

EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS DE MAMOGRAFÍA

César Yegros

Universidad Nacional de Asunción, Facultad
Politécnica San Lorenzo, Paraguay

José Núñez

Universidad Nacional de Asunción, Facultad
Politécnica San Lorenzo, Paraguay

Luciano Recalde

Universidad Nacional de Asunción, Facultad
Politécnica San Lorenzo, Paraguay

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Resumen: Según la OMS, cada año hay 1,38 millones nuevos casos y 458.000 muertes por cáncer de mama; siendo éste el más frecuente en mujeres. La mayoría de las muertes (269.000) ocurren en países de ingresos bajos y medios, donde se diagnostica en etapas avanzadas debido a obstáculos para acceder a los servicios y equipos de salud. En Paraguay, el cáncer es la segunda causa principal de muerte en mujeres. Para la detección temprana de anomalías mamarias es fundamental contar con equipamiento biomédico y garantizar su funcionamiento, de esta manera se podrá realizar estudios mamográficos con la más alta calidad y menor tasa de dosis posible; y establecer programas de verificación y controles de calidad para mamografías. En Paraguay, se cuenta con pocas instituciones sanitarias que posean equipos e infraestructura adecuada para realizar los chequeos preventivos (1 mamógrafo cada 50.000 mujeres), por lo tanto, es importante la operatividad de los equipos existentes. Para garantizar la fiabilidad de estos estudios son necesarios programas de verificación y controles de calidad para mamografías. Este proyecto implementa controles de funcionamiento y de calidad de mamografías, mediante la elaboración e implementación de un checklist de control de parámetros basado en estándares técnicos establecidos por la autoridad reguladora local y la OIEA. Se realizaron las verificaciones y controles en diferentes servicios de mamografía del país, y se obtuvo información sobre el estado operativo de los equipos, se verificó la calidad de la imagen, la tasa de dosis y posibles soluciones para evitar paradas innecesarias de operación, con el fin de facilitar a los tomadores de decisiones las tareas de planificar y justificar la renovación o mantenimiento de dichos equipos biomédicos, en un país con infraestructura y equipamientos biomédico escaso y deficiente.

Palabras clave: Cáncer de mama, control de calidad, mamografía.

INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es una enfermedad donde interviene una proliferación de células malignas a través de los lobulillos o conductos de la mama, es actualmente el cáncer de mayor mortalidad a nivel mundial. En Paraguay, se ha observado el aumento de casos, llegando al punto de duplicarse en los últimos años, según los datos estadísticos proveídos por el Instituto Nacional del Cáncer (INCAN). Según la OMS, cada año hay 1.38 millones de casos nuevos y 458 mil muertes por cáncer de mamas, el cual es el más frecuente en mujeres. La mayoría de las muertes (269 mil) ocurren en países de ingresos bajos y medios, donde se diagnostican en etapas avanzadas ante la falta de prevención y los obstáculos de acceso a servicios de salud.

Los datos epidemiológicos recabados, denotan un patrón similar en cuanto a la causa de los principales factores de riesgo, que están determinados por la exposición prolongada a los estrógenos, factores ambientales, genéticos, o mismo, el sistema endócrino.

La detección del cáncer en las mamas se encuentra limitada a la autoexploración, este es un método en donde se realiza la observación y palpación de las mamas para determinar si existen cambios físicos, además del examen clínico y la mamografía, que estima un diagnóstico temprano antes que se presenten síntomas cuando sea más tratable.

La mamografía es un estudio de diagnóstico médico realizado mediante la toma de una imagen radiográfica directamente en las mamas, con el método de los rayos X, a baja dosis de radiación. Este estudio, es el más relevante para la detección temprana de enfermedades proveniente de las mamas.

Las radiaciones ionizantes emitidas por rayos X están relacionadas con las

ondas electromagnéticas, estas se clasifican dependiendo de la amplitud de energía en el tiempo. La producción de los rayos x está determinada por la aceleración de los electrones dentro de un tubo de vacío, estos a su vez se estrellan en un blanco determinado y el resultado de ese impacto genera la emisión de rayos x. El equipo emisor de estos rayos especializado para mamografía, se denomina Mamógrafos.

Considerando que la adquisición de los datos para su posterior utilización en el tratamiento de un correcto diagnóstico, depende no sólo de la pericia del operador técnico radiólogo, sino también de la calidad del equipamiento, es de suma importancia que el mismo este acorde a los requerimientos técnicos necesarios, para evitar un diagnóstico erróneo.

Para garantizar esta seguridad en el área mamográfica, es necesario establecer programas de verificación y controles de calidad. Para llevarlos a cabo, este proyecto evalúa su funcionamiento y la calidad de la emisión de rayos, mediante controles de parámetros físicos en sus generadores de radiación, a través de la medición de sus principales parámetros y la elaboración de una lista de verificación basada en los estándares técnicos establecidos por la autoridad reguladora local y el OIEA.

La metodología del proyecto se basa en el estudio experimental, mediante el desarrollo, verificación y prueba con equipos que miden parámetros físicos (dosis, tasa de dosis, KVp, HVL) para mamógrafos, mediante la adaptación e implementación del estándar internacional del OIEA -TECDOC-1517, para el control de calidad de la mamografía y el asesoramiento de la Autoridad Reguladora Radiológica (ARRN) local. A fin de realizar un listado de procedimiento o *check list* para una correcta adquisición de los parámetros que se desean medir.

OBJETIVO

Evaluar el correcto funcionamiento de los principales parámetros físicos de los Mamógrafos, para garantizar un diagnóstico clínico efectivo y una seguridad radiológica acorde a la normativa establecida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante la adaptación e implementación del estándar internacional del OIEA -TECDOC-1517, para el control de calidad de la mamografía, y el asesoramiento de la Autoridad Reguladora Radiológica (ARRN) local, a fin de poder contar con una evaluación acorde a dichas normativas y poder realizar la evaluación uniforme de los parámetros físicos relacionados con la emisión de rayos y la incidencia de los mismos en las mamas, de los diferentes mamógrafos, se desarrolló un sistema capaz de integrar los parámetros físicos relacionados, a través de la adquisición de un equipo adecuado para la medición de los parámetros intrínsecos del tubo de rayos X y el diseño de un prototipo de medición de parámetros externos al tubo, que se complemente con el primer medidor. Los parámetros externos medidos fueron: Angulo de la mama, presión aplicada sobre la mama, tensión aplicada al tubo de rayos X. Los parámetros internos al tubo, que fueron evaluados son: material del ánodo, material del filtro, dosis, tasa de dosis, KVp, HVL

A continuación, se describen los elementos que conforman dicho sistema.

PARÁMETROS NO RADIOLÓGICOS

a. Microcomputador

Para la obtención de los parámetros necesarios, se requiere medir, describir y procesar los datos. El procesamiento de las señales obtenidas es ejecutado por los sistemas electrónicos que se emplean como transductores para la conversión de una

señal física en una señal eléctrica. Esta señal resultante fue medida, procesada y usada posteriormente como una señal de referencia, evaluación o de control del sistema.

Dentro del prototipo se utilizó un microcomputador Raspberry pi 3, debido a la excelente prestación respecto a costo beneficio que ofrece además de poseer los elementos necesarios para el prototipo, es el que mejor se adecua a los requerimientos del proyecto. Este microcomputador tiene la tarea de, por medio de un display LCD de pantalla táctil, recibir de forma inalámbrica y visualizar los datos medidos por los sensores electrónicos.

El Raspberry Pi 3 posee un procesador Chipset Broadcom a 1,2GHz quad-core ARM cortex-A53, conexión inalámbrica Bluetooth 4.1, Wireless LAN, además de 1GB de memoria RAM, puertos Ethernet Socket, salida de videos tipo HDMI, RCA compuesto. Al ser un microcomputador, deberá tener un sistema operativo, el cual se cargará por medio de un micro SD, esto tiene la ventaja de poder tener una bandeja de aplicaciones y así obtener el mejor rendimiento dentro del microcomputador.

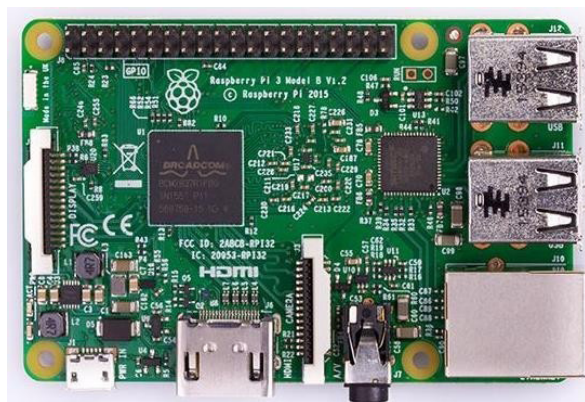


Fig. 1 Piezoeléctrico de compresión

Los sensores electrónicos se dividen de forma modular para cada parámetro que se desea medir, por ejemplo, para la medición de la angulación con respecto a la técnica

mamográfica a realizar, se adquieren los datos por medio de un sensor de angulación digital, la señal captada por el sensor de ángulo es acondicionada e introducida al pin de entrada digital un microprocesador Arduino Pro mini, luego es procesada e introducida a un dispositivo de transmisión de datos (Xbee PRO), que tiene la función de enviar los datos obtenidos de forma inalámbrica a otro Xbee PRO, que cumple la función de receptor de los mismos y finalmente visualizar los datos por medio del display LCD, de esta manera cada parámetro es independiente del otro, siendo los datos centralizados en el microcomputador.

b) Sensor de ángulo

Para determinar el ángulo correspondiente con la que se debe realizar la técnica mamográfica, es decir las proyecciones a la que debe ser expuesta la mama, ésta debe ser obtenida por un sensor de ángulo, por consiguiente, se utilizó un sensor tipo digital de la característica ADXL345 IIC/SPI de la familia de Arduino. Este sensor tiene la característica de ser un acelerómetro de triple eje (X, Y, Z) con salida digital de conexión tipo serial.

El acelerómetro es un dispositivo pensado en aplicaciones móviles, en donde la sensibilidad puede ser ajustada hasta una resolución de 13 bits de hasta 16 g, posee la capacidad de hacer mediciones tanto estáticas como dinámicas, además detecta inclinaciones de 1,0° grado gracias a la resolución de 4mg cada bit menos significativo. En la figura 2 puede observarse el sensor y la disposición de pines.

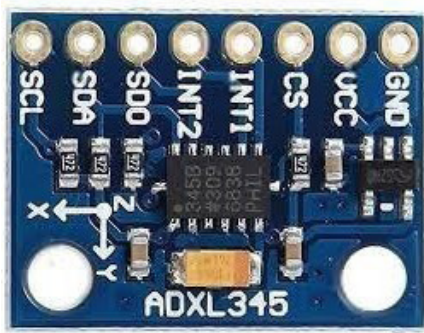


Fig. 2 Acelerómetro ADXL345.

c) Células de Carga

Una célula de carga (o celda de carga) es un tipo de transductor que convierte la unidad física de presión a un elemento eléctrico el cual puede ser medido. Existen varios tipos de sensores los cuales pudieran tener la misma función y manufacturadas con otro tipo de material, pueden ser clasificadas respecto al tipo de señal que genera la salida (neumático, hidráulico, eléctrico) o respecto al método por el cual interpretan estas detecciones (flexión, cizalladura, compresión, tensión, etc.).

Dentro del proyecto se utilizó un sensor electrónico tipo piezoeléctrico de compresión, este sensor se encarga de recabar los datos de compresión del equipo mamográfico. La señal del sensor fue acondicionada para su posterior tratamiento dentro del microcontrolador. En la figura 3 se observa la presentación de un sensor piezoeléctrico de compresión.



Fig. 3 Piezoeléctrico de compresión.

De esta manera se pudo medir la presión ejercida por los mamógrafos, el cual es un factor fundamental para una buena imagen clínica, a una dosis de radiación ionizante baja.

d. Conexión inalámbrica

Para la transmisión de datos, se tuvo en cuenta la exposición a rayos X del personal que realizó las pruebas, Por lo tanto, se diseñó el sistema para transferir los datos obtenidos de manera inalámbrica, pudiendo estos estar a una distancia prudencial del equipo. Se incorporó un dispositivo de transmisión de datos denominado Xbee PRO, el mismo posee además una interfaz amigable, todo ello con el propósito de mejorar el rendimiento de las conexiones entre un emisor, que se encuentra en conexión con los sensores, y el receptor, el cual se encuentra en conexión con el Raspberry Pi.

Se utilizó este dispositivo, por poseer una estructura robusta en cuanto a las conexiones que se desean realizar, además de requerir de su propio protocolo de conexión y mayor alcance en comparación con otros protocolos.

El dispositivo XBee® es el nombre comercial de una familia de módulos de comunicación por radio. Los Xbee fueron diseñados para aplicaciones que requieren un alto nivel de tráfico de información, baja latencia y una comunicación predecible. En la figura 4 se observa la presentación del módulo XBee y sus pines de conexión.

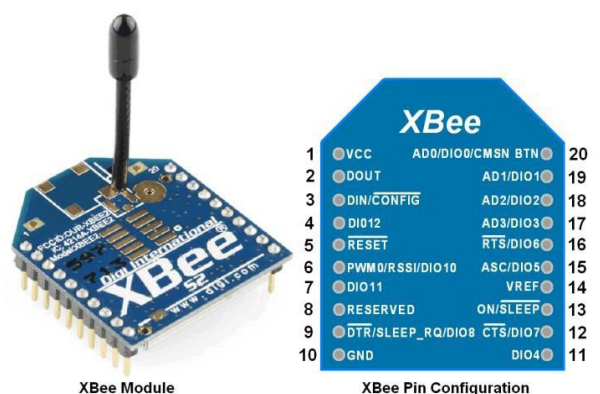


Fig. 4 Módulo XBee.

Los módulos Xbee pueden ser usados con un número mínimo de conexiones: Power, GND y TX/RX, junto con otras conexiones recomendadas como reset y sleep. La

mayoría de los módulos Xbee tienen otras conexiones como Flow control, Input/Output y convertidor analógico digital.

e. Gestor de transferencia de datos

Dentro del sistema se implementa un gestor de datos, posee la funcionalidad de recibir las señales previamente acondicionadas de los sensores electrónicos, esta señal recibida es tratada digitalmente medio de la programación en lenguaje C y enviada nuevamente por medio del módulo Xbee.

Este gestor de datos está integrado por un microcontrolador denominado

Arduino Pro Mini, esta placa está orientada a aplicaciones donde se requiera una movilidad y portabilidad del sistema, además, brinda la posibilidad de ser utilizada en espacios reducidos y tener configuraciones permanentes que requieran ser optimizados en base a los recursos disponibles.

El Arduino Pro mini es una placa basada en Atmega328 posee 14 pines de entrada/salida (los cuales 6 pines se pueden utilizar como salidas PWM), tiene la característica de operar con un voltaje de 3.3 voltios a una velocidad de 8MHz que garantiza un funcionamiento apropiado del sistema. Se requiere utilizar un programador externo que tiene como función la de ser un intermediario entre el Arduino Pro mini y el computador. En la Figura 5 se observa la presentación del microcontrolador Arduino Pro mini.

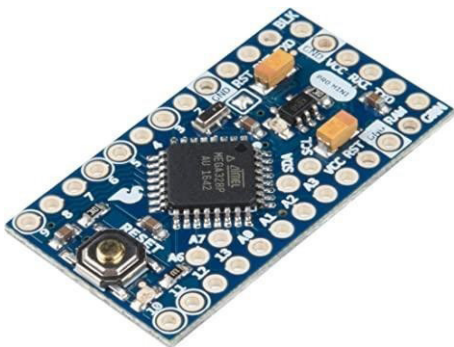


Fig. 5, Arduino Pro Mini.

Se utilizó un programador externo para el Arduino Pro Mini basado en Atmega 16, un dispositivo con entrada USB que posibilita cargar el código dentro de la placa.

f. Mediciones de radiaciones ionizantes

Se utilizó un medidor multiparamétrico de la Marca RTI y modelo *Black Piranha*, él mismo posee la capacidad de medir parámetros físicos, tales como la tensión aplicada al tubo generador de Rayos X, dosis de radiación determinados y la tasa de dosis que irradia el mamógrafo.



Fig. 6, Medidor Black Piranha

A fin de complementar las mediciones se elaboró un prototipo de mediciones de otros parámetros necesarios para aumentar los parámetros referenciales a medir y adecuarse a la norma internacional sobre control de calidad de mamógrafos.

El equipo consta de un medidor inalámbrico, el cual viene con una Tablet con el sistema operativo Windows 10, el cual trae instalado la aplicación para controlar y registrar los datos. En la figura 6 se observa la presentación dispositiva utilizado para la medición de variables de radiaciones ionizantes. En la figura 7 se observan las especificaciones técnicas del equipo.

PARÁMETROS RADIOLÓGICOS

El equipo utilizado, de acuerdo con las especificaciones recomendadas para este tipo de medición, fue el RTI Black PIRANHA®,

Aspectos generales del Piranha

Peso	Aprox. 405 g
Tamaño	133 x 75 x 26 mm ³
Fuente de alimentación	Baterías recargables, fuente de alimentación externa
Duración de la batería	Aprox. 15 horas
Tipo de interfaz	Bluetooth incorporado y USB
Pantalla	PC o pantalla RTI portátil
Tiempo de exp. mín.	0,1 ms

Forma de onda

Frecuencia de muestreo	4-2000 muestras/s
Tiempo de grabación	1024 ms-524 s

Mamografía

Rango	Imprecisión	CHR rápida	Pala de compr.
18 - 49 kVp (Mo/30 µm Mo)	1,5 % ± 0,7 kV	Sí	Sí
20 - 46 kVp (Mo/25 µm Rh)	2% ± 1 kV	Sí	Sí
18 - 49 kVp (Mo/1,0 mm Al)	2% ± 1 kV	Sí	Sí
25 - 49 kVp (Rh/25 µm Rh)	2% ± 1 kV	Sí	Sí
20 - 49 kVp (W/0,70 mm Al)	1,5 % ± 0,7 kV	Sí	Sí
20 - 49 kVp (W/50 µm Rh)	2% ± 1 kV	Sí	Sí
20 - 48 kVp (W/0,50 mm Al)	2% ± 1 kV	Sí	Sí
20 - 40 kVp (W/55 µm Ag)	2% ± 1 kV	Sí	Sí
20 - 40 kVp (W/75 µm Ag)	2% ± 1 kV	Sí	Sí
0,1 ms – 2000 s	±1 % o ±0,5 ms		
1 - 65535 pulsos	±1 pulso		
25 nGy - 1500 Gy	±5 %		
3 µR - 150 kR	±5 %		
25 nGy/s - 750 mGy/s	±5 % o ±0,04 µGy/s		
30 µR/s - 86 R/s	±5 % o ±4 µR/s		
1,8 mR/min. - 5100 R/min.	±5 % o ±0,3 mR/min.		
0,19 - 0,8 mm Al CHR	±10 %		

Fig. 7. Especificaciones técnicas Black Piranha.

el cual consiste en un medidor de control de calidad de rayos X, con el cual es posible realizar mediciones de dosis, tasa de dosis, KVp, HVL para equipos mamográficos. Con conexiones USB y Bluetooth, con lo cual es posible integrar a computadores.

RESULTADOS

a. Lista de Cotejo

A partir del protocolo IAEA-TECDOC-1517 se elaboró una lista de cotejo a fin de registrar de forma sistemática los datos de interés para la evaluación. A continuación, se observa dicho documento y sus diferentes secciones.

LISTA DE CHEQUEO PARA EQUIPOS DE MAMOGRAFÍA										
Nº INFORME:					FECHA:					
ESTABLECIMIENTO:					DPTO./SERV:					
TIPO DE CONTROL:					EVALUADOR:					
MARCA:										
MODELO:										
SERIE Nº:										
PATRIMONIO Nº:										
TUBO DE RAYOS X					MARCA:					
					MODELO:					
					Nº DE SERIE:					
MATERIAL DEL ÁNODO (MATERIAL POSIBLE)					Mo ()		Rh ()		W ()	
MATERIAL DEL FILTRO (TIPOS POSIBLES)					Mo ()		Rh ()		W () Al ()	
CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN (SI/NO)					SI ()			NO ()		
SELECCIÓN AUTOMÁTICA DE mAs, KV, ÁNODO/FILTRO					SI ()			NO ()		
DISTANCIA FOCO-PELÍCULA										
DISTANCIA FOCO-PELICULA MEDIDA (cm)										
DISTANCIA FOCO-PELICULA DE REFERENCIA (cm)										
CONFORME CON EL RESULTADO SI/NO: _____										

CALIDAD DEL HAZ					
mAs					
TAMAÑO DEL FOCO					
ÁNODO/FILTRO					
COMPRESOR			SI ()		NO ()
			1	2	3
VALOR DE TENSIÓN (kV) NOMINAL SELECCIONADO					
VALOR DE TENSIÓN (kV) MEDIDO					
$Desviación(\%) = 100 * \frac{U_{medido} - U_{no\ min\ al}}{U_{no\ min\ al}}$					
VALOR DE LA DESVIACIÓN (%)					
CONFORME CON EL RESULTADO SI/NO: _____					
REPETIBILIDAD					
28kV					
DESVIACIÓN MÁXIMA (%)= _____					
$DESVIACIÓN\ MÁXIMA\ (\%) = 100 * \frac{\sum U}{U_{promedio}}$					

CONFORME CON EL RESULTADO SI/NO: _____

TIEMPO DE EXPOSICIÓN				
CONDICIONES DE REFERENCIA				
ÁNODO/FILTRO	MO/MO			
TENSIÓN (kV)	28			
TAMAÑO DEL FOCO				
EL EQUIPO TIENE INDICADOR DE TIEMPO DE DISPARO	SI ()	NO ()		
TIEMPO NOMINAL SELECCIONADO t(mseg.)				
TIEMPO MEDIDO (mseg.)				
DESVIACIÓN(%)*				
DESVIACIÓN MÁXIMA(%)				

$$Desviación(\%) = 100 * \frac{U_{medido} - U_{no\ min\ al}}{U_{no\ min\ al}}$$

$$DESVIACIÓN MÁXIMA (\%) = 100 * \frac{\sum U}{U_{promedio}}$$

CONFORME CON EL RESULTADO SI/NO: _____

REPETIBILIDAD				
TIEMPO NOMINAL	TIEMPO MEDIDO			
200 mseg.				
REPETIBILIDAD*				

$$*REPETIBILIDAD = 100 * \frac{\sum t}{t_{promedio}}$$

CONFORME CON EL RESULTADO SI/NO: _____

DOSIMETRÍA					
Condiciones clínicas para una mama promedio (45mm de PMMA)					
DOSÍMETRO	MARCA:				
	MODELO:				
	Nº DE SERIE:				
	MODO DE EXPOSICIÓN:				
TENSIÓN (kVp)	24	26	28	30	32
mAs					
REJILLA SI/NO					
LECTURA DEL DOSÍMETRO (Mmanual)					
LECTURA CÁMARA (Mauto)					
TASA DE DOSIS (Gy/5g)					

CONFORME CON EL RESULTADO SI/NO: _____

HVL (HALF VALVE LAYER) O CAPA HEMIRREDUCTORA					
CONDICIONES DE REFERENCIA					
ÁNODO/FILTRO			MO/MO		
TENSIÓN (kV)			28		
CARGA (mAs)					
COMPRESOR			SI ()	NO ()	
FILTRO (mm Al)	LECTURAS (mGy)			VALOR MEDIO	
	1	2	3		
0.0				$L_0 =$	
0.3					
0.4					
$HVL = \frac{F_1 \ln \frac{2 * L_2}{L_0} - F_2 \ln \frac{2 * L_1}{L_0}}{\ln \frac{L_2}{L_1}}$					
VALOR DE HVL CALCULADO					
CONFORME CON EL RESULTADO SI/NO: _____					
CALIDAD DE IMGEN					
Condiciones clínicas para una mama promedio (45mm de PMMA)					
TENSIÓN (kV)					
MATERIAL DEL ÁNODO (MATERIAL POSIBLE)			Mo ()	Rh ()	W ()
MATERIAL DEL FILTRO (TIPOS POSIBLES)			Mo ()	Rh ()	W () Al ()
Nº DISPARO		mAs		DO	
1					
2					
3					
4					
5					
MAXIMA DESVIACIÓN:		*=		**=	
$*Desviación(\%) = 100 * \frac{\sum(mAs)}{(mAs)_{promedio}}$					
$**Desviación(\%) = DO_i - DO_{promedio} _{máx}$					
CONFORME CON EL RESULTADO SI/NO: _____					
MARCA DEL PROCESADOR					
MODELO DEL PROCESADOR					
TIPO DE PROCESADOR					
MARCA DEL CHASIS					
MODELO DEL CHASIS					
MARCA DE LA PELICULA					
MODELO DE LA PELICULA					

b. Sistema centralizado de datos

Para realizar las mediciones se diseñó el sistema que integra los diferentes datos, a continuación en la figura 8 se observa el diagrama de bloques de dicho sistema.

c. Resultados de pruebas realizadas con equipos

Se formó y capacitó a un equipo multidisciplinario de profesionales en el control de calidad de los mamógrafos.

Se realizaron las pruebas de funcionamiento de los equipos de mamografía de los centros asistenciales, tanto públicos como privados, todos localizados en el departamento central y capital del país, se observó que algunas unidades necesitaban mantenimiento, lo que conlleva a un mejor control de las mismas a través de protocolos de mantenimientos preventivos y correctivos. En otros casos se obtuvieron correspondencia entre los valores analizados y medidos con los materiales adquiridos.

Se realizaron verificaciones y controles a 8 mamógrafos con el instrumental adecuado (adquiridos y diseñado) para el control de calidad y verificación de los valores emitidos, en instituciones públicas y privadas dentro Asunción y el Departamento Central. El 62,5%

de ellos tienen sus parámetros dentro de los rangos de tolerancia. 37,5% funcionaban, pero con valores por encima de lo esperado. En todos aquellos equipos que se encontraban fuera de sus valores esperados se sugirió su calibración a los encargados de los mismos.

CONCLUSIONES

Con la elaboración del check list y la integración de los equipos medicores se llevaron a cabo pruebas de campo que demostraron que es posible obtener información sobre el estado situacional de los mamógrafos, verificar la calidad de la imagen, la tasa de dosis para determinar el nivel de radiación emitida por el equipo y garantizar la protección radiológica del personal técnico y de los usuarios, así como los alcances de ajustes a las dosis y tasa de dosis, si es necesario. Asimismo, con estos datos es posible prever soluciones para evitar paradas innecesarias de operación, todo ello, con el fin de garantizar la seguridad radiológica y facilitar a los decisores las tareas de planificación, justificación de la renovación o mantenimiento de dicha biomedicina equipamiento, en un país con escasa y deficiente infraestructura y equipamiento biomédico.

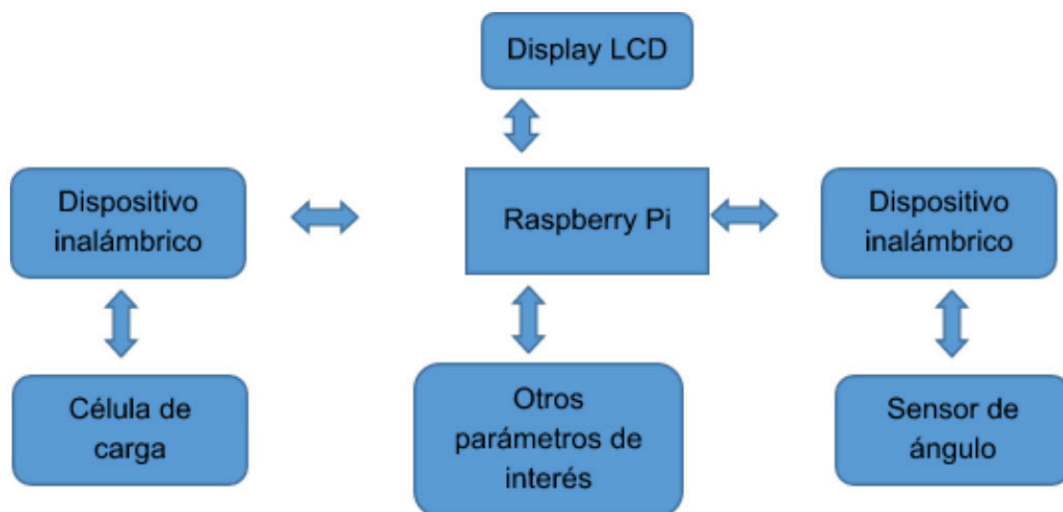


Fig. 8. Especificaciones técnicas Black Piranha.

REFERENCIAS

1. Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (2018). Signos de alarma del cáncer de mama. Recuperado de <https://www.mspbs.gov.py/incan/13438/conocer-los-signos-de-alarma-del-cancer-de-mama-unaformadequererte.html>
2. RASPBERRY (2018). Raspberry Pi 3. [En línea]. Consultado el 23 de mayo de 2018. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/?s=raspberry+pi+3>
3. CONTROL DE CALIDAD EN MAMOGRAFÍA (2018). Protocolo elaborado en el marco de dos proyectos regionales ARCAL/OIEA. OIEA, Viena, 2006. Impreso en OIEA, Viena. [en línea]. Consultado el 19 mayo 2018. Disponible en: http://wwwpub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1517s_web.pdf.
4. SPARKFUN (2018). Arduino Pro Mini. [En línea]. Consultado el 15 de mayo de 2018. Disponible en: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Boards/ProMini16MHzv1.pdf>
5. Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (2018). #OctubreRosaPy: Cáncer de mama es el primero en incidencia en mujeres. Recuperado de <https://www.mspbs.gov.py/portal/13328/octubrerrosapy-cancer-de-mama-es-el-primero-en-incidencia-en-mujeres.html>
6. Wenninger, I, & Peralta, F. (2015). Desarrollo de una aplicación como herramienta para el control de calidad de equipos mamográficos, basada en la norma IAEA-TECDOC-1517 (tesis de grado). Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.
7. Pérez, N, Valenzuela, M, Llera, J. (2009). Mamografía. Técnica de proyecciones y documentación. Recuperado de <https://www.logoss.net/file/738/download?token=UcDVhtfg>
8. Cervantes, G. (1993). Fundamentos técnicos de radiología y tomografía axial computarizada. Chile: Diana.