Rickette y Abrams extendieron el concepto de cateterización coronaria selectiva ideando dos catéteres, uno para cada arteria coronaria. Estos podían ser introducidos percutáneamente hacia la arteria femoral por la técnica Seldinger. Para ello se usa un dispositivo de tres vías, una tras de otra y con válvulas de control para seleccionar rápidamente el registro de presión, además solución salina o agente de contraste será conectado a sus respectivos catéteres. Con cine-fluoroscopia esta técnica selectiva fue habilitada para mostrar no solamente las arterias coronarias sin superponerse desde las raíces aórticas, sino también las venas coronarias.

En 1.967 Judkins ideó un catéter para las dos arterias coronarias derecha

e izquierda que necesita muy poca manipulación para entrar fácilmente al ostium(base) coronario.

Posteriormente hasta la fecha se ha desarrollado diferentes formas de catéteres y otros refinamientos fueron introducidos por Bourassa y asociados, Schoonmaker y otros.

Todo lo anteriormente expuesto en el desarrollo del estudio del sistema vascular, no hubiera alcanzado el nivel actual si paralelamente a la investigación médica no se contaba con el avance tecnológico paulatino de los aparatos y equipos de apoyo del radiodiagnóstico para mostrar el flujo de sangre o material de contraste a través del corazón y vasos, así como también visualizar el movimiento del músculo cordial, válvulas y sus cámaras.

Dos tipos de equipo fueron desarrollados para este propósito, una usando cinematografía y la otra la técnica de las grandes placas.

Cineroentgenografía fue la unión íntima entre la película en movimiento y el aparato de rayos X. Dato interesante es que las dos técnicas fueron inventadas casi simultáneamente al final de 1.900. Poco antes John Mac Intyre, un físico escocés, tenía un laboratorio radiológico completo con un fluoroscopio de tubo Crookes y una pantalla de cianuro platino de potasio. El primero fotografió la pantalla fluorescente con una cámara para recopilar estructuras móviles en una serie de posiciones. La técnica probó ser demasiado lenta y él sustituyó por una cámara de cine localizada en una caja de plomo para prevenir la exposición indirecta de la película

por los rayos X dispersos.

En 1.937 cuando Stewart fotografió la imagen fluoroscópica con una cámara de cine de 16 mm usando un método que él más tarde usaría para estudiar males congénitos o adquiridos del corazón. Watson y Weinberg sincronizaron un obturador plomado para interrumpir el haz de rayos X entre figuras, de tal manera que reducía la cantidad de radiación recibida por el paciente. El cambiador de películas usado a baja velocidad para grandes cintas había sido el tópicó de varias críticas. Las máquinas desarrolladas eran de dos tipos básicos. En el primero, chasis de películas, cada uno cargado con una placa radiográfica, fueron rápidamente introducidas en el haz de rayos X para su exposición. En el segundo tipo, múltiples exposiciones fueron hechas en serie en un tiempo determinado, mientras continuamente el rol de la cinta con la película transportaba hacia el interior y fuera del haz de rayos X.

En 1.934 Caldas, un radiólogo portugués trabajando con Moniz y Dos Santos, desarrollaron un cambiador de chasises que tenía 6 unidades de 24 cm x 30 cm, montados sobre un disco que podía rotar, tal que una exposición por segundo podía ser ejecutada por una rotación manual de la rueda. Posteriormente Pérez desarrolló un motor impulsor del cambiador de chasises, que fue utilizado para muchas y variadas angiografías. Esta máquina podía cambiar 8 chasises a intervalos sumamente rápidos de medio segundo.

Diseños para filmación biplana fueron intentados por dos grupos separadamente en 1.950. Fredzell desarrolló un aparato en que los chasises

estaban moviéndose en dos planos, por la rotación de un tambor que coleccionaba los chasis y los transportaban al arca receptora. Este aparato podía contener 30 chasis en cada plano y exponerlas a una rata de 12.5 placas por segundo.

Axen y Lind, radiólogos suecos desarrollaron una mesa radiográfica que permitían simultáneamente exposiciones en ambas direcciones vertical y horizontal. Su máquina movía los chasis con un tornillo helicoidal, exponiéndolos al haz de rayos X a intervalos de medio segundo. Scot y Moore conectaron una cámara de guerra para usar en angiografías, tal que rápidas exposiciones múltiples podían ser hechas sin considerar la cantidad de película que podía ser cargada.

En la década del 70 la división de electromedicina de la empresa Philips lanzó un equipo al mercado, para mejorar ostensiblemente la práctica de la angiografía avanzada, de mucha confiabilidad. Este equipo conocido como el " Arco de diagnóstico ", optimiza el concepto del brazo " C " por medio de un soporte cenital especial, que permite el acceso al paciente, prácticamente sin ningún obstáculo. Debido a que todos los movimientos son realizados por el portador de rayos X, el paciente permanece seguro en una sola posición durante el examen.

El isocentro de rotación y ángulo puede ser colocado en cualquier posición con respecto al paciente, permitiendo todas las proyecciones prácticas a través de cualquier parte del cuerpo. La gradación automática del rayo permite que el flujo del medio de contraste sea seguido con facilidad, aún en la angiografía periférica.

Un cambiador de película de gran tamaño puede ser añadido si se requiere, lo cual es siempre recomendable para fines médicos, y en este caso se pueden intercambiar técnicas con solo oprimir un botón. Este modelo a sido desarrollado y difundido con gran variedad en Europa.

En los EE.UU. la GE Medical Systems, a optado por un modelo del brazo UL, que presenta las mejores características y ventajas, tanto constructivas como médicas, razón por la cual fue adquirido y posteriormente montado en la sala de procedimientos especiales del Hospital General de las Fuerzas Armadas de la ciudad de Quito.

Como es de esperarse muchas veces en la historia de las ciencias, el advenimiento de ideas no es muy continuo pero sirve de base a intervalos, lejos de alcanzar comprensión en una o dos generaciones, seguido por el desarrollo de técnicas y tecnología. La incidencia de máquinas, aplicaciones y cuidado de pacientes que ocurren en la sapiencia de ideas generadas por Roentgen, Forssman y otros está todavía ocurriendo décadas después que aquellos hombres anunciaron sus descubrimientos. Algunos de aquellos logros vienen a ser inesperados, algunos tienen un elemento de azar y algunos fueron el producto de alguna inteligencia científica entrenada y largas horas en el laboratorio.

CAPITULO SEGUNDO

DESCRIPCION DE LOS REQUERIMIENTOS

En la década del sesenta, los adelantos científicos pasaron del campo de la investigación al campo de la práctica diaria, con una rapidez sin precedentes ya que se introdujeron en los equipos médicos, el uso de los ordenadores para la obtención de imágenes y la cirugía de las arterias coronarias, para citar algunos logros.

Como se pudo observar, la aplicación de los ordenadores en el análisis de las imágenes, obtenidas con sistemas capaces de detectar la transmisión de fotones a través del cuerpo humano o la emisión de fotones después de la administración de un radiofármaco, hizo posible que el médico práctico pudiera obtener información anatómica y fisiológica, en circunstancias que le habían sido vedadas absolutamente con anterioridad.

Grandes cambios se dieron en los departamentos de radiodiagnóstico de todos los hospitales o clínicas. Nuevas modalidades de diagnóstico por imágenes tales como tomografía axial computarizada, angiografía digital, cardiología nuclear, ultrasonido, radiografía digital y tomografía computada de emisión.

El alto costo del equipamiento de las áreas mencionadas y de operación por la incorporación de la nueva tecnología, obligaron a médicos,

pacientes y directivos de la salud, a la aplicación de nuevos métodos administrativos. Relación costo/beneficio, control de calidad, sensibilidad y especificidad de los nuevos procedimientos, en comparación con los convencionales y el apropiado uso de los recursos.

En el balance costo / beneficio se incluyeron factores tan importantes como, inocuidad, morbilidad, rapidez, tiempo de internamiento, tiempo de reincorporación a la vida activa y repercusión ambiental. Estos conceptos administrativos fueron los índices para decretar muchas veces la validez o invalidez de los nuevos procedimientos.

Como ejemplo, cuando se comprobó que la Gammagrafía cerebral tenía mayor sensibilidad y especificidad que la Neumoencefalografía, menor morbilidad y no requería el internamiento del paciente, rápidamente se lo adoptó como el procedimiento de selección para el diagnóstico de tumores encefálicos. Aproximadamente cinco años después, la gammagrafía fue sustituida por la tomografía axial computarizada, considerando que los beneficios de una mayor resolución de está, superaba los riesgos consecuentes a la mayor radiación absorbida y principalmente su menor costo.

Se debe acotar en este punto, que el equipamiento del departamento de radiología data del año 76 con equipos de marca Siemens, requiriéndose a la fecha renovar por equipos de tecnología digital.

2.1.- NECESIDADES DEL RADIODIAGNOSTICO DEL HOSPITAL MILITAR.

La cobertura siempre creciente de la población potencialmente necesitada del radiodiagnóstico, en el departamento de Radiología alcanza la cifra

de 25.000 pacientes por año aproximadamente.

Dichos estudios se realizan en salas de diferente especialidad, por cuanto el HG-1 es un hospital general, que cuenta con la siguiente disposición:

- a) Sala radiográfica y fluoroscópica para estudios generales;
- b) Sala exclusivamente radiográfica;
- c) Sala de neuroradiología;
- d) Sala de tomografía axial;
- e) Sala de urología;
- f) Sala conjunta de craneografía y mamografía;
- g) Tomografía axial computada;
- h) Ultra sonido;
- i) Angiografía digital; y
- j) Medicina nuclear.

Todas las salas se encuentran completamente equipadas, pero las últimas cuatro son de las generaciones recientes, con tecnología digital, incluso de reciente adquisición.

Las necesidades del departamento de radiología son en realidad múltiples,, pero se las puede resumir en los siguientes estudios que necesitan de excelente resolución y absoluta precisión :

Exploraciones angiográficas que dependen de la zona de estudio de la circulación venosa-arterial, tales como :

Cerebro

Tórax

Todos los miembros.

Particularmente en la angiografía cerebral, se pueden obtener muchas

mejoras empleando la técnica de ampliación para las vistas tanto laterales como frontales. Otras aplicaciones serian las radiografías en película corriente, estereoradiografía, ventriculografía o cisternografía con contraste intracraneal positivo o negativo.

Los estudios de la cavidad torácica podrán realizarse con gran versatilidad, ya que sistemas cardiovasculares, convencionales fueron también usados para artereografías coronarias en orden para suplir diferentes vistas.

Artereografías coronarias selectivas, podrán ejecutarse usando el sistema video digital, que es una técnica mas precisa. Proyecciones adicionales serán requeridas para obtener plenos beneficios de esta técnica.

Con las estructuras U y C de los equipos recientes, el paciente podrá permanecer en la posición supina, mientras el haz de rayos X rota a su alrededor, mientras dure el examen. Otra necesidad por cubrirse en los próximos años es la del "intervencionismo radiológico" con técnicas perfeccionadas a través del ultrasonido, tomografía axial computada, angiografía digital, ecocardiografía etc., que darán parámetros del flujo sanguíneo alterado (fístula), registro de presiones, concentraciones de acuerdo al sitio de estudio de O₂ o P_{O2} que constituyen los registros de presión muestras, angioplastias y otras.

2.2.- PLAN TENTATIVO EN RADIODIAGNOSTICO CARDIOVASCULAR.

Con la adquisición del angiógrafo digital, con el Sistema Digital de Imágenes Cardíacas (DCI-S), que digitaliza la angiografía cardíaca para

procesos de diagnóstico o terapéuticos. Esta característica con alto contraste digital, procesa la imagen fluoroscópica paralelamente con cine/digital incorporado. El control remoto infrarrojo y sobre la línea de proceso con el eje alineado y provisto de filtro recursivo, da resultados en tiempo real del examen. DCI-E proporciona simple y plano dual de operación. DCI-S ofrece configuraciones simple y biplana con proceso de imagen extensivo, revisión y terminal de datos.

Tal es la capacidad de los equipos adquiridos como los descritos anteriormente, que los estudios a realizarse en el futuro en el radiodiagnóstico cardiovascular es invaluable.

El diagnóstico preciso de arterias coronarias deficientes por medio de la arteriografía coronaria, depende en gran parte, de como cada rama vascular del árbol coronario se imprime en la película. La óptima proyección radiográfica de los vasos, es obtenida cuando el haz de rayos X es dirigida en ángulo recto a la dirección longitudinal de los vasos. Como la mayoría de las arterias coronarias son curvadas y orientadas en direcciones diferentes, una serie de proyecciones angulares son requeridas para una apropiada visualización de la estructura vascular completa.

Imágenes de los vasos a la máxima longitud, no es todavía garantizada para la óptima visualización de los mismos. Superposición de ramales proyectados deberían también evitarse. Esta es otra razón para tener el equipo de rayos X, que permita un amplio margen de proyecciones dirigidas.

Dentro de los objetivos para el desarrollo futuro en el radiodiagnóstico

cardiovascular, la técnica de la selección de la dirección de las proyecciones juegan un papel preponderante.

Es obvio que las arterias coronarias pueden ser solamente visualizadas cuando un medio de contraste es inyectado. Sin embargo el tiempo que el medio de contraste permanece en la arteria, es insuficiente para permitir la angulación del haz de rayos X, alrededor del paciente para encontrar la proyección óptima. Además conseguir la óptima visualización de cada ramal individual, podría requerir un gran número de proyecciones diferentes, lo cual no es muy práctico. Para estos estudios sería conveniente realizar primero proyecciones estándar y basados en estos resultados obtener otras proyecciones, adaptadas a la anatomía específica de las arterias coronarias del paciente bajo investigación.

La selección de la proyecciones estándar, sin embargo, requerirá un profundo conocimiento de la topografía de las arterias coronarias, vistas de direcciones diferentes. Los médicos tendrán así compilado un conjunto de diagramas esquemáticos de las arterias coronarias, correspondientes a las proyecciones obtenidas por las variaciones del haz de rayos X con intervalos de 15° entre la proyección lateral izquierda y derecha, entre la proyección frontal y 45° la proyección caudal y entre la frontal y 45° la proyección craneal. Fig. 4.

Los beneficios y riesgos del examen radiodiagnóstico, sea con rayos X o isótopos radioactivos, puede expresarse en salud recuperada y salud perdida por la radiación o vidas salvadas y vidas consideradas perdidas por el deterioro genético o somático causado por la radiación. Los datos

publicados sobre comparaciones de beneficios / riesgos, por ejemplo, para los reconocimientos esqueléticos y pulmonares en masa, muestran que los beneficios exceden en mucho. Está demostrado que es también cierto en el caso de exámenes clínicos de pacientes. El esfuerzo deberá concentrarse en mejores medios y métodos para reducir el número de diagnósticos erróneos. Los riesgos deben ser estimados lo más realísticamente posible.

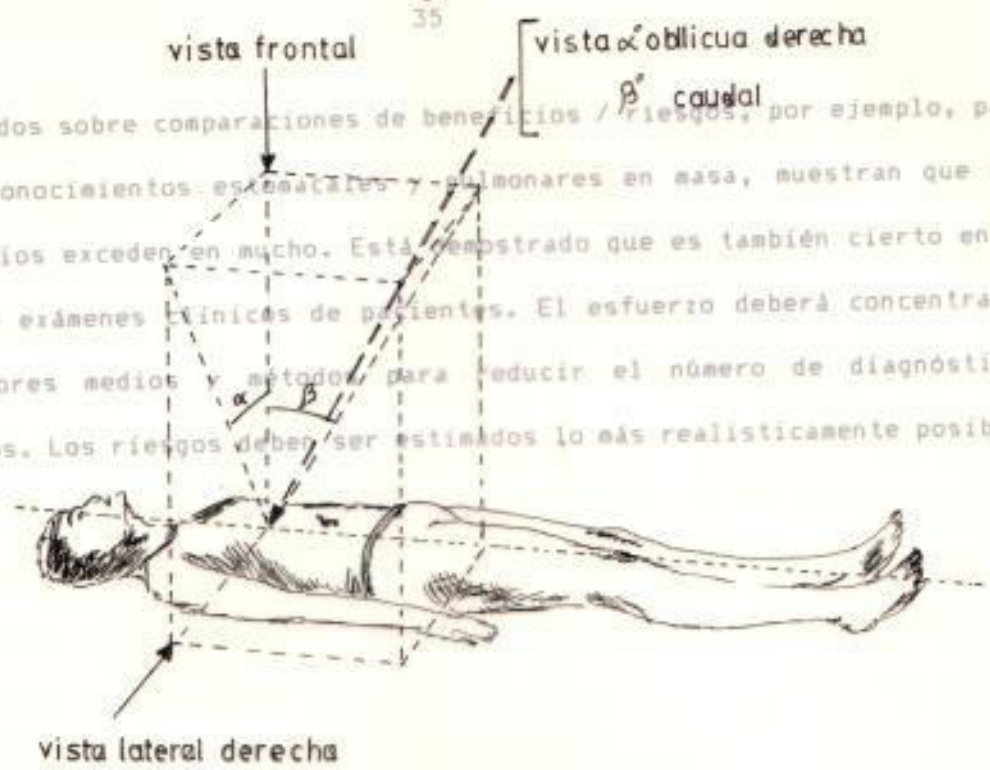


FIG. 4

publicados sobre comparaciones de beneficios / riesgos, por ejemplo, para los reconocimientos estomacales y pulmonares en masa, muestran que los beneficios exceden en mucho. Está demostrado que es también cierto en el caso de exámenes clínicos de pacientes. El esfuerzo deberá concentrarse en mejores medios y métodos para reducir el número de diagnósticos erróneos. Los riesgos deben ser estimados lo más realísticamente posible.

CAPITULO TERCERO

PROCESO DE INSTALACION DEL ANGIOGRAFO DIGITAL

El montaje de todos los equipos que constituyen el Angiógrafo Digital, marca General Electric, modelo MPX-125 LU-A generó una serie de planteamientos de carácter técnico que debían tomarse en consideración, incluso mucho antes que los equipos llegasen a su sitio de operación.

La firma en mención reglamenta cuales son sus obligaciones y cobertura de su trabajo solamente relacionado con los equipos, para mantener la garantía sobre el sistema, dejando para el usuario las preinstalaciones de carácter eléctrico, mecánico, hidráulico, sanitario así como la preparación del lugar.

Normalmente en nuestro medio equipos tan valiosos, con inversiones millonarias del orden de un millón y medio de dólares, son puestas en manos de empresas multinacionales para su montaje e igual tratamiento reciben las obras de infraestructura. Sin embargo en el caso presente todas las acciones relacionadas con las instalaciones correspondieron al departamento de mantenimiento del HG-1, con la responsabilidad directa del suscrito para ejecutar y tener a punto este proyecto.

La planificación de la instalación del angiógrafo digital, tuvo el principio orientador de definir los requerimientos correctos por parte

del fabricante del equipo, de los cuales se derivaron las acciones técnicas más adecuadas, para solucionar la totalidad de los problemas presentados de acuerdo a las normas específicas internacionales vigentes para unidades médicas, según la ingeniería de hospitales.

La ingeniería de detalle para cada una de las disciplinas constructivas fue la herramienta indispensable, tal el caso de ejecutar una nueva cámara de transformación eléctrica para independizar del resto del sistema de distribución de potencia, por cuanto se trata de equipos de emisión de rayos X. Además la tensión de trabajo del sistema de potencia del angiógrafo a 480 voltios que proporciona mejoras de orden técnico y económico que se verá oportunamente.

El detalle del equipamiento y las salas de control con las computadoras que requieren ambientes controlados para su operación, con cambios por hora del aire con límites de temperatura y humedad determinados, recorridos de los ductos de aire acondicionado y retorno, así como también la selección del equipo central de aire acondicionado y su equipo emergente, los cuales para su óptima operación recomiendan se confeccionen pisos falsos con recubrimiento de vinyl conductivo para eliminar la electricidad estática.

Por ser una sala de procedimientos especiales también se requiere la instalación de tomas de pared para los gases medicinales, como oxígeno y vacío tomando para el efecto la norma 56-A del National Fire Protection Association, que clasifica esta área como peligrosa, División 1 Clase 1,2,3.

La seguridad, acápite de suma importancia en la ejecución de este tipo de proyectos se la tomó en consideración tanto para el sistema eléctrico como para sus componentes en lo que se conoce como la seguridad intrínseca y en lo relacionado a la radiación electromagnética, inherente en los equipos de rayos X, con la construcción de las llamadas "barreras de protección", tanto para el paciente como para el personal médico y paramédico, evitando en lo posible exposiciones inútiles a la radiación secundaria.

En resumen se alcanzó el objetivo de poner a disposición de la población con afecciones cardiovasculares, un equipo con la tecnología de la última generación y la seguridad que el equipo médico requiere.

3.1.- GENERALIDADES DE LA INSTALACION

Los requerimientos de orden técnico solicitados por el fabricante, para la instalación del angiógrafo digital, corresponden a diversos campos de la ingeniería por lo sofisticado que representan su construcción, su interrelación para la operación y su montaje.

La ejecución de este proyecto necesitó elaborar especificaciones completas y detalladas en cada una de las áreas técnicas, como ingeniería civil, eléctrica, mecánica y electrónica.

En el orden administrativo se dio el paso inicial en el proceso de la instalación del sistema en mención, con la constatación física del listado de identificación de los equipos importados, el mismo determina todas las componentes mayores que comprenden el sistema, todos los accesorios y

herrajes necesarios para el montaje. Además todas las cajas embaladas son numeradas en orden consecutivo correspondiente a la secuencia normal de instalación del angiógrafo, como sigue:

brazo LU-A

mesa Omega II

módulo de potencia MPX-125

módulo de potencia auxiliar fluoro digital

transformador de alto voltaje

unidad de potencia de rayos X

gabinete de computadora

control master MPX

consola integral MPX radiografía/fluoroscopia

consola matriz fluoro digital DF 4000-5000

cables para la interconexión del sistema

monitores de TV

cámara multiformato

inyector automático del medio de contraste

consola de vigilancia de signos vitales

Con los equipos completos en el sitio se comprobó que las guías técnicas adoptadas en la ejecución de la obra civil, respondían adecuadamente a los requerimientos del fabricante. Para lograr la aprobación de la GE Medical Systems, para efectos de la garantía de sus equipos, se cumplió un cronograma extenso, por cuanto se modificó el área sustancialmente para dar cabida a todo el servicio de angiografía digital, que comprende:

Sala de procedimientos especiales como cateterismos para estudios

cardiovasculares, exclusivamente para hospitales de especialidades.

Sala de control e interpretación.

Cuarto oscuro.

Sala de computadora y equipos.

Sala de espera.

Cuarto de equipos de aire acondicionado.

Baño.

Por esta razón se desarrollará mas adelante y en forma completa la obra civil de la instalación, que como se mencionó anteriormente se la realizó mucho antes que los equipos se encuentren en el lugar de la instalación.

En relación a las restantes instalaciones, para poder lograr que la zona del angiógrafo digital tenga un funcionamiento óptimo, y a la vez la construcción de estas sean ágiles y con el mínimo de problemas, fue de vital importancia que durante el desarrollo del proyecto arquitectónico se elaboren las guías mecánicas contemplando todas las preparaciones que requirieron los equipos a ser instalados.

INSTALACION ELECTRICA

Este tipo de instalaciones son las que requieren del estudio más profundo, ya que serán el elemento fundamental en la sala de procedimientos especiales, que tiene una fuente de rayos X.

El estudio para la preparación de la guía se basó en los siguientes elementos:

- a) Capacidad de los transformadores y selección.

- b) Preparación de ductos para cables de alta tensión.
- c) Conduits EMT, ductos, cajas de registro para interconexión entre elementos comunes a las varias combinaciones de equipos.
- d) Derivación en alta tensión para nueva cámara de transformación.
- e) Alimentadora de baja tensión 460/277 voltios.

La interconexión entre elementos comunes está definida por el modelo del equipo, pero siempre se los empotró en las paredes, bajo las losas o externamente por canaletas. De tal manera que solo se tuvo salidas de los conductores en los correspondientes elementos como son:

controles de mando

transformador de alta tensión

mesa especializada Omega II

brazo UL-A

computadora

cámara multiformato

gabinetes de la sala de equipos

salidas eléctricas para utilización de equipos complementarios

control en acceso a la sala.

Aporte de extrema importancia es la alimentación eléctrica, que si es adecuada, nos permite el uso eficiente del equipo, obteniendo su óptimo rendimiento.

Esta alimentación eléctrica proviene de una cámara de transformación construida para este proyecto, y de ella en forma independiente, a la sala de equipos que se encuentra alejada, ya que por norma de seguridad la

cámara se construyó en el exterior; de ahí la necesidad de utilizar conductores de grueso calibre.

Otra condición que no se la puede pasar por alto es el corto tiempo de operación de los equipos de rayos X, 1/120 seg., 1/50 seg.. Por lo tanto la tensión debe ser eficaz y la caída en los conductores debe ser mínima.

También es de interés la posibilidad de disparos simultáneos, por cuanto se dispone de varias salas de rayos X, aún cuando la probabilidad que esto suceda es muy remota, sin embargo al dimensionar las alimentadoras eléctricas es un factor de importancia, la simultaneidad.

INSTALACION HIDRAULICA Y SANITARIA

Se requirió para los fines consiguientes, alimentaciones de agua fría y caliente de 13 mm de diámetro a una altura adecuada al equipo de revelado automático, de películas de rayos X.

Se instalaron los desagües adecuados para la evacuación de los líquidos de la máquina reveladora automática e igualmente de la manual, de 50 mm de diámetro, de pvc por cuanto contiene ácidos. Similarmente las conexiones para un vertedero clínico para el lavado de los rodillos de arrastre de las procesadoras.

El filtrado de la alimentación hídrica a estos equipos se hace necesario debido a la turbiedad de las aguas, por lo que es indispensable colocar uno o dos filtros en serie con retención de 5 micrones para garantizar la pureza del líquido de alimentación.

PROTECCION RADIOLOGICA

La información técnica que se consultó para la ejecución de las protecciones a la radiación se basó en los manuales de National Council on Radiation Protection y de la International Commission on Radiological, además de considerarse como vigentes las normas de protección del país que fabricó el equipo.

En los mencionados manuales se encuentran una tabla de distancia para sala de rayos X, para radiación directa y para radiación secundaria. Como simple información se calcula la protección de rayos X tanto en plomo como en concreto, y como ejemplo para un haz primario de rayos X a 1.5 m de distancia. Encontramos una protección en plomo de 1.9 mm equivalente en concreto a 15.5 cm y a un aplanado de 3 cm de barita sobre muro de tabique de 14 cm, siendo el aplanado de barita, motivo de control de densidad y de calidad del aplanado.

De acuerdo a lo anterior la protección será de 2 mm de plomo en la zona del operador de rayos X y pared que colinda con áreas donde siempre hay personas constantemente.

Por experiencia en trabajos similares se concluyó que tanto los pisos y los techos que son de concreto, actúan como buenos absorbedores de la radiación.

Lo importante al ejecutar la construcción fue de dotar de las protecciones adecuadas contra las radiaciones ionizantes a los operadores, médicos y pacientes aún cuando las investigaciones sobre el efecto de estas

radiaciones exige usar mandiles, guantes, mamparas panorámicas plomadas tanto al técnico de rayos X como al paciente. Normalmente para protección del operador donde se localizan los controles y en este caso se construyó una ventana panorámica de 2.4 m x 0.9 m de vidrio plomado como lo indican las normas, pero no se lo colocó por su alto costo que no es justificable.

INSTALACIONES DE OXIGENO Y VACIO

Por las características médicas que reviste esta sala de procedimientos especiales, con todos los requerimientos necesarios para los estudios cardiovasculares, también se la dotó de tomas de pared dobles de oxígeno y vacío, tomando una derivación del sistema central con que cuenta el Hospital.

La instalación se la realizó con tubería de cobre tipo K, ubicando a la entrada de la sala la respectiva caja de válvulas de corte, del suministro de los gases medicinales para situaciones de emergencia. Dichas válvulas son de cierre rápido, esto es de media vuelta con asientos de vitón para evitar efectos germicidas. El sistema sellado se lo desinfectó con nitrógeno para asegurarse su hermeticidad para el trabajo continuo que posteriormente desempeñará a 50 psi.

Esta instalación obedece a la norma 56 A del NFPA americano, vigente para salas con atmósferas de gases inflamables y anestésicos, que se utilizan en los estudios angiográficos.

Como puede apreciarse las instalaciones hospitalarias son por naturaleza complejas y dado la dinámica de sus objetivos las mismas deben ser

ejecutadas con el mayor cuidado posible, tanto que la atención de la salud de las personas deben brindarse en forma continuada y lo más segura posible.

3.2.- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO ELECTRONICO

Dada la complejidad del equipamiento electrónico, que comprendió el sistema del angiógrafo digital GE MPX 125 LU/A, detallo a continuación una somera descripción sinóptica de todos sus componentes, y un diagrama bloque de sus interconexiones, Fig. 5, así como también de la disposición de los equipos, Fig. 6.

Punto	Componente	Descripción
A1	-----	Estación de emergencia para rayos X botonera de propósito general, 24 V, normalmente abierto para disparo paralelo.
A2	-----	Botonera de desconexión de emergencia de los rayos X, desde el panel.
A3	-----	Mesa Omega II, 30 A, 120 V desde el switch de seguridad o del circuito

breaker, Nema 1, teniendo aislado el neutro a tierra, provisto para alimentar a través o por conexión sólida para la tierra y neutro.

C	Transformador	Interconectado con el gabinete que constituye el módulo de potencia.
DF	Interfase digital	Apertura en el piso del computador.
DP	L/U digital display	Ruta de cables hacia el punto TV.
EC	Fluoro digital	Apertura en el piso del computador.
EC1	Salida eléctrica F/D	Caja a 45 cm del piso falso.
IC	Consola integral	Apertura de 15x15 cm en canaleta.
J	Mesa omega II	Apertura de 30x25 cm en losa de piso.

L	Tanque de cine exafocus	Apertura 15x15 en ducto de pared.
LGS	Barrera de vidrio plomado	Caja de 4"x4"x4" en el cielo falso.
MC	Control master	Apertura en computadora, aislado.
MC2	Camara multiformato	Apertura de 6"x6" en ducto de pared.
P	Control separado	Apertura de 6"x6" en ducto de pared.
P1	Selectividad eléctrica	Apertura en la placa del computador.
PC	Gabinete de potencia	Apertura en piso falso en sala de equipos.
PM	Módulo de potencia	Apertura de 8"x8" en ducto de pared.
PM2	Módulo de potencia digital	Apertura de 6"x6" en ducto de pared.
SC,SC1	Gabinetes del sistema	Aperturas en ducto y piso falso.

TV,TV2	Monitores de televisión	Caja de 4"x4"x3" en cielo falso.
TV1	TV fluoro digital	Caja de 4"x4"x2" doble placa.
U	Aguilón para cables LU	Caja de 18"x18"x12" en cielo raso.
VHR	Gabinetes de alta	Apertura de 8"x8" en ducto de pared.
VT	Terminal digital A/N	Apertura de 8"x8" en ducto de pared.
VTR	Grabadora de video	Apertura de 4"x4" en ducto de pared.
WL	Luces piloto	Indica unidad de rayos X energizada.
X	Equipo de monitoreo	Apertura en ducto de pared.

3.3.- OBRA CIVIL DE LA INSTALACION.

La planificación de la ampliación del departamento de rayos X, con la adquisición y montaje del angiógrafo digital, requirió de un cuidadoso estudio, por cuanto desempeñará funciones muy importantes en el diagnóstico médico y por lo tanto es un apoyo vital en la rehabilitación

del derechohabiente de la unidad hospitalaria. Para la construcción de un servicio que basa su función en la emisión de radiaciones, es necesario tomar en cuenta tres factores:

- a) Localización
- b) Disposición y dimensión de las diversas dependencias. Y,
- c) Medidas de protección.

Tratándose de una readecuación y ampliación y la actividad a desarrollarse en las nuevas salas, requirió sus propias dependencias específicas y la existencia y desarrollo futuro, depende de la magnitud y propósitos del hospital.

Siendo la angiografía un servicio de radiodiagnóstico, fue conveniente ubicarlo en un lugar que tenga buena relación con la Consulta Externa y que además el público tenga un fácil acceso.

Los ambientes previstos, tomando en consideración los limitados espacios disponibles, fueron internos lo cual no es lo más conveniente, pero se trató en lo posible de evitar vecindad con locales de permanencia constante, con el fin de bajar los costos en las medidas de protección.

La disposición de este servicio, incluyó:

- a) Sala de procedimientos especiales como cateterismo, para estudios cardiovasculares, de 7m x 5m x 4m.
- b) Sala de control e interpretación, de 3m x 5m x 3m.
- c) Sala de computadora y equipos.
- d) Cuarto oscuro, con áreas para manipulación seca y húmeda. Su acceso

es a prueba de luz a través de laberintos, de 3m x 3m x 3m.

- e) Ambiente para preparación de medios de contraste, de 2m x 2m.
- f) Ambiente para equipos de aire acondicionado, 2m x 5m.
- g) Servicios sanitarios. Siempre es necesario debido a los enemas usados antes de practicar ciertos exámenes radiológicos.

Como ya se mencionó anteriormente, una de las características o factores en esta clase de servicio, son las medidas de protección con fines de aislar las radiaciones peligrosas a los pacientes y los profesionales que trabajan en ambientes contiguos. Los límites de seguridad internacional establecidos para exposición de todo el cuerpo a las radiaciones son 0,3 roentgen por semana, dosis que un individuo puede recibir toda su vida, sin peligro.

Como sabemos en la evaluación de los daños causados por radiaciones es necesario considerar varios elementos, tales como:

- a) Tiempo de exposición.
- b) Dirección del haz radiante.
- c) Poder de penetración.
- d) Intensidad de la radiación.

Como la dosis esta dada por el producto de la intensidad por el tiempo, este factor es esencial en la evaluación de los daños. Para radiodiagnóstico, por ejemplo el tiempo de exposición es de segundos o fracción, por lo tanto resulta inofensivo para el paciente y se considera que la cantidad de radiación correspondiente a un día de trabajo intenso en radiodiagnóstico, es inferior a la de una aplicación de radioterapia.

En radioterapia, por ejemplo, las radiaciones son de reducido poder de penetración, pero el haz de radiaciones está dirigido hacia el propio radiólogo después de atravesar el cuerpo del paciente. El servicio de radiodiagnóstico no requiere medidas especiales de protección y generalmente las paredes de ladrillo macizo (mambrón) de 40cm x20cm x10cm, garantizan suficientemente la absorción a toda la radiación parásita o secundaria, que pudiera ser nociva a los locales contiguos.

También si recordamos la ley de los cuadrados de las distancias que regula la propagación de la energía radiante, veremos cuan importante es el elemento " distancia ", como medida de protección. De aquí la importancia del uso de salas grandes para montar los equipos de rayos X. En general podemos decir que la protección va en función de la potencia del aparato, de las distancias del aparato a las paredes del ambiente, de la frecuencia de uso del equipo y del tipo de protección.

El aislamiento o protección de las salas, puede hacerse empleando varios materiales tales como el plomo, concretos de alta densidad, ladrillos con contenido de bario. El espesor de las paredes o capas protectoras debe ser objeto de cálculo y después de construido debe ser probado.

EJECUCION

La obra civil, debido a la urgencia de su ejecución, comprendió dos frentes de trabajo simultáneamente, que incluyó:

- 1) La sala de angiografía y sus ambientes auxiliares.
- 2) La cámara de transformación para el TAC y el angiógrafo digital.

La construcción del ambiente de procedimientos especiales y anexos,

contaron con una guía mecánica que puede resumirse en el siguiente cronograma:

a) Derrocamiento de mampostería	250 m ²
b) Retiro de vinyl y limpieza	112 m ²
c) Desmontaje de divisiones de aluminio y vidrio	50 m ²
d) Desmontaje de cielo falso	150 m ²
e) Mampostería de ladrillo manbrón	200 m ²
f) Resanado de cemento de paredes y pisos	500 m ²
g) Cielos falsos de fibra mineral	180 m ²
h) Pintura general	350 m ²

En términos generales, fue como toda construcción civil; lo que dio características especiales a esta ampliación fueron tanto las instalaciones, como las medidas de protección.

- 1) En primer lugar la instalación eléctrica por su papel preponderante al proporcionar la energía segura, al equipamiento electrónico complejo que constituye el angiógrafo digital, se lo trata en extenso en el acápite 3.3.
- 2) Sistema de aire acondicionado y ventilación, que incluyó la guía mecánica siguiente:
 - a) Planos de ductos.
 - b) Planos de detalle.
 - c) Plano isométrico.

Los mismos contenían la ubicación de los equipos, trayectoria de los

ductos, su material, sus dimensiones, también de los difusores y rejillas de inyección de piso falso, en el ambiente de la computadora, así como los ductos de retorno para la recirculación del aire.

3) Pisos conductivos.

El N.F.P.A. ha realizado estudios y revisiones continuas, recomendando un suelo conductivo, con estándar comprendido entre 25.000 a 1.000.000 de ohmios.

El modo de evitar la electricidad estática, está en la utilización de un piso conductivo; éste debe comportarse como un instrumento eléctrico, de tal manera que pueda eliminar la carga estática y mantener el nivel equipotencial para evitar o disminuir el riesgo de choque eléctrico.

Una vez que se tuvo el piso correctamente alisado, sin grietas y seco, se procedió a colocar el pegamento conductivo y luego la malla de cinta de cobre (0,5 mm de espesor x 254 mm de ancho), para finalmente colocar las planchas, de yarda cuadrada, del vinyl conductivo de marca VPI americana.

Similar tratamiento se dio al ambiente correspondiente a la sala de equipos, donde se encuentra ubicada la computadora del sistema vascular; tomando en consideración que el piso falso de esta área, se encuentra a 20 cm por encima del nivel de la losa sobre una estructura de tubo cuadrado de 2", y planchas de tol negro de 1/4", desmontables parcialmente, para efectos de instalación y

posteriormente para la conservación de la misma.

En los dos casos la malla denominada de "oropel", se la recogió en los puntos terminales y se la interconectó con la barra de tierra del sistema eléctrico.

4) Equipamiento estructural.

Otro aspecto importante de la obra civil, fue la ejecución de la estructura de suspensión XT radiográfica de pared a pared, por cuanto la condicionante del fabricante, consistía que al tener un peso hacia abajo de 350 libras u horizontalmente, en cualquier punto de la riel estacionaria, la estructura no debe pandear más de 1/16".

La estructura o soporte equivalente en el cielo, debe ser tal que permita una rápida instalación de los rieles de transporte. Los soportes serán colocados como muestra la Fig. 7, paralela, cuadrada y en el mismo plano horizontal, a ras con el acabado del cielo falso. Las rieles son montadas para soportar entre ellas, cada 2' 4" (711 mm) si se requiere las 350 libras.

La metódica usada para soportar la estructura de hierro, consistió en proporcionar apoyos fijos en los extremos de los perfiles estructurales en "C" y cada 1/3 de la longitud total del perfil, se soldó varillas corrugadas de 3/4", a las vigas descubiertas de la losa superior.

Igual procedimiento se implantó para la pantalla de vidrio plomado suspendida y para el soporte que recibe los cables que vienen de los

57

equipos al brazo UL-A.

También para el anclaje de la base soporte del brazo mecánico LU-A en la losa del piso y de la mesa especializada Omega II, se siguió las guías mecánicas adecuadas para un correcto montaje.

CAMARA DE TRANSFORMACION.

La construcción de la nueva cámara, fue otro frente de trabajo de la obra civil, para lo cual se determinó su ubicación en el perímetro exterior de la planta baja, a unos 100 metros **ISOCENTRO** por detrás de la sala de equipos del angiógrafo.

La nueva construcción muy cercana a la cámara antigua de los equipos de rayos X convencionales con que cuenta el HG-1, esto es para alimentar las salas de radiografía y fluoroscopia para estudios generales, tomografía axial, neuroradiología, craneografía, mamografía; obedeciendo al diseño eléctrico de realizar una derivación alta tensión para energizar la cámara exclusiva del angiógrafo.

La mencionada cámara para su operación, debe tener la autorización inicial de la E.E.O., desde su construcción y la aprobación de la ejecución de la misma para que pueda ser energizada, lo cual ocurrió en el mes de agosto del año 60.

EQUIPAMIENTO ESTRUCTURAL

2.4.- SISTEMA ELECTRICO DE LA INSTALACION ESCALA 1:50

La estandarización en las alimentadoras eléctricas a equipos de rayos X de uso médico, requiere de un sistema de potencia selectivo, respecto a los diferentes ramales de distribución eléctrica en baja tensión de una

FIG. 7

equipos al brazo UL-A.

También para el anclaje de la base soporte del brazo mecánico LU-A en la losa del piso y de la mesa especializada Omega II, se siguió las guías mecánicas adecuadas para un correcto montaje.

CAMARA DE TRANSFORMACION.

La construcción de la nueva cámara, fue otro frente de trabajo de la obra civil, para lo cual se determinó su ubicación en el perímetro exterior de la planta baja, a unos 100 metros horizontalmente por debajo de la sala de equipos del angiógrafo.

La nueva construcción muy cercana a la cámara antigua de los equipos de rayos X convencionales con que cuenta el HG-1, esto es para alimentar las salas de radiografía y fluoroscopia para estudios generales, tomografía axial, neuroradiología, craneografía, mamografía; obedecia al diseño eléctrico de realizar una derivación en alta tensión para energizar la cámara exclusiva del angiógrafo.

La mencionada cámara para su operación, debe tener la autorización inicial de la E.E.O., desde su construcción y la aprobación de la ejecución de la misma para que pueda ser energizada, lo cual ocurrió en el mes de agosto del año 88.

3.4.- SISTEMA ELECTRICO DE LA INSTALACION

La estandarización en las alimentadoras eléctricas a equipos de rayos X de uso médico, requiere de un sistema de potencia selectivo, respecto a los diferentes ramales de distribución eléctrica en baja tensión de una

típica red hospitalaria.

Por lo tanto tenemos que la capacidad de esta alimentadora, sus conductores y los aparatos de protección, no serán menor que el 50% de la carga momentánea o el 100 % de la carga, para una exposición de operación de 5 minutos o mayor.

Cabe destacar que el angiógrafo digital, instalado y operado en la sala de tratamientos especiales, en la cual está presente una atmósfera con mezcla de gases anestésicos, se la dotó de medios de seguridad para prevenir la acumulación de cargas electrostáticas, por lo tanto todos los aparatos de control del equipo de rayos X, switches, relays, medidores y transformadores serán totalmente sellados. Similarmente cables de alto voltaje serán efectivamente aislados de tierra y además correctamente tendidos para evitar contactos accidentales y obviar daños mecánicos o eléctricos.

De lo anteriormente expuesto sobre la importancia del suministro de la energía eléctrica en este tipo de salas de procedimientos especiales, se concluye que el diseño eléctrico del sistema debe cumplir todas las normas y requisitos del Código Eléctrico Nacional, para instalaciones de este género.

Las características técnicas que tiene el sistema eléctrico, son las siguientes:

Potencia aparente	160 KVA
Voltaje primario	6.000 Voltios

Voltaje secundario	480/277 Voltios
Factor de potencia	0.9

Estos parámetros tan importantes, así como la longitud de la alimentadora a la sala de equipos son de vital importancia para diseñar en forma acertada y eficiente el sistema de potencia, de tal manera que el fabricante de los equipos médicos este seguro de una buena instalación eléctrica.

Para lograr el objetivo de una óptima instalación para el montaje del angiógrafo digital, se concluyó que el diseño debía realizarse con los mejores criterios de la distribución de potencia eléctrica y posteriormente una impecable ejecución del sistema; por lo tanto describiremos brevemente algunos criterios orientadores que se tomaron en consideración en la fase de la planificación.

CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE POTENCIA

El mejor sistema de distribución de potencia eléctrica, es aquel que en forma conjunta es el más económico y además seguro, supliendo el adecuado servicio eléctrico para las condiciones de operación del angiógrafo.

La función del sistema de distribución de potencia eléctrica requerido por el equipo en mención, incluido todos sus componentes, es entregar la energía eléctrica en todos los puntos necesarios para la operación normal del sistema vascular. La importancia del sistema de distribución para el cometido de los equipos, hace imperativo que el mismo sea el mejor sistema diseñado e instalado.

Esto implica, que los datos de la carga deben ser precisos y un buen conocimiento de los varios tipos de sistemas de distribución de potencia eléctrica, que son aplicables y ejecutables.

En general los sistemas de distribución de potencia, tienen que resolver los problemas específicos, particulares de cada instalación, como en el caso presente, pero ciertos principios son básicos y comunes a todos ellos que permite que el diseño sea ejecutado con normalidad.

Los principios básicos o factores de consideración durante la fase del diseño del sistema de distribución de potencia incluye:

- a) Funciones de estructura presente y futura.
- b) Vida útil y flexibilidad de la estructura (disposición de las partes de un todo).
- c) Localización del primario de la red local y equipo de distribución, ubicación y características de la carga, ubicación de la cámara de transformación.
- d) Factores de demanda y diversificación de la carga.
- e) Fuentes de potencia.
- f) Distribución y niveles de voltaje.
- g) Barras y cables de las alimentadoras.
- h) Seccionadores y equipo de distribución.

Para desarrollar el proyecto del cual estamos tratando, es deseable como ya se mencionó, tener la información pertinente de la carga pero lo que realmente se necesita, es el conocimiento de la función del sistema, requerimientos y características de la utilización de los equipos que

constituyen el angiógrafo digital.

Además, se debe conocer si ciertas cargas funcionan separadamente o simultáneamente como una unidad, la magnitud de las demandas de las cargas tomadas separadamente o como unidad, el nivel de voltaje de operación y la frecuencia de uso, su disposición física con respecto al equipamiento del sistema vascular así como también con la fuente de alimentación y aún más la probabilidad o posibilidad de la reubicación de las cargas e incluso adición de nuevas cargas en el futuro.

ANALISIS DEL SISTEMA

Una mejor consideración en el diseño de un sistema de distribución de potencia eléctrica, es asegurar que el mismo provea la calidad requerida de servicio a la carga en condiciones normales y en el caso de presentarse anomalías proveer la protección deseada al sistema y los equipos, tal que las interrupciones de servicio sean minimizadas, consistentemente con un buen diseño eléctrico, mecánico y económico.

Bajo condiciones normales de operación, los factores técnicos importantes incluyen nivel de voltaje, pérdidas, flujo de carga, efecto de arranque de motores grandes, continuidad del servicio y confiabilidad.

En condiciones de falla, las consideraciones notorias son la protección del equipo, aislamiento de la falla y continuidad del servicio eléctrico.

Durante la etapa preliminar de planificación, antes de seleccionar los aparatos de distribución, el sistema eléctrico debe ser analizado y

evaluado, incluyendo conjuntamente los factores técnicos y económicos. Durante esta fase del proyecto el sistema de distribución también debe ser analizado en condiciones normales y de falla.

Los principales tipos de programas computarizados, utilizados actualmente para proporcionar estudios o análisis de sistemas eléctricos de potencia incluyen:

- a) Corto circuito. Identifica corrientes de falla trifásica y de línea a tierra e impedancias del sistema.
- b) Rendimiento de los circuitos breakers. Identifica corrientes de falla asimétricas basadas en la relación X/R.
- c) Coordinación de las protecciones. Determina características y montaje de relés de protección, de voltaje medio.
- d) Flujo de carga. Simula condiciones de carga normales con los voltajes del sistema, factor de potencia, cargas en las líneas y transformadores.
- e) Arranque de motores. Identifica los voltajes del sistema y torques de los motores grandes cuando arrancan.

Los cálculos de corto circuito definen momentáneamente las corrientes de falla (para breakers LV, rendimiento de fusibles y reforzamiento de barras) en cualquier punto seleccionado del sistema y también determina el efecto sobre el sistema, después de la eliminación de líneas debido a la operación de los breakers e interrupción programada en el suministro de potencia a las líneas. Con el uso de programas computarizados es posible identificar la corriente de falla en cualquier barra, en cada línea o fuente conectada, a la barra de la falla o en cada barra adyacente o en

las dos subsiguientes, también corrientes en cada línea o fuentes del sistema. Los resultados de aquellos cálculos permiten optimizar el servicio a las cargas, mientras se aplican apropiadamente los equipos de distribución con los límites requeridos.

Describiremos brevemente los tópicos de interés que se toman en consideración para la programación respectiva.

CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

La cantidad de corriente proporcionada en una falla de cortocircuito, esta determinada por la capacidad de las fuentes de voltaje del sistema y la impedancia del mismo, incluyendo la falla. Son consideradas fuentes de voltaje, la que suple la potencia (servicio local o generador), mas todas las máquinas rotatorias conectadas al sistema, al momento de producirse la falla. Una falla puede ser un arco o relámpago, independiente o conjuntamente. En una falla de arco, parte del voltaje del circuito se consume a través de la falla y la corriente de falla total es algunas veces más pequeña, que para una falla atmosférica o relámpago, tal que esta última condición aporta con un valor mínimo en los cálculos de falla.

Básicamente la corriente de corto circuito esta determinada por la ley de Ohm, excepto que la impedancia no es constante, por cuanto alguna reactancia esta incluida en el sistema. El efecto de la reactancia en un sistema de potencia de corriente alterna, es la causante para que la corriente inicial sea alta y luego decrezca hacia un estado estable o valor estabilizado. La curva de la corriente de falla esta compuesta de una componente de corriente directa decreciendo exponencialmente en el

tiempo, superpuesta a una componente de corriente alterna también decreciente. La rata de decrecimiento de ambas componentes de corriente directa y alterna, depende de la relación de la reactancia a la resistencia (X/R) del circuito. Si la relación es mayor, la corriente de falla alcanza valores mas altos, comparado con el valor del estado estable, el mismo que debería alcanzar eventualmente.

La corriente total de falla no es simétrica con respecto al eje del tiempo, debido a la componente de corriente directa, por eso es llamada corriente asimétrica. La componente de corriente directa depende del punto sobre la onda de voltaje, en que la falla se inicia.

La componente de corriente alterna no es constante, si las máquinas rotatorias están conectadas al sistema, por que la impedancia de estas máquinas, no es constante. La rápida variación de la impedancia de motores y generadores es debido a los siguientes factores:

Reactancia subtransiente (X_d''), determina la corriente de falla durante los primeros ciclos y después de cerca de 6 ciclos, este valor se incrementa a la:

Reactancia transiente (X_d'), que determina la corriente de falla después de los 6 ciclos y este valor es la mitad para 2 segundos, elevándose al valor de la:

Reactancia sincrónica (X_d) que determina la corriente de falla después de alcanzar la condición de estado estable. Esta no afecta tanto al cálculo de la corriente de corto circuito, pero si es utilizada en la

determinación de los relés. Fig. 8.

La impedancia del transformador, en porcentaje, es definida como aquel % de la relación del voltaje primario que debe ser aplicado al transformador, para producir el flujo de corriente nominal en el secundario, cuando este está en corto a través de una resistencia de valor cero. Así, asumiendo que el voltaje primario puede ser mantenido (generalmente referido a una infinita e ilimitada fuente), la máxima corriente que el transformador puede entregar a la condición de falla, es la cantidad (100 dividido % de impedancia) de veces la corriente de régimen del secundario del transformador. Limitando la fuente de potencia la capacidad de falla, que reducirá al máximo la corriente de falla desde el transformador.

La red eléctrica que determina la corriente de corto circuito, consiste de un voltaje impulsor de corriente alterna, igual al voltaje de prefalla del sistema, y una impedancia hacia atrás desde el punto de falla.

En redes de alto voltaje y medio voltaje, es generalmente satisfactorio observar la reactancia como la entera impedancia, pudiendo anularse la resistencia. Sin embargo esto es permisible normalmente si la relación X/R , del sistema de medio voltaje es mayor o igual a 25.

En sistemas de bajo voltaje, los cálculos son usualmente minuciosos para dar mayor precisión, por la inclusión de las resistencias con las reactancias, para dar la impedancia. Es por esta razón, mas fácil de manipular las impedancias de cables, barras y transformadores de los

ESTRUCTURA DE UNA ONDA DE CORRIENTE ASIMETRICA

- 1 Onda alterna Asimétrica 67
- 2 Valor RMS de corriente Total
- 3 Componente Alterna de la onda Asimétrica
- 4 Valor RMS de la componente Alterna
- 5 Componente Directa - El eje de la onda Asimétrica

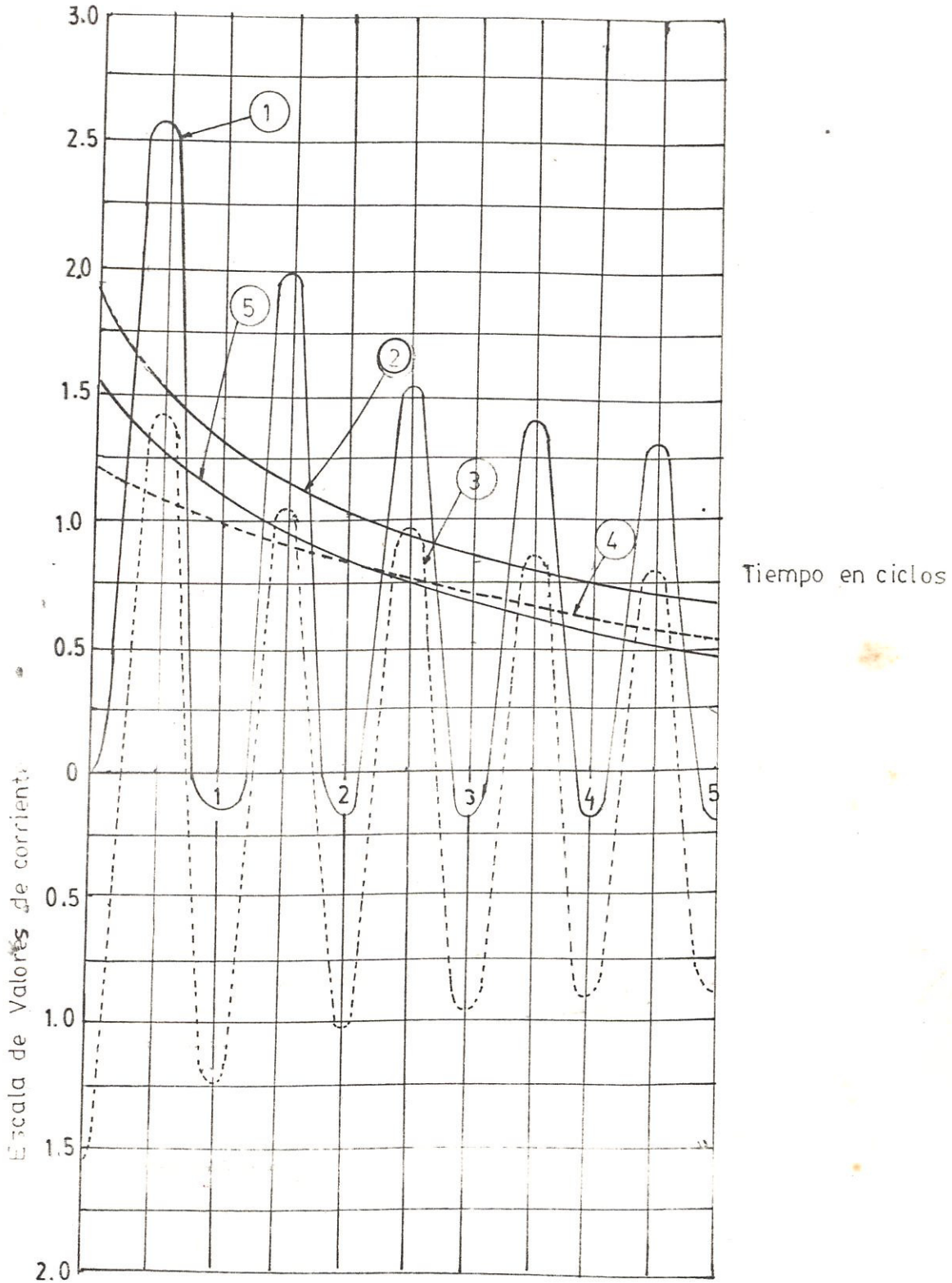


FIG. 8

circuitos de bajo voltaje, que en este estudio nos compete, para las recomendaciones antes de la selección final de aparatos y disposición del sistema.

SELECCION DE VOLTAJES.-

Teniendo en mente la tesis, de servir a la totalidad de la carga, la mayoría de los voltajes secundarios predominantes seleccionados para las instalaciones es el de 480/277 voltios, trifásicos, cuatro conductores, tipo estrella con el neutro a tierra, del sistema de distribución. Este montaje esta reemplazando a la forma convencional tradicional del sistema eléctrico a 208/121 voltios en nuestro país. La utilización del voltaje mas bajo para las cargas, están siendo servidas a través de transformadores secos, localizados lo mas cerca posible a la carga del sistema.

Antes de determinar el voltaje de distribución, consideraciones de fondo deben ser tomadas en cuenta para cada carga particular, observando las alternativas que inciden en la selección del voltaje y estas son:

- a) Tamaño de la carga.
- b) Distancia a la fuente de potencia.
- c) Selección económica del voltaje a la carga.
- d) Códigos y estandares de seguridad.

Hay muchas técnicas prácticas y factores económicos que inciden en la selección del voltaje del secundario a la carga. Las consideraciones prácticas involucran las técnicas del alambrado, requeridas por el código

y el estándar de seguridad. Los factores técnicos principales son niveles de corriente, caídas de voltaje, interrupciones programadas y la confiabilidad eléctrica, de la función de los aparatos utilizados en la distribución y uso de la potencia eléctrica en la carga. Consideraciones económicas involucran el costo de la instalación de la acometida, el alambrado del sistema de distribución a la carga y la utilización de equipo y control.

FACTORES PRACTICOS

Los sistemas apropiadamente instalados pueden ser seguros, tanto a 480 como a 208 voltios. Unas pocas reglas especiales son requeridas para la correcta instalación de los circuitos a 480 voltios. Las normas requieren actualmente, equipo de protección de falla a tierra para un servicio eléctrico montado en estrella, con el neutro a tierra, de más de 150 voltios a tierra pero que no exceda de 600 voltios fase a fase para cualquier medio de desconexión, cuya corriente de régimen sea 1000 amperios o mas. El código eléctrico permite el uso de voltajes superiores a 300 voltios con respecto a tierra, en circuitos que suplen permanentemente a lámparas de descarga eléctrica, instaladas en conjunción con luminarias, que son montadas a una altura no menor de 2.4 m desde el piso, pero que no tengan un interruptor manual de control como parte integral de esa fusión. Por lo tanto un sistema trifásico, cuatro conductores en estrella con el neutro a tierra, conectado a 480/277 voltios, aterrizado, puede suplir directamente todas las luminarias, fluorescentes así como también todo tipo de cargas conectadas al sistema.

Materiales de instalación, aparatos, equipos y técnica han sido

desarrollados ventajosamente para sistemas a 480 voltios desde hace mucho tiempo, para utilizarlos en plantas industriales, edificios grandes y equipo médico especial.

Trabajos de conservación en sistemas de 480 voltios, puede requerir técnicos clasificados, sin embargo las mismas técnicas del alambrado a 208 voltios, son empleadas.

FACTORES TECNICOS

La principal ventaja del uso de voltajes mayores secundarios en las cargas, resulta de la presencia de corrientes menores y caídas de voltaje mínimas en los circuitos. Por lo tanto conductores de menor calibre son usados en varios de los circuitos ramales, que alimentan a las cargas y alguna reducción en otros circuitos, es posible.

Es mucho mas fácil guardar la caída de voltaje dentro de los límites aceptados, en circuitos de 480 voltios que de 208 voltios. Sin embargo, se a convenido que el guardar la caída de tensión para el servicio de entrada de 120 voltios, dentro de los límites normales, resulta de mayor dificultad cuando tenemos un sistema a 480 voltios, por cuanto la caída de voltaje del transformador de reducción, que necesariamente debemos usar esta siempre presente. No así en los sistemas eléctricos a 208 voltios. La capacidad de interrupción de los equipos de protección puede ser más severo a 480 voltios que a 208 voltios, por dos razones principales:

- 1) los arcos son menos probables de interrumpirse naturalmente a voltajes mayores, y

- 2) elementos de impedancia menores, normalmente anulados en cálculos de corriente de falla, son menos precisos a voltajes mayores.

Por esta razón no puede ser posible en cada caso realizar la posibilidad teórica, de utilizar equipos de protección de baja capacidad de interrupción, en sistemas de voltajes mayores.

Generalmente hay la disponibilidad de utilización de los equipos para voltajes más altos y es eléctricamente adecuado para las principales cargas, del sistema.

Normalmente la iluminación local es incandescente, una pequeña fracción en potencia mecánica de motores y receptáculos convenientemente ubicados, como salidas de fuerza, son dispuestos solamente para 120 voltios de operación.

Si el servicio de 480 voltios es utilizado para las cargas, entonces es necesario los transformadores de reducción, para servir a las citadas cargas. La proporción de estas cargas varía considerablemente, dependiendo del propósito y del tamaño de las mismas. La proporción de carga servida a 120 voltios tiene una directa expresión en los costos relativos en los sistemas a 480 o 208 voltios.

En cuanto a la ventaja económica para minimizar la carga servida a 120 voltios, de la carga total, deberá determinarse que se sirve a esa tensión y que se sirve a voltajes mayores. Los receptáculos convenientes a las cargas y la iluminación incandescente normalmente requieren 120 voltios de servicio. Las cargas de motores fijos y las lámparas de descarga eléctrica son proporcionados para voltajes mayores de operación. Un

sistema con el voltaje secundario alto, usualmente será económico en grandes construcciones, centros comerciales, universidades y hospitales, así como también en plantas industriales. Iluminación con fluorescentes puede ser usado predominantemente en todas estas construcciones a voltajes mayores, con esto reducimos considerablemente el porcentaje de carga que debe ser servido a 120 voltios.

FACTORES ECONOMICOS

El nivel de voltaje escogido, afecta el costo de la instalación de los equipos y elementos a usarse en el sistema, en varios aspectos. El costo del transformador es básicamente proporcional a los KVA de capacidad y es afectado muy poco por la selección de 480 o 208 voltios. Para el alambrado de la carga, excepto que cuando el tamaño de la unidad de transformación es limitada a 208 voltios por el tamaño práctico de los equipos de protección, el uso de 480 voltios del sistema, puede permitir mayores tamaños de los equipos en mención, con costo correspondientemente menor por KVA.

El costo de los circuitos alimentadores de bajo voltaje, es aproximadamente proporcional a la capacidad en amperios, por lo tanto el costo agregado de aquellos circuitos, es menor para voltajes mayores. Sin embargo, los alambrados de los circuitos ramales sirviendo para alumbrado y receptáculos de fuerza, así como también a cargas auxiliares pequeñas, pueden utilizarse en la práctica conductores 12 o 10 AWG de cobre, para voltajes mayores. Aunque el número de circuitos ramales es sustancialmente reducido a voltajes mayores, el costo de aquellos circuitos no es reducido proporcionalmente. El alambrado para los circuitos de fuerza es

esencialmente el mismo, ya sea si se sirve a 120 voltios o mayor voltaje.

El costo de los equipos de protección en los paneles de distribución y control de potencia para las cargas, es aproximadamente proporcional a los amperios de acuerdo a la carga total, de esta forma los costos favorecen al uso de voltajes mayores. Cuando el mayor voltaje es utilizado, hay pocos circuitos ramales en el tablero de potencia, pero los equipos individuales de protección serán más onerosos, que para el servicio a 208/121 voltios. Los costos de alambrado y accesorios, dependerá principalmente del número y localización de los receptáculos, así como de la técnica de instalación de los circuitos ramales. El escoger el nivel de voltaje tendrá un ligero efecto sobre este costo.

Grandes cargas y sus controles costarán menos a 480 voltios que a 208 voltios. Para cargas trifásicas pequeñas y motores de capacidad mecánica fraccionaria, tiene el mismo costo para cualquier nivel de voltaje seleccionado. Luminarias fluorescentes tienen un costo prácticamente indiferente al nivel de voltaje escogido. Las instalaciones usadas para los tamaños comunes de lámparas incandescentes, son solamente permitidas a 120 voltios (menos que 150 voltios a tierra), por lo tanto no son económicas las aplicaciones directas de los circuitos a 277 voltios, entre fase y neutro.

Factores prácticos y técnicos actuales no disuaden razonablemente, el uso de sistemas a 480/277 voltios para servir grandes cargas. La consideración predominante es el costo relativo del sistema eléctrico para seleccionar el nivel de voltaje económico a 480 voltios.

Estudios extensamente realizados han sido ejecutados para determinar el costo económico relativo del sistema a 480/277 al 208/121 voltios sirviendo a las cargas, que indican el ahorro que se logra con el nivel de voltaje mayor, que puede alcanzar el 50 % para la misma carga total, si se opta por el sistema de distribución 208/121 voltios. Si el porcentaje de la carga a servir a 121 voltios esta en el orden del 10 al 20 % de la carga total, ahorros superiores aproximadamente al 25 % son logrados con el uso del sistema de distribución de potencia eléctrica a 480/277 voltios.

PUESTA A TIERRA DEL SISTEMA

La puesta a tierra es generalmente considerada para abarcar varias subdivisiones: equipo aterrizado para seguridad del personal, para protección de los equipos, protección estática y fenómenos atmosféricos y conexión a tierra.

El equipo puesto a tierra proporciona seguridad para el personal estableciendo una condición esencial, ser equipotencial, cubriendo el área entera del sistema de distribución de potencia, para todas las máquinas construidas y aparatos adjuntos.

Sin tierra los equipos sufren contactos accidentales del circuito eléctrico a partes metálicas, que no llevan corriente, elevando su potencial con respecto al de tierra. Esta diferencia de potencial con referencia a tierra podría ser peligrosa para los humanos y también el flujo de corriente podría generar suficiente calor en cualquier punto del camino a tierra, lo cual puede ser la causa u origen del fuego.

Para prevenir el establecimiento de esta diferencia de potencial peligrosa, se requiere que:

- 1) el camino de retorno a tierra para corrientes de falla, sea de una impedancia suficientemente baja, para prevenir caídas de voltaje peligrosas.
- 2) el conductor de tierra será suficientemente dimensionado para transportar la máxima corriente a tierra, por un tiempo razonable, sin quemarse.

Este flujo de corriente a tierra puede activar un aparato detector y operar un circuito breaker o fusibles. El conductor neutral, aún cuando la fuente este puesta a tierra, no debería ser usado para la tierra de los equipos.

Los sistemas con tierra reducen la severidad de sobrevoltajes dinámicos y transientes, que se desarrollan en el sistema, sujeto a una falla de tierra por arco.

Sobrevoltajes dinámicos a tierra, pueden ser limitados a un voltaje línea a línea, para sistemas aterrizados.

Sobrevoltajes transientes pueden ser limitados a 250 % del voltaje de cresta normal, entre línea y neutro, en contraste a los 500 % o 600% que puede alcanzarse, en sistemas sin tierra. Además, los sistemas con tierra sirven para minimizar la resistencia de aislamiento, con su deterioro del aislamiento, que es un proceso acumulativo, ocurriendo como una función

del tiempo y magnitud del voltaje.

La selección del apropiado sistema de puesta a tierra incluye:

- 1) Definir el grado requerido de continuidad de servicio.
- 2) Establecimiento de un adecuado neutro del sistema. Y
- 3) Determinar las características técnicas y requerimientos mínimos, del neutro aterrizado del sistema, límites apropiados de los aparatos detectores de la corriente de falla a tierra.

Si la continuidad del servicio eléctrico es de suma importancia, tal que una falla puede ser tolerada por un periodo extendido de tiempo, para prevenir una salida del sistema no programada, entonces una resistencia alta de tierra debería ser seleccionada. En este caso la corriente de falla a tierra debe ser limitada al valor más bajo, usualmente menos que 50 amperios y este será detectado e indicado (por una alarma), pero será permitido o despejado, basado en la decisión de la continuidad del servicio. En contraste, si la premisa básica es aislar la falla inmediatamente, entonces un relé selectivo de corriente de falla es utilizado para abrir el breaker mas cercano, de la alimentadora con la falla a tierra. En ese instante la corriente de falla, es limitada al valor mínimo, todavía de una magnitud suficiente para permitir la detección, generalmente en el rango desde el 7 % al 100 % de la corriente de falla trifásica. Baja impedancia de tierra es utilizada para tal montaje.

El neutro debe ser aterrizado en la fuente, tal como el secundario de un

transformador y en generadores. Cada nivel de voltaje debería ser aterrizado independientemente, entonces las corrientes de tierra no son transmitidas a través de un banco de transformación estrella delta y el método de puesta a tierra dependerá de las condiciones del área, del voltaje del sistema en particular, incluyendo cálculos de posibles corrientes de falla, con respecto a los aparatos de protección seleccionados.

Los variados métodos de puesta a tierra de un sistema de potencia, incluye:

- a) tierra sólida, donde ninguna impedancia externa es incluida. Y
- b) impedancia, donde la corriente de falla es intencionalmente limitada, ya sea por el uso de una reactancia, una baja resistencia o una alta resistencia, introducida respectivamente entre el neutro del sistema y tierra.

La tierra sólida, es generalmente usada solamente cuando el sistema sirve a cargas monofásicas o trifásicas y soporta la mayor corriente de falla. Normalmente estos sistemas son utilizados para la distribución eléctrica de baja tensión, entonces los aparatos de disparo requieren altas magnitudes de corriente para operar.

La tierra con reactancia, la corriente de falla debería ser hasta un 60 % menor, pero no más de la corriente trifásica de falla. Esto es particularmente importante si se conectan generadores, entonces dichas máquinas son generalmente para reforzar la corriente total de falla esperada. Con una baja resistencia a tierra, la corriente de falla

normalmente esta en el rango de 10 % al 60 %, de la corriente de falla total. Para una alta resistencia de tierra, la corriente de falla es limitada a una fracción pequeña de la corriente de falla total, generalmente menos que 50 amperios. Existen criterios para medir la efectividad de los sistemas con el neutro aterrizado, para asegurar alcanzar los objetivos primarios, limitando los sobrevoltajes transientes al 250 % y proporcionar la corriente de falla mínima, adecuada para la detección del sistema, que debe ser mantenido en cualquier punto del mismo.

Desde estos criterios las constantes de los aparatos de puesta a tierra el neutro, pueden ser establecidas. Para el sistema es efectiva la puesta a tierra, si la relación de la reactancia de secuencia cero para la reactancia de secuencia positiva, no debería ser mayor que tres ($X_0/X_1 > 3$) y la relación de resistencia de secuencia cero para la reactancia de secuencia positiva, no debería ser mayor que la unidad ($R_0/X_1 > 1$), para cualquier condición de operación. Para la reactancia de tierra, la relación X_0/X_1 debería ser menor que 4, sin embargo esto hace cercanamente a la relación de reactancia semejante de un sistema de tierra efectivo, intercalada la reactancia y es generalmente aplicado solamente a sistemas que deberían tener la condición de una efectiva puesta a tierra. Si los criterios anteriores, para sistemas de puesta a tierra efectivos son satisfechos, ya sea como tierra sólida o reactancia intercalada, la corriente de falla a tierra normalmente será mayor que el 60 %, pero menor que el 100 % del valor de la corriente de falla trifásica.

Sistemas puestos a tierra no eficaces, son considerados para ser menos

que los sistemas efectivamente aterrizados y utilizaran baja o alta resistencia de puesta a tierra. El criterio para optar por baja resistencia de tierra, lo da la relación $R_0/X_0=2$ y $X_0/X_1=20$, para con eso limitar el 250 de sobrevoltaje transiente y la corriente de falla será mayor que 7 % pero menor que el 60 % de la corriente de falla total. Para el sistema de tierra con alta resistencia, el criterio es que la resistencia total del neutro a tierra, no debe ser mayor que la reactancia capacitiva, del sistema a tierra. Para tal sistema la corriente de falla a tierra, normalmente estará en el orden de 10 amperios o menor, pero puede ser permitida para ser tan grande como 50 amperios. Esto último es considerado para constituirse en el límite superior para alta resistencia a tierra y el límite mas bajo de resistencia a tierra.

En todas estas relaciones, usamos la reactancia sub-transiente de la máquinas, excepto para determinar la carga térmica de los aparatos aterrizados, en cuyo cálculo la reactancia transiente de las máquinas son consideradas.

Ambientes con generación de electricidad estática, es remotamente un peligro para los sistemas de distribución eléctrica, pero esto puede representar severos daños, en forma de fuego o posibilidad de explosión o choque eléctrico para el personal en el área. La simple conveniencia de aterrizar un equipo, no es siempre la solución del problema, es por lo tanto necesario estudiar cada situación en orden para seleccionar el método apropiado de control.

Los relámpagos pueden causar daños al sistema de distribución, como un

resultado de las descargas eléctricas a las líneas de potencia expuestas, estableciéndose voltajes súbitos sobre el sistema, que pueden presentarse en el aislamiento de las fases a tierra, en circuitos interiores de edificios y equipos. La relativa importancia de factores requeridos varían considerablemente, particularmente con la posición geográfica, en materia de frecuencia y severidad del fenómeno, dando origen a los mapas isoceraúnicos, importantes en el diseño de los sistemas de potencia eléctrica.

Pararrayos son aplicados para limitar aquellos voltajes súbitos y de esta forma proteger el sistema de distribución. En sistemas de tierra efectivas, aquellos pararrayos son normalmente regulados al 80 % del voltaje de línea a línea; en cambio en sistemas menos efectivos de puesta a tierra, los pararrayos son regulados a pleno voltaje de línea a línea. El conductor de tierra conecta el chasis o cubierta metálica del equipo, a la barra de tierra.

La barra de tierra proporciona una protección a la red aterrizada, hasta el fin del área servida por el sistema de distribución, para establecer un potencial uniforme y es conectado al electrodo de tierra. El electrodo de tierra esta enterrado en la tierra física, para el propósito de disipar la corriente conducida hasta él, por el conductor de tierra. La conexión de tierra perfecta, debería tener resistencia cero, sin embargo en la práctica resistencia tierra menor de 1 ohmio, pueden ser obtenidas. El código eléctrico establece la máxima resistencia a tierra, que no exceda de 25 ohmios; en general una resistencia de menos de 5 ohmios se considera sea obtenida en la práctica.

3.5.- SEGURIDAD INTRINSECA DE LA INSTALACION.

Un circuito en que cualquier chispa o efecto térmico, ya sea producido normalmente o en condiciones de falla específica, es incapaz, bajo las condiciones de prueba prescritas, causar la ignición de una mezcla en el aire de material inflamable o combustible, se lo conoce como circuito de seguridad intrínseca.

La energía eléctrica utilizable en locales peligrosos, no será capaz de inflamar la mezcla atmosférica peligrosa, por efectos de arco o temperatura, durante la operación normal.

La operación normal incluye:

- a) Fuente de voltaje al máximo valor.
- b) Condiciones ambientales dentro de los valores nominales, admitidos por los fabricantes de equipos y materiales.
- c) Tolerancias de todos los componentes, en la combinación que represente la más desfavorable condición.
- d) Ajuste de la condición más desfavorable.
- e) Apertura, corto, y aterrizaje del alambrado del circuito intrínsecamente seguro, que está siendo probado.

Para las pruebas se incluirán condiciones normales de operación, incluido un factor adicional de 1.5 de la energía.

Circuitos inductivos, $L > 1 \text{ mH}$: la energía es incrementada por el factor 1.5, por reducción de los valores de resistencia limitante, si es práctico, o por el incremento del voltaje por un valor $\sqrt{1.5}$

Circuitos resistivos, teniendo una inductancia $L < 1 \text{ mH}$:

la energía será incrementada por el factor 1.5 en orden de preferencia, como sigue:

- a) Disminuyendo los valores de resistencia limitante para obtener 1.5 veces la corriente del circuito.
- b) Incrementando el voltaje de línea por 41.5.
- c) Incrementando otras fuentes de voltaje.
- d) Incrementando el nivel de voltaje de los aparatos limitantes.

Circuitos capacitivos: la energía se incrementará por un factor de 1.5, incrementando el voltaje por 41.5.

La energía utilizada en lugares peligrosos no será capaz de inflamar la mezcla peligrosa atmosférica especificada como sigue:

Grupo D	5.25 ± 0.25 % de propano en el aire.
Grupo C	7.8 ± 0.5 % de etileno en aire.
Grupo A y B	21.0 ± 2.0 % de hidrógeno en el aire.

debido a arcos o temperatura bajo condiciones de falla.

Cuando la serie de pruebas se lleva a efecto con una falla aplicada al circuito, el factor adicional será aplicado como se indico anteriormente, para los valores de corriente y/o voltaje, que surjan bajo la condición de falla.

Las condiciones de falla incluirá:

- a) La falla simple más desfavorable y cualquier subsiguiente falla afin, con un factor adicional de 1.5 aplicada a la energía.

b) La condición más desfavorable de dos fallas y cualquier falla relacionada posteriormente, sin tomar ningún factor adicional.

Aparatos en que no hay falla o solamente una falla puede ocurrir, será considerado aceptable si este satisface las pruebas requeridas, para operación normal y para cualquier falla que pueda ocurrir, con factor de 1.5 adicional aplicado a la energía.

Es reconocido que los márgenes de seguridad reales difieren de aquellos utilizados en otros países o Europa. Como se ha descrito el estándar NFPA 493, basa el factor de 1.5 sobre la energía, mientras los estándares europeos basan dicho factor sobre la corriente o el voltaje, dando como resultado hasta un factor de 2,25 sobre la energía.

Los datos experimentales, en que los requerimientos del estándar están basados, fueron determinados bajo la atmósfera normal de un laboratorio. Los parámetros de ignición no son fácilmente extrapolados desde condiciones normales de laboratorio a otras condiciones, sin que existan los cuidados de la ingeniería. Incrementando la temperatura inicial de una mezcla inflamable o combustible, decrecerá la cantidad de energía requerida para iniciar la inflamación tal que, a la temperatura de autoignición de un gas o vapor, la energía eléctrica requerida para inflamarse será cero. Esta diferencia no está bien fundamentada y documentada. La variación de la temperatura puede también cambiar la concentración del material inflamable en la mezcla.

Atmósferas enriquecidas en oxígeno decrecen la energía necesaria para la inflamación. La mínima energía de ignición de mezclas de materiales

inflamables con oxígeno puede ser 1/100 de aquella requerida para el mismo material mezclado con aire.

Como una regla general, la mínima energía de ignición es inversamente proporcional al cuadrado de la presión. Cuando examinamos una situación donde el gas mezclado no está a la presión atmosférica, uno debe considerar si existe una mezcla inflamable bajo condiciones de presión alta, por cuanto varios materiales inflamables se condensan.

PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION

Los circuitos serán evaluados para tener la categoría de seguridad intrínseca, de la manera siguiente:

Los circuitos se analizarán para determinar parámetros bajo las condiciones normales y de falla, descritas anteriormente. Puntos de ignición individuales posibles, se consideran donde pueda ocurrir interrupción de circuitos, corto circuitos o fallas a tierra, en locales clasificados como peligrosos.

La posibilidad de ignición por arco bajo las condiciones tanto normales como de falla será determinada por cualquiera de los dos procesos siguientes:

- a) Probando los circuitos de acuerdo a las pruebas ya anotadas.
- b) Comparando los valores calculados y medidos de corriente, voltaje y asociados con inductancias y capacitancias, para determinar que los niveles de corriente y voltaje son menores que los establecidos.

Fig. 9.

En la evaluación de circuitos para seguridad intrínseca, las fuentes potenciales de ignición, como las descritas a continuación se consideraran:

a) Fuentes de chispas de ignición:

- 1) Descarga de un circuito capacitivo;
- 2) Interrupción de un circuito inductivo;
- 3) Intermitente armado y ruptura de un circuito resistivo;
- 4) Fusibles calientes.

b) Fuentes de ignición térmica :

- 1) Calentamiento de extensiones pequeñas, eléctricas;
- 2) Filamentos incandescentes;
- 3) Alta temperatura en la superficie de los componentes.

No es posible definir cuantitativamente los términos, continuo y periodos largos, la necesidad de medidas suplementarias de protección deben ser asumidas sobre la base del criterio del ingeniero, sobre la frecuencia de operación, como también el nivel de energía que puede ser disipado en la operación.

El objeto de esta recomendación es para asegurar que la seguridad intrínseca de la instalación no este en riesgo, por mas frecuente que sea la operación del equipo.

Ejemplos de medidas de protección suplementarias incluyen :

- a) Gabinetes sellados herméticamente, con la calidad de vidrio fundido.

- b) Protección de los aparatos a prueba de explosión.
- c) Duplicar los factores descritos.

Factores de mucho interés para considerar circuitos con seguridad intrínseca y los aparatos asociados, son los espesores de aislamiento que según el artículo 725 del NFPA, especifica que el mismo será administrado de acuerdo a las aplicaciones particulares. Por ejemplo, para circuitos clase 3 el mínimo espesor de aislamiento requerido, está especificado primeramente para asegurar protección contra choques eléctricos. Debería ocurrir una falla en circuitos clase 3 y 2 pudiendo ser generado el calor en los conductores, que daña el aislamiento. Aunque este evento es indeseable para iniciar el fuego en aplicaciones ordinarias, esto es necesario que sea tomado con la debida consideración en sistemas de seguridad intrínseca.

Un requerimiento fundamental de seguridad intrínseca de los aparatos que sean incapaz de causar ignición ya sea por arco o efectos térmicos, es la temperatura. Si la temperatura de cualquier parte de los aparatos expuesto a materiales inflamables o combustibles esta bajo la temperatura de autoignición (AIT) del material, los aparatos son seguros a menos que haya una ignición térmica. Sin embargo hay mucha literatura que muestra, que superficies de extensión limitada y pequeñas componentes pueden exceder la AIT sin causar ignición.

SMRE (Safety in Mines Research Establishment) en Inglaterra ha mostrado que grandes resistores pueden exceder el AIT por 100°-300° C dependiendo del gas y vapores involucrados, sin que causen ignición. Componentes más

pequeños y alambres nunca deben alcanzar altas temperaturas.

Uno de los problemas serios que afrontan los fabricantes y los usuarios, en aplicar el concepto de la seguridad intrínseca se presenta cuando se tiene que interconectar equipos de diferente manufactura y tener la certeza que la combinación es todavía de seguridad intrínseca.

En orden para facilitar la interconexión de aparatos intrínsecamente seguros y equipos asociados de diferentes fabricantes y evitar la necesidad de evaluaciones específicas de cada combinación, las siguientes sugerencias incluyen:

Para aparatos supliendo potencia a equipos y circuitos de seguridad intrínseca, los parámetros siguientes deberían ser estampados en la placa:

- a) Máximo voltaje de circuito abierto;
- b) Máxima corriente de corto circuito;
- c) Capacitancia máxima permisible conectada;
- d) Máxima inductancia permisible conectada.

Para equipos de seguridad intrínseca recibiendo potencia desde otros aparatos, los parámetros siguientes deberían ser estampados en la placa:

- a) Máximo voltaje que el aparato puede recibir y permanecer intrínsecamente seguro;
- b) Máxima corriente que el aparato puede recibir y permanecer intrínsecamente seguro;
- c) Máxima capacitancia interna desprotegida;
- d) Máxima inductancia interna desprotegida.

La información precedente y características de los cables, es todo lo que se necesita para determinar que independientemente certifica la seguridad intrínseca y los aparatos asociados pueden ser interconectados, sin pérdida de la seguridad intrínseca.

De todos los conceptos anteriormente expuestos se observo los más viables, para aplicarlos en la instalación y montaje de los equipos del angiografo digital, realizándose pruebas dielectricas, pruebas mecánicas, de estanqueidad y de temperatura.

3.6.- EVALUACION TECNICA DE LA INSTALACION FINAL.

Las especificaciones técnicas prescritas de los aparatos o equipos de la instalación, que son diseñados, manufacturados y probados según las últimas revisiones de los estandares NEMA y ANSI, así como también de la cámara de transformación y de la acometidas de alta y baja tensión, darán la seguridad y confiabilidad al sistema eléctrico.

Iniciando por la cámara de transformación compacta, construida para albergar dos transformadores trifásicos, de fabricación nacional seleccionados para servir independientemente al tomógrafo axial computarizado y angiografo digital, esta última instalación es objeto del informe técnico presente.

Las características técnicas de los transformadores, proporcionados al fabricante por el suscrito, incluye:

Potencia nominal

160 KVA - 2 unidades;

Tipo OA	Auto enfriado-Baño de aceite;
Temperatura ambiente	25° C
Elevación de temperatura	65° C
Tres fases	3 ϕ
Voltaje primario	6 KV
Voltaje secundario	480 / 277 voltios
Conexión	Delta/Estrella con neutro sacado al exterior;
Frecuencia	60 Hz;
Impedancia	5.0
Taps	Cuatro pasos \pm 2.5 %
BIL Primario	95 KV
BIL Secundario	10 KV
Altitud de operación	2.800 m.s.n.m

A la entrega de los transformadores se constato lo requerido y además los accesorios normales de construcción para este tipo de transformadores, que incluye:

- a) Válvula combinada para drenaje y muestreo;
- b) Cambiador de derivaciones sin carga, de operación interior y accionamiento rápido;
- c) Conector para la tierra del tanque;
- d) Placa de características con diagrama de conexiones;
- e) Ganchos para levantar el transformador y la tapa principal. Con ruedas autosoportantes;

- f) Hueco de mano para inspección y cambio de conexiones;
- g) Aceite aislante necesario.

El equipamiento completo de la cámara de transformación, su construcción correspondió al siguiente desglose, de la Fig. 10 y el cumplimiento del diagrama eléctrico. Fig. 11:

- 1) Transformador trifásico, de las características descritas;
- 2) Conductor unipolar de cobre N° 2 AWG apantallado, para 7.8 KV;
- 3) Seccionador-fusible unipolar, tipo cerrado 7.8 KV - 100 A con tirafusible tipo K de 25 A.
- 4) Transformador de corriente de aislamiento 7.8 KV, relación 150 / 5;
- 5) Base portafusible 600 V - 250 A, tipo NH con fusible de 160 A
- 6) Cable de cobre unipolar Tipo TTU 3/0
- 7) Varilla de puesta a tierra copperweld, con conector;
- 8) Conector perno hendido para cable N° 2 AWG;
- 9) Conductor de cobre desnudo cableado N° 2 AWG;
- 10) Perfil " L " 60 x 60 x 6 mm;
- 11) Perfil " L " 50 x 50 x 6 mm.

Completada la fase de construcción y montaje de la cámara de transformación, la evaluación final correspondió al personal de la EEQ, la misma que cumplió los requisitos previos a energizar la cámara.

Para la alimentadora del angiografo digital, en baja tensión se sujetaron a los estandares establecidos para equipos de rayos X, articulo 660 de NFPA, que incluye:

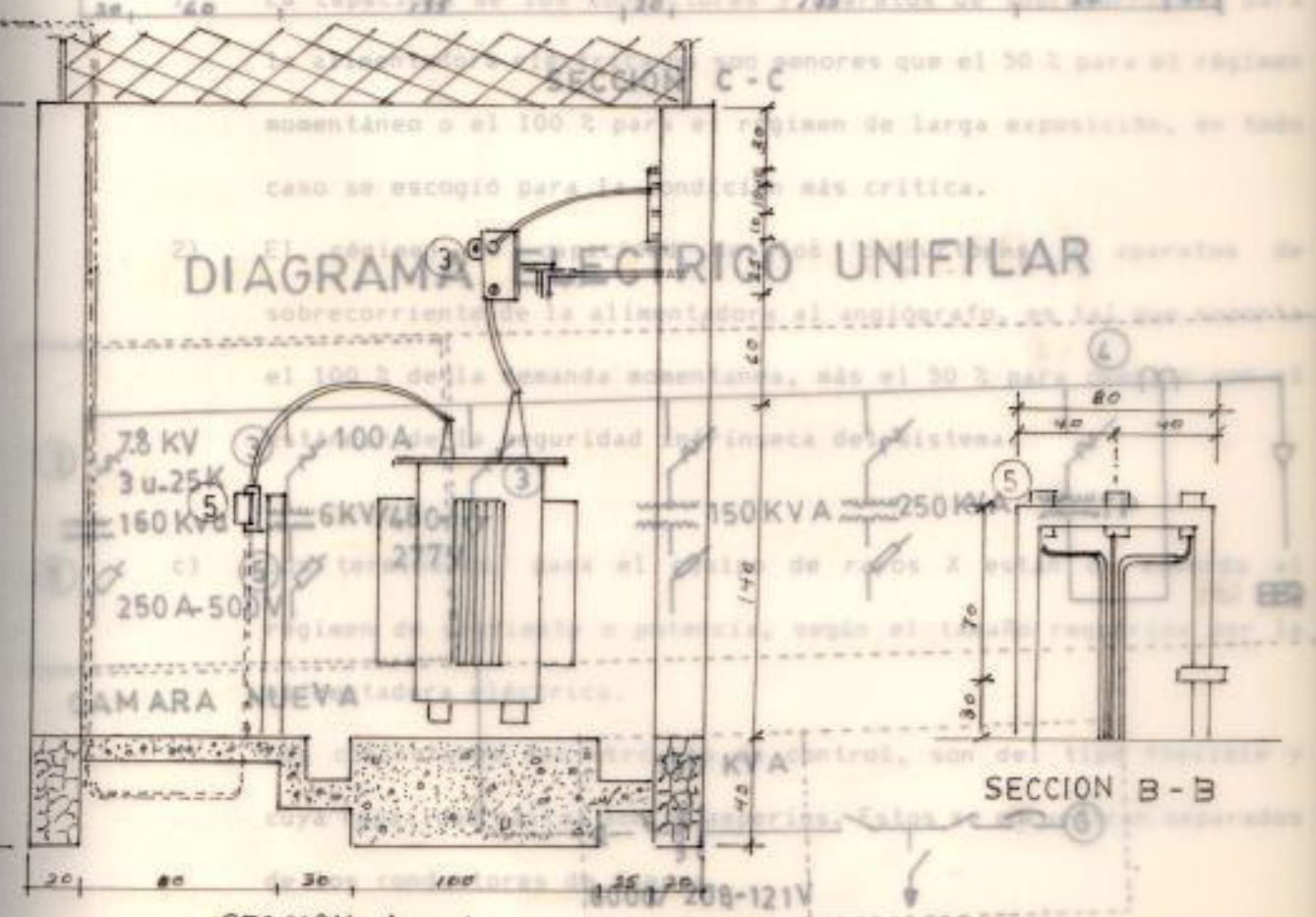
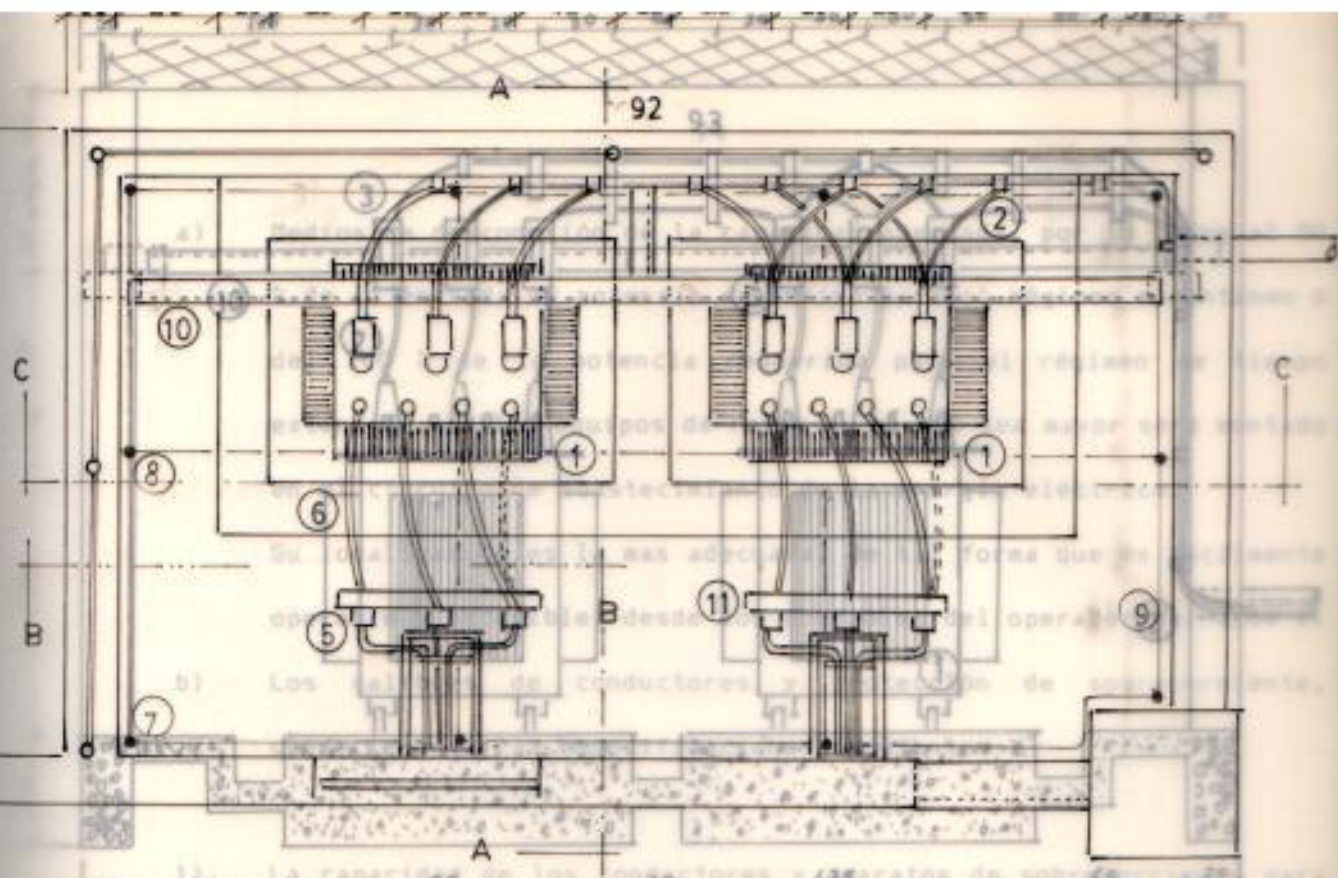


DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR

SECCION A - A

SECCION B - B

FIG. 11

FIG. 10

a) El control con un dispositivo de control separado, adicionalmente al medio de desconexión general al control de rayos X.

- a) Medios de desconexión de la capacidad adecuada, por lo menos al 50 % de la entrada de potencia requerida para el régimen momentáneo o del 100 % de la potencia requerida para el régimen de tiempo extendido, de los equipos de rayos X, el que sea mayor será montado en el circuito de abastecimiento de la energía eléctrica. Su localización es la mas adecuada, de tal forma que es fácilmente operable y accesible, desde los controles del operador de rayos X.
- b) Los calibres de conductores y protección de sobrecorriente, obedecieron a las especificaciones siguientes :
- 1) La capacidad de los conductores y aparatos de sobrecorriente para la alimentadora eléctrica no son menores que el 50 % para el régimen momentáneo o el 100 % para el régimen de larga exposición, en todo caso se escogió para la condición más crítica.
 - 2) El régimen de capacidad de los conductores y aparatos de sobrecorriente de la alimentadora al angiógrafo, es tal que soporta el 100 % de la demanda momentanea, más el 50 % para cumplir con el estándar de la seguridad intrínseca del sistema.
- c) Los terminales, para el equipo de rayos X están de acuerdo al régimen de corriente o potencia, según el tamaño requerida por la alimentadora eléctrica.
- d) Los conductores del circuito de control, son del tipo flexible y cuya capacidad máxima son 30 amperios. Estos se encuentran separados de los conductores de fuerza.
- e) Se cuenta con un dispositivo de control separado, adicionalmente al medio de desconexión general al control de rayos X.

Igualmente, para fallas en el circuito de alto voltaje se tiene un dispositivo que sensa la carga resultante para bloquear el sistema.

Toda la alimentadora eléctrica para el angiografo, constituida por:

- Cuatro conductores de cobre N° 2/0 tipo TTU;
- Doble aislamiento, con una capa de polietileno natural y sobre esta colocada una chaqueta de PVC negro.
- Un conductor de cobre desnudo, para tierra;
- Temperatura máxima 75 °C de los conductores.

Para protección mecánica de la alimentadora, esta embebida en el interior de tubería EMT de 2" $\frac{1}{2}$, con soportes de perfil " L " de 2.54 x 2.54 x 0.3 cm.

Esta instalación provee los requerimientos de potencia, incluyendo fuentes primaria y secundaria y el calor producido aproximado, del MPX 5 y el generador SPX.

Tanto el MPX 125 y el SPX 100 son generadores trifásicos diseñados para 350-480 voltios de operación, con una regulación máxima de 6 % para una potencia de plena carga. Con los estándar que se trabajo permite la instalación soportar la altas corrientes requeridas, ya que los conductores y tierra, están suficientemente dimensionados.

La calidad del diagnóstico por rayos X es critico, por cuanto depende del voltaje aplicado al tubo de rayos X.

Si transformadores y alimentadoras no son bien seleccionados, habrá una excesiva caída de voltaje a través de estas componentes, cuando los rayos

X son producidos, reduciendo así el voltaje de entrada al generador, aunque el transformador nunca pueda fallar. Inconsistente o pobre calidad de los rayos X es el resultado.

El módulo de potencia del sistema PMI está fabricado para instalaciones de radiografía y fluoroscopia. Este módulo cumple la seguridad intrínseca por obligación para sistemas vasculares.

Los requerimientos comprobados para esta instalación fueron los siguientes:

- 1) Rango del voltaje de línea absoluto :
316 a 520 VAC rms a 60 HZ, 3 ϕ ;
- 2) Fuente de potencia conectada en estrella;
- 3) Variación máxima del voltaje diario, cayó dentro de los márgenes:

VN	Rango normal -10% a +8%	Rango máximo -15% a 8%
350	316 - 381	316 - 381
380	342 - 412	323 - 412
400	360 - 433	340 - 433
420	378 - 454	358 - 454
440	396 - 474	375 - 474
460	414 - 499	391 - 499
480	422 - 520	408 - 520

Esta prueba se la hizo con el módulo de potencia solamente.

- 4) Balance de fases : voltaje línea a línea debe estar con un 2 % del más bajo voltaje línea a línea.
- 5) Máximo voltaje transiente permisible : 2.5 % del voltaje de régimen

de línea a una duración máxima de 5 ciclos y una operación de 10 veces por hora.

6) Demanda máxima momentánea de potencia a plena carga :

Demanda	MPX 125
KVA	160
Factor de potencia	0.95
KVp	150

7) Máxima regulación del voltaje de línea permisible es 6 %;

Como se ha descrito a través de este informe técnico, en locales de uso médico de procedimientos especiales, como la sala de angiografía digital, donde los pacientes se encuentran en condiciones de intensa inferioridad física ante la posible agresión de corrientes eléctricas, bien sea por estar en estado de anestesia, cateterización cardiaca o cualquier otro tipo de intervención o exploración o introducción de dispositivos en el interior de su organismo, resulta especialmente indicado reducir al máximo el riesgo producido por las descargas eléctricas indeseadas.

Para esta sala de procedimientos especiales la evaluación de la instalación del vinyl conductor, se la realizó con el medidor de conductividad produciendo una lectura de aproximadamente 900.000 ohmios, lo cual se encuentra dentro de los rangos de seguridad exigidos por las normas internacionales. Esto demostró que la puesta a tierra del sistema está suficientemente dimensionada, para soportar las corrientes de fugas de los equipos biomédicos, o la descarga estática o la falla eléctrica de línea a tierra.

Para la prueba cada pesa de 5 libras con una superficie de contacto

circular de 6.35 cm de diámetro, que comprime una lámina de aluminio de 0.25 mm de espesor y forrada toda la pesa de caucho de 6.4 mm $\frac{5}{16}$. La distancia entre las dos pesas es de 0.91 m y debe realizarse no menos de cinco lecturas en posiciones diferentes. Este procedimiento está de acuerdo a la norma NFPA 99 o UL 779.

En resumen este piso conductivo sirve como un medio eficiente de conexión eléctrica entre personas y objetos conjuntamente para prevenir la acumulación de cargas electrostáticas.

Una resistencia que no exceda de 50 Mohms entre objetos o personas es generalmente suficiente para prevenir la acumulación de voltajes peligrosos. El límite superior de 1 Mohms para la resistencia del piso ha sido escogida por cuanto este valor se lo considera un factor razonable de seguridad. Se debe tomar en consideración que con los años se produce un deterioro del límite superior de la resistencia del piso, que oportunamente debe ser cambiado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En las últimas décadas, la brecha entre los países industrializados y los denominados en "vías de desarrollo", en lugar de estrecharse, se hace cada día mayor y es evidente que la evolución tecnológica es la que marca el hecho determinante. Es indudable por lo tanto, que mientras no implantemos nuestra propia tecnología, que además tendría el inmenso valor de estar acorde con nuestra realidad, las posibilidades de superar la dependencia son muy remotas.

Así, el objetivo permanente al realizar este informe, a sido el visualizar la absoluta necesidad de la aplicación de las normas y los estándares reconocidos internacionalmente a los trabajos específicos que actualmente se presentan en el campo de la salud, para brindar en forma científica a la parte de las ramas técnicas el mejor aporte para la práctica médica.

Las medidas de seguridad fundamentales en un hospital, comienzan en la etapa del proyecto de la construcción. Es entonces cuando se pueden incorporar características de seguridad a todos los aspectos de los diseños estructurales y especialmente de las instalaciones.

Si el 30 % aproximadamente del presupuesto de construcción de un hospital se emplea en la ejecución de los trabajos mecánicos y eléctricos, complementan un buen acabado del edificio y un costoso equipamiento, o

un equipo completo de médicos y enfermeras, no podrá dar buena atención médica, a menos que funcionen bien las instalaciones de luz y fuerza, agua, vapor, calefacción, equipos mecánicos y especialmente los equipos médicos.

En forma retrospectiva, esta problemática ya confrontaron los países industrializados y en el área de seguridad de sistemas eléctricos entendieron que estos se agudizaban en áreas de atmósferas peligrosas, de igual manera que en otros campos de la ingeniería.

La seguridad intrínseca ha sido aceptada como una técnica poderosa para obtener seguridad y mucha gente que tiene que ver con la seguridad acepta el concepto, que la seguridad puede estar presente en los sistemas de ingeniería, por la aplicación de unos pocos principios fundamentales, seguridad para ingenieros y diseñadores en lugar de improvisación o mandato.

La adopción de la seguridad intrínseca como herramienta de trabajo es solamente una alta visión manifiesta de complejidad creciente de la seguridad eléctrica. Esto obligaría a las organizaciones del sector eléctrico y particularmente en el ejercicio profesional a revisar las prácticas pasadas, tratando de averiguar los hechos y proponiendo nuevas y diferentes soluciones a los problemas de seguridad.

Con la complejidad creciente acerca de la seguridad eléctrica también se incrementa el conocimiento de aquellos trabajos realizados en otros países, que son pertinentes a nuestros problemas. Por que la naturaleza

de los problemas y la validez de las soluciones, no dependen del lugar en que se establecen, sino del deseo de aprendizaje de los trabajos y experiencias del resto del mundo.

Considerando la poca experiencia que a nivel nacional se ha comprobado en la práctica de la ingeniería de hospitales, que a la fecha se los considera infraestructuras gigantescas que con el paso del tiempo se convierten en elefantes blancos, constituyéndose para el país en cargas económicas y de inercia intelectual, podemos resumir las conclusiones en los siguientes incisos:

- Para todos los hospitales de nuestro país, no se ha tenido en cuenta las normas básicas y los estándares preventivos, en la fase de proyecto o diseño.
- Las políticas necesarias para lograr un nivel de seguridad aceptable no son simples y exigirán posiblemente desembolsos considerables.
- No tenemos una verdadera Organización Preventiva, que en la mayoría de los casos se asume como algo adicional, ya que no contamos con el recurso humano y técnicas apropiadas.
- La falta de información técnica sobre la ingeniería de hospitales, es impresionante y además los directivos de la salud en general son muy celosos en ceder posiciones a otras especialidades, que no sean médicas.

Se impone así la necesidad, que las instituciones técnicas superiores, organismos colegiados, profesionales especializados de la salud e industriales, constructores se pongan de acuerdo para racionalizar

normalizar las instalaciones en los hospitales, para preservar la integridad del paciente, el personal médico y paramédico, los bienes y equipos.

De esta forma, con mi escasa experiencia en el ejercicio de ingeniería y mantenimiento hospitalario, puedo recomendar que:

- Las instalaciones en los ambientes de uso médico como salas de tratamientos especiales, deben garantizar el uso seguro de la electricidad para el cuidado de los pacientes, con la aplicación de normas específicas, como UL, NFPA, ANSI u otras.
- Para las áreas críticas hospitalarias, debe implantarse los sistemas de distribución de potencia aislados, complementados con el uso de monitoreo de líneas aisladas (LIM).
- Para el caso de construcciones hospitalarias existentes, que no tienen nada previsto o que actualmente tienen inadecuadas fuentes de potencia sin tierra, debe dotarse de centros de potencia aislada portátiles para suplir el grado de seguridad eléctrica mínima, a las áreas críticas.
- Para energizar equipos permanentes de rayos X, debe suplirse la potencia desde sistemas de distribución aterrizados, con tal que alimente a un sistema aislado que sirva áreas no peligrosas. El alambrado con tierra y el sistema sin tierra no deben estar en los mismos ductos. Además debe emplearse el código de colores, blanco para el conductor aterrizado o neutro y verde para el alambre de tierra.
- Solamente un punto de tierra eléctrica es permitido cerca del paciente. Bajo ninguna circunstancia dos tierras independientes se permitirán en el área sensitiva alrededor del paciente.
- Cualquier superficie conductora expuesta en la vecindad del paciente

debe ser puesta a tierra.

- Todos los conductores de tierra, deben ser de cobre continuo aislado, no más pequeños que el N° 10 AWG.

En aspectos generales de la atención médica mis modestas recomendaciones serían :

- La función netamente de atención médica, que es aquella que tiene intervención directa en el diagnóstico y tratamiento de los enfermos, sea tarea de los médicos y enfermeras.
- La función de soporte, que a mi criterio es aquella que posibilita el que se lleve a efecto la función asistencial y que considero comprende, desde la captación de recursos hasta el adecuado funcionamiento de la infraestructura hospitalaria y el adecuado nivel de garantía para el habitat del enfermo, sea tarea de los ingenieros de hospitales.
- La función de control, inherentemente a cada especialidad tanto médica como técnica, ejecutada con la mayor pulcritud por tratarse de vidas humanas.

Por cuanto las propiedades o los equipos se pueden siempre reponer, los servicios no otorgados por el hospital pueden reanudarse, pero una vida humana pérdida jamás se puede recuperar ni es posible compensar de alguna manera, el sufrimiento humano.

BIBLIOGRAFIA.

- Castellanos-A. Pereira- Garcia. La angiografía radio opaca.
- Morgan RH, Intensificador de pantalla. Una revisión del pasado y alcances presentes en la investigación, con un análisis de desarrollo futuro.
- Brecher R. & Brecher. Los rayos.
- Bruwer. A.J. (Ed). Description classic in diagnostic Roentgenologic.
- Steiner R.E.; El impacto de la radiología sobre la cardiología.
- Stephen W. Miller M.D.; Angiografía cardíaca.
- Ernest C. Magison. Electrical instruments in hazardous locations.
- Dr. Luis López Campuzano-Dra. Raquel López Ulloa-Dr.Felipe López Ulloa. Nueva opción de la medicina nuclear, en diagnóstico por imágenes.
- American Hospital Association. Manual de ingeniería de hospitales.
- II Jornadas Técnicas Hospitalarias. La seguridad en el hospital. Ponencias y comunicaciones. Barcelona.
- Equipos de Rayos X y su mantenimiento. Centro de mantenimiento e Ingeniería de hospitales. Venezuela.
- National Fire Protection Association. National Fire Codes 1.984
- Westinghouse Construction Specifications. Catalogo 55-000
- Departamento de Imágen. Hospital Militar de las FF.AA.