

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
BACHILLERATO EN LA CARRERA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE
ABASTECIMIENTO DE QUÍMICOS PARA
REVELADORAS DE PLACAS RADIOGRÁFICAS
MARCA AGFA, MODELO CLASSIC EOS,
REDUCIENDO FALLAS Y RIESGOS
OPERATIVOS, PARA EL PRIMER
CUATRIMESTRE DEL 2018**

**Sustentante:
Robin Chacón Mora**

**TUTOR:
Ing. Eduardo Sanabria Guerrero**

Abril, 2018

TABLAS DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO

TABLAS DE CONTENIDO	2
ÍNDICE DE CONTENIDO	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE GRÁFICAS	13
DECLARACIÓN JURADA	14
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR	15
CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR	16
CARTA DE APROBACIÓN DEL CONTACTO DE LA EMPRESA.....	17
AGRADECIMIENTO	18
CAPÍTULO I.....	19
PROBLEMA DEL PROYECTO.....	19
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	20
1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa	20
1.1.2 Justificación del proyecto	21
1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA.....	23
1.2.1 La idea del problema.....	23
1.2.2 La pregunta del problema	23
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	24

1.3.1 Objetivo general	24
1.3.2 Objetivos específicos.....	24
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	25
1.4.1 Alcances	25
1.4.2 Limitaciones.....	26
CAPÍTULO II.....	27
MARCO TEÓRICO	27
2.1 DIGNÓSTICO POR IMÁGENES MÉDICAS.....	28
2.2 TIPOS DE EQUIPOS DE RADIACIÓN	31
2.3 RIESGOS PARA LA SALUD	35
2.4 APLICACIONES MÉDICAS DE LOS RAYOS X.....	36
2.5 EQUIPO DE REVELADO DE PLACAS RADIOGRÁFICAS	37
2.5.1 Proceso de revelado	37
2.5.2 Químicos de revelado	39
CAPÍTULO III.....	42
MARCO METODOLÓGICO.....	42
3.1 TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.1.1 Tipo de investigación.....	43
3.1.2 Enfoque de la investigación	44
3.2 FUENTES Y SUJETOS DE INFORMACIÓN	45

3.3	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	47
3.4	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	48
3.5	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	49
CAPÍTULO IV		53
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....		53
4.1	SITUACIÓN ACTUAL.....	54
4.2	LIMPIEZA DEL EQUIPO Y ABASTECIMIENTO DE QUÍMICOS	58
4.3	PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE QUÍMICOS.....	60
4.4	FALLAS EN LOS EQUIPOS	66
4.5	VALORACIONES DEL PERSONAL.....	71
4.6	TABLA DE CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	74
CAPÍTULO V		75
PROPUESTA DEL PROYECTO.....		75
5.1	DIAGRAMA DEL PROYECTO	77
5.2	SISTEMA PROGRAMABLE	79
5.2.1	Controlador Lógico Programable.....	79
5.2.2	Raspberry Pi.....	79
5.2.3	Arduino MEGA	81
5.2.4	Selección de sistema programable	83
5.3	SENSORES DE NIVEL	86

5.3.1	Nivel en tanques internos	86
5.3.2	Nivel en tanques externos y programación en display	91
5.4	SISTEMA DE BOMBEO	97
5.5	MEDICIÓN DE CAUDAL	103
5.6	MEDICIÓN DE PLACAS PROCESADAS.....	107
5.7	ENVÍO DE VARIABLES A BASE DE DATOS	110
5.7.1	Creación de canal en Thingspeak.....	110
5.7.2	Programación de base de datos Thingspeak	113
5.8	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	117
5.8.1	Unidad de control	117
5.8.2	Unidad externa de potencia y niveles.....	124
5.9	VISUALIZACIÓN EN BASE DE DATOS.....	131
5.10	ANÁLISIS DE COSTOS	135
5.11	CUMPLIMIENTO DE CARACTERÍSTICAS	138
	CAPÍTULO VI	139
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
6.1	CONCLUSIONES.....	140
6.2	RECOMENDACIONES.....	144
	BIBLIOGRAFÍA.....	146
	ANEXOS.....	149

ANEXO 1. PROGRAMACIÓN EN ARDUINO IDE	150
ANEXO 2. SENSOR ULTRASONICO	161
ANEXO 3. BOMBAS DE REGERACIÓN	163
ANEXO 4. QUÍMICO FIJADOR	166
ANEXO 5. QUÍMICO REVELADOR	168
ANEXO 6. COTIZACIÓN DE QUÍMICOS REVELADOR Y FIJADOR	170
ANEXO 7. COTIZACIÓN DE TARJETAS PCB1 (TARJETA DE BAJO CONSUMO) Y PCB2 (CONTROL BOARD)	172
ANEXO 8. ENCUESTAS REALIZADAS	175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	30
Figura 2	32
Figura 3	33
Figura 4	34
Figura 5	38
Figura 6	39
Figura 7	40
Figura 8	41
Figura 9	49
Figura 10	54
Figura 11	55
Figura 12	56
Figura 13	57
Figura 14	59
Figura 15	60
Figura 16	61
Figura 17	62
Figura 18	63
Figura 19	63
Figura 20	64
Figura 21	65
Figura 22	70

Figura 23	77
Figura 24	81
Figura 25	82
Figura 26	83
Figura 27	84
Figura 28	86
Figura 29	88
Figura 30	89
Figura 31	90
Figura 32	91
Figura 33	92
Figura 34	93
Figura 35	94
Figura 36	94
Figura 37	95
Figura 38	96
Figura 39	97
Figura 40	99
Figura 41	101
Figura 42	101
Figura 43	102
Figura 44	103
Figura 45	104

Figura 46	105
Figura 47	105
Figura 48	106
Figura 49	107
Figura 50	107
Figura 51	108
Figura 52	109
Figura 53	111
Figura 54	111
Figura 55	112
Figura 56	113
Figura 57	113
Figura 58	114
Figura 59	114
Figura 60	115
Figura 61	117
Figura 62	118
Figura 63	119
Figura 64	121
Figura 65	122
Figura 66	124
Figura 67	125
Figura 68	126

Figura 69	126
Figura 70	127
Figura 71	128
Figura 72	129
Figura 73	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	46
Tabla 2	48
Tabla 3	74
Tabla 4	87
Tabla 5	87
Tabla 6	89
Tabla 7	93
Tabla 8	120
Tabla 9	122
Tabla 10	123
Tabla 11	135
Tabla 12	136

ÍNDICE DE GRÁFICAS

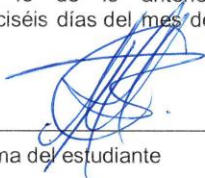
Gráfica 1	66
Gráfica 2	67
Gráfica 3	68
Gráfica 4	71
Gráfica 5	72
Gráfica 6	131
Gráfica 7	132
Gráfica 8	133

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Robin Chacón Mora, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 304500781 egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Electrónica, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE QUÍMICOS PARA REVELADORAS DE PLACAS RADIOGRÁFICAS MARCA AGFA, MODELO CLASSIC E.O.S., REDUCIENDO FALLAS Y RIESGOS OPERATIVOS, PARA EL PRIMER CUATRIMENESTRE DEL 2018, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los dieciséis días del mes de abril del año dos mil dieciocho.



Firma del estudiante

Cédula: 304500781

CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR



CARTA DEL TUTOR

San José, 16 de Abril del 2018

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Robin Chacón Mora, cédula de identidad número 304500781, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE QUÍMICOS PARA REVELADORAS DE PLACAS RADIOGRÁFICAS MARCA AGFA MODELO CLASSIC EOS, REDUCIENDO FALLAS Y RIESGOS OPERATIVOS DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL 2018", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	10
b	Cumplimiento de entrega de avances.	20	17
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	28
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	20
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	18
Total:		100	93

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Ing. Eduardo Sanabria Guerrero
Céd: 108610714
Tutor

CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR



CARTA DEL LECTOR

San José, 15 de marzo de 2018

Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

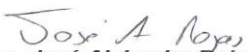
Estimado señor:

El estudiante **Robin Chacón Mora**, cédula de residencia número **3 0450 0781**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **“Automatización del proceso de abastecimiento de químicos para reveladoras de placas radiográficas marca AGFA, modelo classic EOS, reduciendo fallas y riesgos operativos, para el primer cuatrimestre del 2018.”**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Electrónica.

He revisado y analizado el contenido, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente.


Ing. José Alejandro Rojas López
Cédula identidad 1 1079 0035
Carné Colegio Profesional N°: IEL-15888

CARTA DE APROBACIÓN DEL CONTACTO DE LA EMPRESA

17 de Abril de 2018

Señores

Universidad Hispanoamericana.

Estimados señores,

Por este medio hago constar que el señor Robin Chacón Mora, empleado de la empresa Multiservicios Electromedicos S.A. y encargado del mantenimiento preventivo y correctivo de la reveladora de placas modelo CLASSIC EOS, realizó satisfactoriamente el sistema automatizado de proceso de abastecimiento de químicos revelador y fijador para la procesadora de placas marca AGFA, modelo CLASSIC EOS.

Cumpliendo con los objetivos del proyecto y mejoras planteadas según las encuestas y entrevistas realizadas al personal de radiología e ingeniería y mantenimiento del centro médico. Al realizar la automatización del proceso de abastecimiento de químicos, que anteriormente se realizaba de forma manual, se logra evitar fallas y riesgos operativos en el procedimiento descrito.

Al realizar la automatización del proceso se logra mejoras en el tiempo de lavado de la procesadora de placas, y se realiza un mejor control de insumos para el servicio de radiología, además de una visualización constante de los niveles de químicos externos.

Sin más por el momento, se despide.



Fabián Guzmán Díaz
Técnico del área de Equipo médico
Área de Salud de Coronado C.C.S.S.
Tel: 8302-7115
Email: faguzman@ccss.sa.cr



AGRADECIMIENTO

Agradecido en primera instancia con Dios, el lograr la culminación de esta etapa tan importante en mi vida, en segunda instancia con mi familia y la nueva fase que inicia con mis hermosos hijos Nathan Chacón Calderón y Emiliano Chacón Calderón los cuales los amo con toda mi alma y mi ser, además del apoyo de mi novia Maria Paula Calderón Monge, quien estuvo a mi lado en cada instante de este proceso, recordar a mi madre la cual, desde pequeño me ha apoyado especialmente en el estudio, a todas las personas que se interpusieron en mi camino para el apoyo de este proyecto, la honra a Dios ante todo.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO

1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa

Multiservicios Electromédicos S.A fue creada en el año 1969, por la inspiración de varios socios unidos y comprometidos con el sector salud costarricense. Nace con la finalidad exclusiva de vender equipo médico de alta calidad, así como brindar soporte técnico a los equipos colocados en el mercado costarricense.

Para 1981 Multiservicios Electromédicos S.A se había convertido en una de las empresas líderes en el campo de venta y mantenimiento de equipo médico, debido al nivel profesional de sus colaboradores en el área técnica, los cuales eran capacitados en el extranjero para brindar el servicio de más alta calidad al pueblo costarricense. Para este entonces, la empresa contaba con aproximadamente 40 colaboradores multidisciplinarios y 7 casas representantes para Costa Rica.

Es así como en el año 2004, Multiservicios Electromédicos S.A adquiere el nombre comercial: MESA MEDICAL S.A (proveniente de las siglas de Multiservicios Electromédicos S.A), a partir de ese momento la empresa expande su portafolio con la representación de 23 casas comerciales, además hubo un incremento en su planilla a 50 colaboradores.

Multiservicios Electromédicos tiene actualmente a su cargo varias casas comerciales en el área de imágenes médicas como por ejemplo Toshiba, en equipos de

rayos x, TAC y ultrasonidos, Giotto, equipos mamógrafos y Agfa, en digitalización de imágenes médicas y reveladora de placas.

1.1.2 Justificación del proyecto

La implementación de este proyecto tiene como finalidad reducir el riesgo de fallos en el equipo producido por humedad en tarjetas electrónicas, sensores, motores, y cualquier componente electrónico del equipo, a la hora de realizar el mantenimiento preventivo de la reveladora de placas, mediante un proceso automatizado de abastecimiento de químicos fijador y revelador, de esta manera se podrán disminuir los gastos del equipo por compra de repuestos dañados a causa de humedad en componentes internos de la reveladora de placas.

El revelado contiene compuestos alcalinos tales como carbonato sódico y el hidróxido sódico. Estos agentes tamponadores potencian la acción del agente revelador al controlar la concentración de iones de hidrogeno: el Ph. Estos compuestos alcalinos son cáusticos, es decir, son muy corrosivos (Carlyle, 2013, p.277).

Esto causa corrosión en componentes internos del equipo provocando fallas de funcionamiento en tarjetas, bombas, sensores, etc.

Por otro lado, este proyecto ayudará a facilitar el proceso de lavado y mantenimiento preventivo evitando el abastecimiento manual con recipientes que provocan derrames de químicos a lo largo del recorrido y en el propio equipo, con lo

cual se beneficia tanto al encargado del mantenimiento como a los pacientes ubicados en los pasillos de espera, al no estar expuestos a un posible derrame o accidente en el transporte del químico, cabe resaltar que los tanques de abastecimiento de químicos revelador y fijador de la reveladora de placas deben estar a una distancia no menor a 12 metros, esto por recomendaciones del ente de protección radiológica.

Asimismo, al automatizar este proceso de abastecimiento de químicos ayudará a mejorar la calidad de la película radiográfica revelada, pues cuando se realiza este proceso manualmente existe la posibilidad de contaminar el químico revelador con el fijador o viceversa y en esta reacción ambos químicos pierden propiedades esenciales necesarias para dar una óptima imagen a la placa radiográfica y un análisis idóneo por parte del médico a cargo.

Por lo demás, al realizar este proyecto se pretende mejorar el prototipo y distribuir como un accesorio adicional de la reveladora de placas, de esta forma será un proyecto lucrativo para la empresa, la cual venderá este accesorio como mejora del equipo ayudando al personal de cada centro médico a facilitar sus labores de mantenimiento.

1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

1.2.1 La idea del problema

Los equipos para revelar placas radiográficas marca AGFA carecen de un sistema automatizado de abastecimiento de químicos que provoca riesgos de derrames y contaminación de químicos lo cual podría causar fallos en el equipo provocados por humedad o afectar la imagen de la película radiográfica.

1.2.2 La pregunta del problema

¿Cómo desarrollar un sistema automatizado que permita el abastecimiento de químicos revelador y fijador para reveladora de placas radiográficas para reducir fallas y riesgos operativos?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un control automatizado de abastecimiento de químicos fijador y revelador para máquina reveladoras de placas radiográficas marca AGFA, modelo Classic EOS, reduciendo fallas y riesgos operativos para el I Cuatrimestre del 2018.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el criterio de las personas encargadas del revelado de placas mediante encuestas y entrevistas para lograr un mejor entendimiento de las necesidades del servicio.
- Diseñar un sistema de bombeo para dar abastecimiento de los químicos a la procesadora de placas, y evitar derrames y daños en el equipo.
- Diseñar un programa en un sistema programable que controle el sistema de bombeo, calcule la cantidad de químico utilizado y realice mediciones de niveles de los químicos.
- Elaborar una comparación de cantidad de químico utilizado versus cantidad de placas efectivas reveladas y enviar a una base de datos para leer la información y llevar el control de suministros del servicio.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

- Los componentes electrónicos de la reveladora están expuestos a derrames de químico, este riesgo será menor si el abastecimiento de químico se realiza automático.
- En el momento que el proceso de abastecimiento de químicos se realice de forma automatizada, la cantidad de componentes con algún grado de corrosión o humedad será mucho menor por lo cual el centro médico no deberá invertir presupuesto en repuestos dañados por este motivo.
- Al abastecer la reveladora de placas de forma manual, se debe transportar químicos en distancias largas, atravesando pasillos con pacientes y personas enfermas, las cuales pueden sufrir un accidente, al finalizar este proyecto estas personas no tendrán ningún riesgo de accidente.
- El trabajo contempla una comparación de cantidad de químico utilizado y cantidad de placas reveladas, estos dos parámetros podrán ser observados en una gráfica para analizar su comportamiento a lo largo de los meses y así tener un control de gastos de consumibles.
- Este proyecto impacta en los tiempos de lavado del equipo por lo cual los mantenimientos serán más provechosos.

1.4.2 Limitaciones

- Las bombas de regeneración están expuestas a químicos, si estas no reciben un mantenimiento de limpieza periódico, podrían a sufrir corrosión y fallas en su funcionamiento.
- La unidad de control utilizada como microprocesador está a expensas del usuario, la cual puede sufrir fallas por su mala manipulación.
- Las placas atascadas en el proceso de revelado no se toman en cuenta a la hora de medir dicho parámetro, pues este trabajo solo grafica únicamente las películas radiográficas efectivas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 DIGNÓSTICO POR IMÁGENES MÉDICAS

2.1.1 Definición de Rayos X

Los rayos X son una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioletas y los rayos gamma. La diferencia fundamental con los rayos gamma es su origen: los rayos gamma son radiaciones de origen nuclear que se producen por la desexcitación de un nucleón de un nivel excitado a otro de menor energía y en la desintegración de isótopos radiactivos, mientras que los rayos X surgen de fenómenos extra nucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones. La energía de los rayos X en general se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente. Los rayos X son una radiación ionizante porque al interactuar con la materia produce la ionización de los átomos de la misma, es decir, origina partículas con carga (iones). Al conocer se podrá analizar el concepto de generación de rayos X según Drake, Wayne y Mitchell, (2015) quienes afirman la siguiente:

Los rayos X son fotones (un tipo de radiación electromagnética) y se generan a partir de un tubo complejo de rayos X, que es un tipo de tubo de rayos catódicos. Los rayos X son posteriormente colimados (dirigidos a través de obturadores recubiertos de plomo para evitar que se abran en abanico) hacia la zona apropiada, según determine el técnico en radiología. A medida que los rayos X atraviesan el cuerpo van siendo atenuados (reducidos en energía) por

los tejidos. Aquellos rayos X que atraviesan los tejidos interactúan con la película fotográfica (p.5).

Por lo anterior se conoce que la emisión de iones por parte del tubo de rayos X impacta la estructura del cuerpo en estudio y genera una barrera de densidades en la cuales se refractan los iones en los sectores menos densos e impregna una imagen en la placa radiográfica colocada bajo el paciente, luego esta placa sensible a la luz es procesada en un equipo de revelado de placas para obtener al final la imagen de la fractura o sector anatómico en estudio.

2.1.2 Producción de rayos X

Para la producción de rayos X en laboratorios, hospitales, etc. se usan los tubos de estos, que pueden ser de dos clases: tubos con filamento o tubos con gas.

El tubo con filamento es un tubo de vidrio al vacío en el cual se encuentran dos electrodos en sus extremos. El cátodo es un filamento de tungsteno y el ánodo es un bloque de metal con una línea característica de emisión de la energía deseada. Los electrones generados en el cátodo son enfocados hacia un punto en el blanco (que por lo general posee una inclinación de 45°) y los rayos X son generados como producto de la colisión. El total de la radiación que se consigue equivale al 1% de la energía emitida; el resto son electrones y energía térmica, por lo cual el ánodo debe estar refrigerado para evitar el sobrecalentamiento de la estructura. A veces, el ánodo se monta sobre un motor rotatorio; al girar continuamente el calentamiento se reparte por toda la superficie del ánodo y se puede operar a mayor potencia. En este caso el

dispositivo se conoce como «ánodo rotatorio».1 Finalmente, el tubo de rayos X posee una ventana transparente a los rayos X, elaborada en berilio, aluminio o mica

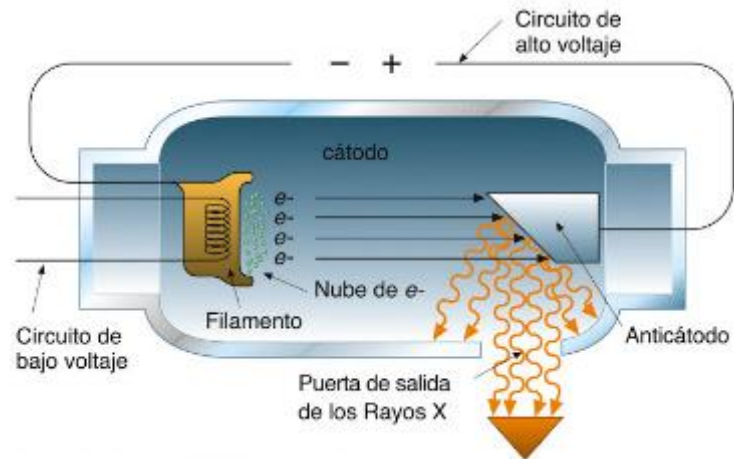


Figura 1
Esquema de tubo de rayos X
Fuente: Fundamentos de Radiología Dental

Al producir el efecto Joule por la activación del circuito de alto voltaje, se forma una nube de electrones en el filamento, los cuales viajan a gran velocidad hacia el ánodo e impactan bruscamente contra disco anódico que es producido a base de tungsteno, creando así una refracción en la que se producen los rayos X.

2.2 TIPOS DE EQUIPOS DE RADIACIÓN

El concepto de radiología se puede expresar como la utilización de radiaciones para obtener imágenes y realizar el estudio de la anatomía del ser humano, para la obtención de análisis por medio de imágenes médicas se utiliza tres tipos de radiaciones como la son la radiología, fluoroscopio y tomografía.

Existen tres tipos de exploraciones con rayos X: la radiografía, la fluoroscopia y la TAC. La radiografía utiliza la película y, por lo general, un tubo de rayos X montado en el techo sobre unos rieles que permiten desplazar el tubo en cualquier dirección. Estos exámenes suministran al radiólogo imágenes fijas.

La fluoroscopia se realiza habitualmente con un tubo de rayos X que se encuentra bajo la mesa de exploración. Al radiólogo se le proporciona las imágenes en movimiento en un monitor de televisión o en una pantalla plana.

La tomografía computarizada utiliza una fuente de rayos X giratoria y una matriz de detectores. Se adquiere un volumen de datos de tal manera que es posible reconstruir imágenes fijas en cualquier plano anatómico coronal, sagital, transversal u oblicuo (Stewart, 2013, p.57).

Como explica la cita anterior son tres tipos de diagnósticos disímiles, los cuales son utilizados para diferentes estudios.



Figura 2
Radiología convencional
Disponible en: <http://www.imdillano.com>

En la imagen anterior se puede visualizar un examen realizado por radiología convencional, en el cual se obtiene una imagen fija de la zona en estudio para el posterior análisis del doctor radiólogo encargado. Los exámenes realizados por medio de radiología convencional permiten analizar el estado actual de los huesos, se utilizan en su mayoría para ver fracturas en piernas, brazos, cadera, entre otros.



Figura 3
Equipo de Fluoroscopia TOSHIBA
Disponible en: <http://www.gnostika.com>

La imagen anterior muestra un equipo de fluoroscopia marca TOSHIBA que es comprendido por un equipo de rayos X con un monitor, se observa la imagen en tiempo real de la anatomía del cuerpo del paciente en estudio, en esta clase de exámenes el doctor debe estar presente mientras se realiza el análisis. Son procedimientos complejos que requieren equipo especialmente diseñado, e implican altas exposiciones de radiación tanto al personal como a los pacientes. La fluoroscopia se utiliza en gran cantidad de exámenes y procedimientos, como rayos X con bario, cateterismo cardíaco, artrografía (visualización de una o varias articulaciones), punción lumbar, inserción de catéteres intravenosos (tubos huecos que se insertan en las venas o arterias), pielografía intravenosa, histerosalpingograma y biopsias.



Figura 4
Equipo de TAC
Disponible en: <http://es.uhealthsystem.com>

Por otra parte, los TAC (Tomografía Axial Computarizada) consisten en tubos de rayos X alineados en un gantry los cuales rotan a una velocidad considerable para reconstruir la imagen a base de cortes en diferentes ángulos, de tal manera se obtiene una imagen tridimensional de la sección en estudio. Los TAC permiten visualizar las partes internas del organismo en diferentes dimensiones lo que es útil para facilitar el diagnóstico de cualquier enfermedad principalmente se utilizan para la cabeza, pero puede realizarse exámenes en abdomen, hombros, manos, entre otros.

2.3 RIESGOS PARA LA SALUD

La manera en la que la radiación afecta a la salud depende del tamaño de la dosis de esta. La exposición a las dosis bajas de rayos X a las que el ser humano se expone diariamente no es perjudicial. En cambio, sí se sabe que la exposición a cantidades masivas puede producir daños graves. Por lo tanto, es aconsejable no exponerse a más radiación ionizante que la necesaria.

La exposición a cantidades altas de rayos X puede producir efectos tales como quemaduras en la piel, caída del cabello, defectos de nacimiento, cáncer, retraso mental y la muerte. La dosis determina si un efecto se manifiesta y con qué severidad.

2.4 APLICACIONES MÉDICAS DE LOS RAYOS X

La radiología es la especialidad médica que emplea la radiografía como ayuda en el diagnóstico médico, en la práctica, el uso más extendido de los rayos X. Los rayos X son especialmente útiles en la detección de enfermedades del esqueleto, aunque también se utilizan para diagnosticar enfermedades de los tejidos blandos, como la neumonía, cáncer de pulmón, edema pulmonar, abscesos.

En otros casos, el uso de rayos X tiene más limitaciones, como por ejemplo en la observación del cerebro o los músculos. Las alternativas en estos casos incluyen la tomografía axial computarizada, la resonancia magnética nuclear o los ultrasonidos.

Los rayos X también se usan en procedimientos en tiempo real, tales como la angiografía, o en estudios de contraste.

2.5 EQUIPO DE REVELADO DE PLACAS RADIOGRÁFICAS

2.5.1 Proceso de revelado

La imagen latente permanece hasta que se le somete a un procesado químico o físico, con la acción de diversas soluciones, del agua y del calor, durante un tiempo determinado. Todo ello hace posible su visualización

El proceso del revelado consta de las siguientes fases:

- Debe ingresarse a un cuarto especial totalmente oscuro ya que la luz hace que la placa se vea (la placa radiográfica es sensible a la luz por lo que a la hora de recibir el impacto de los rayos X está protegida dentro de un chasis especial para no recibir más luz de la que se refracta en la imagen) y pierda la información existente en ella.
- Una vez el cuarto totalmente oscuro se realiza la extracción de la placa del chasis y la introducción al equipo revelador por la bandeja de entrada, luego de esto y totalmente a oscuras se realiza la carga del chasis con una placa radiográfica virgen.



Figura 5
Bandeja de entrada reveladora de placas AGFA
Fuente: Elaboración propia

- La placa pasará por los químicos (que se encuentran a una temperatura establecido superior a 34 grados) los cuales dejarán visibles la imagen latente obtenida por la radiación, en el cual el primer químico en entrar en contacto será el revelador; posterior a ello, pasará por dos tanques abastecidos con químico fijador que darán el contraste requerido a la película.
- Lavado de los químicos sobrantes en la placa, los cuales se hacen en un tanque con agua a temperatura ambiente.



Figura 6
Tanques internos de químicos de reveladora de placas AGFA
Fuente: Elaboración propia

- Luego, pasará a la parte de secado del sistema por medio de resistencias y abanicos en ella la placa saldrá del equipo totalmente seca.
- Por último, ya la película puede ser analizada por el radiólogo a cargo del estudio en un cuarto de interpretación.

2.5.2 Químicos de revelado

En el proceso de revelado de placas existen dos tipos de químicos con diferente composición, los cuales reaccionan en la placa radiográfica para darle su imagen final con el contraste del disparo realizado en el equipo de rayos X.

Solución del Revelador

La principal acción del revelado es transformar los iones de plata de los cristales expuestos en plata metálica. El revelador es el producto químico que lleva a cabo esta tarea. El revelador proporciona electrones al centro de sensibilidad del cristal para transformar los iones de plata en plata al agregar un electrón al ion de plata.

Componente	Producto químico	Función
Agente revelador	Fenidona	Agente reductor; producir rápidamente niveles de gris
	Hidroquinona	Agente reductor; producir colores negros lentamente
Agente activador	Carbonato de sodio	Contribuir al hinchado de la gelatina; producir alcalinidad; controlar el pH
Agente antivelo	Bromuro de potasio	Agente antivelo; proteger los cristales no expuestos del «ataque» químico
Preservante	Sulfito de sodio	Controlar la oxidación; mantener el equilibrio entre los componentes del revelador
Endurecedor	Glutaraldehído	Controlar el hinchado de la emulsión e incrementar la calidad de archivo
Secuestrante	Quelatos	Eliminar las impurezas metálicas; estabilizar el agente revelador
Disolvente	Agua	Disolver los productos químicos para su uso

Figura 7
Componentes del químico Revelador
Fuente: Manual de Radiología para técnicos

En la imagen anterior se detallan los diferentes componentes del químico revelador y su función para obtener una alta calidad de imagen en la placa radiográfica, el revelador normalmente es de un color café, si el químico se encuentra negro oscuro significa que su vida útil caduco y no esta en óptimas condiciones para realizar un revelado a la placa, no debe exponerse a la luz del sol ni condiciones extremas, pues pierde sus propiedades de revelado, el químico debe disolverse en la cantidad de agua establecida por el fabricante para garantizar un excelente desempeño.

Solución del Fijado

Una vez que el revelado está completo, las películas deben tratarse para que la imagen no desaparezca y quede fijada de forma permanente. Este estado del procesado es el fijado. La imagen se fija en la película y esto produce películas de alta calidad.

Componente	Producto químico	Función
Activador	Ácido acético	Neutralizar el revelador y parar su acción
Fijador	Tiosulfato de amonio	Eliminar el bromo de plata no revelado de la emulsión
Endurecedor	Alumbre de potasio	Endurecer y encoger la emulsión
Preservante	Sulfito de sodio	Mantener el equilibrio químico
Tampón	Acetato	Mantener el pH adecuado
Secuestrante	Ácido bórico/sales	Eliminar los iones de aluminio
Disolvente	Agua	Disolver otros componentes

Figura 8
Componentes del químico Fijador
 Disponible en: Manual de Radiología para técnicos

Al completar la etapa de revelado, la imagen en la placa queda expuesta, por lo cual se debe llevar a cabo un proceso de fijado de placa donde la imagen quede impregnada en la película y no se desaparezca con el tiempo, pues en los servicios de radiología de los centros médicos se acostumbra archivar las placas para futuros exámenes de los pacientes. El químico fijador se debe hacer de la manera correcta y no realizarlo más concentrado para solucionar problemas de contraste en la imagen.

Luego de ambos procesos, la placa pasa por otro tanque de agua el cual está cambiando constantemente donde se lava de químicos y posteriormente pasa a la unidad de secado para poder visualizarla correctamente por el radiólogo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación aplicada propone resolver problemas prácticos mediante el uso los conocimientos adquiridos a través de bibliografías en estudio y conocimiento general del interesado.

Por el concepto anterior se puede definir que este proyecto cuenta con un tipo de investigación con finalidad aplicada, pues pretende solucionar problemas prácticos de manejo y manipulación de químicos utilizados en el equipo de revelado de placas radiográficas y de esta forma evitar problemas de funcionamiento del mecanismo y automatizar el proceso de abastecimiento de estos, para agilizar el proceso de mantenimiento y tiempos en que el equipo se encuentre sin utilización del personal.

Además, se pretende realizar un conteo de placas reveladas y cantidad de químico utilizado, lo que por el momento se realiza de forma manual y el personal de radiología debe tomar el tiempo para realizarlo.

De tal manera, analizando la problemática actual, se puede definir el tipo de investigación como aplicada, pues en este proyecto no se procura realizar análisis teóricos ni aportar conocimientos científicos.

3.1.2 Enfoque de la investigación

Este proyecto es de tipo práctico por cuanto se basa en proceso de pruebas y mediciones para al final tenerlo listo para ser utilizado; se trata también de realizar un prototipo y luego de varias pruebas realizar ajustes en el diseño del mismo para tener una optimización aún mejor en cada ajuste realizado. De tal manera, Hernández et al (2014) menciona que el enfoque cuantitativo (que representa, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y se debe “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, se puede redefinir alguna fase.

Por lo anterior, se define este proyecto como un enfoque cuantitativo por el cual se debe realizar pruebas y mejoras constantes para obtener los resultados deseados y mantener un sistema optimizado según los requerimientos que surgen al realizar las pruebas correspondientes.

3.2 FUENTES Y SUJETOS DE INFORMACIÓN

- Fuentes primarias

Se utilizan como fuentes primarias entrevistas y encuestas a personal de los centros médicos del servicio de radiología, asimismo de las tesis de estudiantes anteriormente graduados de la Universidad Hispanoamericana, donde se obtuvo información de fuentes confiables descritas en su bibliografía; además, se toma en cuenta presentaciones audiovisuales y charlas relacionadas con el tema de radiología convencional para definir algunos conceptos importantes en este proyecto.

- Fuentes secundarias

Se utiliza como fuente secundaria el internet el cual es utilizado por muchos estudiantes de hoy en día, donde se obtiene acceso a gran cantidad de información, claro está que se deben elegir fuentes confiables como libros, revistas, artículos, entre otras donde la información sea clara y concisa.

En este caso se recurre a la fuente de internet para obtener libros digitales, enciclopedias y artículos de revistas relacionados con el proyecto. Se utiliza también la biblioteca digital de la Universidad Hispanoamericana.

- Sujetos de información

La siguiente tabla hace referencia a tipos de personas las cuales se le realizan consultas acerca de las problemáticas del revelado convencional.

Tabla 1
Sujetos de información

Puesto Laboral	Experiencia	Relación con el tema
Técnicas en imágenes medicas	Área de Salud de Coronado	Manejo con placas radiográficas diariamente
Encargado de revelado	Hospital Calderón Guardia	Encargado del mantenimiento de los equipos de procesamiento de placas
Encargado de Protección Radiológica	Hospital San Juan de Dios	Realiza los controles de calidad en las placas procesadas del servicio de rayos X
Ingeniero en Electrónica	Mantenimiento de equipo medico	Persona encargada del mantenimiento preventivo correctivo de la procesadora
Ingeniero en Electrónica	Mantenimiento de equipo medico	Persona encargada del mantenimiento preventivo correctivo del equipo de rayos X
Ingeniero en Electro medicina	Hospital México	Encargado de todos los equipos del hospital.
Radiólogo	Hospital Calderón Guardia	Doctor encargado del análisis de los resultados de las placas radiográficas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede analizar, existen varias personas que tienen contacto directo con el equipo de revelado de placas, por lo cual se realizarán consultas en varios centros médicos para obtener diferentes opiniones y así efectuar optimizaciones con base en los requerimientos solicitados por los diferentes contactos.

3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica utilizada será la de entrevista personal a técnicos en imágenes médicas y usuarios del equipo de reveladora de placas, los cuales conocen todos los detalles pertinentes a la utilización de este equipo, sus aspectos tanto positivos como negativos, fallas constantes y mejoras que podrían tener este tipo de sistema.

Se puede decir que este método es más eficaz que el cuestionario, pues se aclaran dudas puntuales y se extiende el tema como el entrevistador lo desee, así se obtiene gran cantidad de información por la cual después de una pregunta da idea a otra y así sucesivamente para transformarlo en una conversación rica en información importante para el objetivo inicial de optimizar el prototipo planteado.

Asimismo, el cuestionario es un conjunto de preguntas diseñadas para generar datos necesarios para realizar un análisis de necesidades o mejoras pendientes. Se realizará mediante un conjunto tanto de preguntas abiertas como preguntas cerradas, con lo cual se obtiene gran cantidad de información para analizar detalles o faltantes del proyecto además de la viabilidad del mismo.

Se pretende realizar un cuestionario de ocho preguntas relacionadas con el proceso de revelado de placas convencionales y mejoras para la reveladora de placas, además de entrevistas a encargados de ingeniería y mantenimiento de equipo médico, la población en estudio es todos los hospitales pertenecientes a la Caja Costarricense del Seguro Social que posean los equipos de reveladoras de placas marca AGFA.

3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables cuantitativas son aquellas que representan un factor medible para el análisis de los valores obtenidos; en este caso, continuando con el enfoque cuantitativo, las variables surgen a través de los objetivos específicos del proyecto, como se observa a continuación.

Tabla 2
Variables de la Investigación

Objetivos Específicos	Variables Asociadas
Reducir las fallas del equipo producidas por humedad en componentes electrónicos.	Cantidad de fallas por año provocadas por humedad.
Reducir gastos e inversiones en repuestos dañados por mal manejo de químicos.	Cantidad de dinero utilizado en repuestos por año.
Evitar problemas de derrames de químicos en pasillos donde se encuentran los pacientes del centro médico.	Cantidad de accidentes ocasionados por derrames de químicos.
Realizar una comparación de cantidad de químico utilizado y cantidad de placas efectivas reveladas por unidad de tiempo.	Cantidad de placas reveladas y químico utilizado.
Mejorar los tiempos del lavado del equipo al realizar el abastecimiento de forma automática.	Tiempo utilizado semanalmente para el mantenimiento preventivo del equipo

Fuente: Elaboración propia.

3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se detalla la estructura del diseño de investigación, la cual se muestra en varias etapas para su final defensa y aprobación del proyecto, según lo planteado.

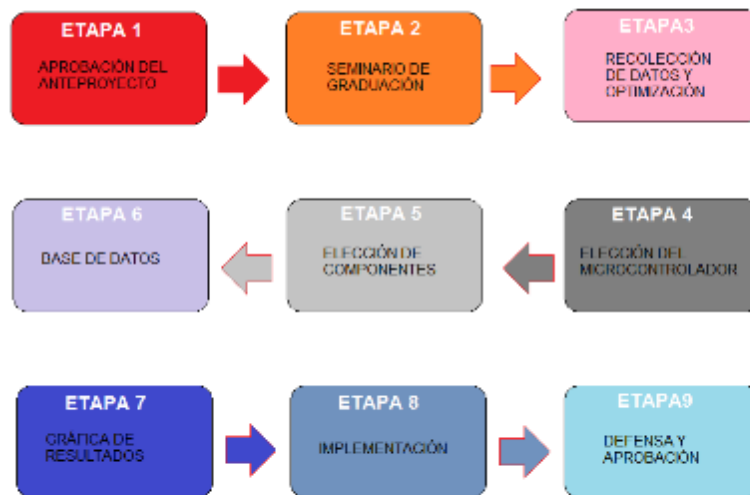


Figura 9
Etapas del proyecto
Fuente: Elaboración propia

- Etapa 1 Aprobación del anteproyecto

En esta etapa se define el proyecto a realizar, se delimita el nombre del proyecto, tema, objetivo general, problemas encontrados, beneficios, entre otros. Esta primera etapa va a direccionar el proyecto a su éxito final.

- Etapa 2 Seminario de graduación

En el seminario de graduación se da inicio a los tres primeros capítulos del proyecto escrito, los cuales son problemática del proyecto, marco teórico y marco metodológico. Se argumentan objetivos específicos, alcances, limitaciones, diseño del proyecto y otros.

- Etapa 3 Recolección de datos y optimización

En esta etapa se realiza la recolección de datos mediante técnicas como entrevistas y encuestas; se obtiene información importante de fuente primaria, o sea, usuarios de los equipos en estudio; se realizan preguntas abiertas acerca de las limitantes que tienen para realizar sus funciones referentes al equipo, se realizan entrevistas en diferentes lugares del área nacional donde cuentan con este tipo de equipo y se consultan ideas para su posterior optimización; además, se analiza la factibilidad del desarrollo de esta propuesta mediante opiniones de técnicos en imágenes médicas.

- Etapa 4 Elección del microcontrolador

Existen diferentes tipos de microcontroladores en el mercado, cada uno tiene sus ventajas y desventajas, se debe realizar la elección tomando en cuenta factores que influyen en el desarrollo del proyecto, tales como entradas análogas, direccionamiento a base de datos, voltajes de control, programación, entre otros. De tal manera, que el microcontrolador se adapte a las necesidades del propósito.

- Etapa 5 Elección de componentes

En esta fase se pretende realizar la elección de los dispositivos a utilizar, tanto como las bombas de regeneración que no deben ser vulnerables a la oxidación por parte de los químicos fijador y revelador, sensores de nivel compatibles con el microcontrolador el cual va a recibir señales de estos; el caudalímetro que debe medir la cantidad de químico que llega la tanque para realizar una comparación con la cantidad de placas; además, el detector de placas realiza el conteo de películas reveladas y demás componentes como mangueras, uniones, gazas, chasis, entre otros.

- Etapa 6 Base de datos

Se debe realizar un análisis para el proceso de envío de información a la base de datos, donde a partir de los datos obtenidos se realizará el examen de la cantidad de placas procesadas y la cantidad de químico utilizados en un periodo establecido por el usuario. Además de realizar el estudio de la programación para el tipo de microcontrolador y base de datos.

- Etapa 7 Gráfica de resultados

En esta sección se realiza la comparación de las variables obtenidas en el proceso, se forman gráficos descriptivos de los resultados para una visualización gráfica y sugestiva para el usuario. De tal forma que el personal puede estudiar los resultados y tomar decisiones acerca del equipo, como por ejemplo la compra de películas radiográficas, según la cantidad de químicos en almacenamiento.

- Etapa 8 Implementación del proyecto

De las últimas etapas del proyecto, acá se realizará la prueba del prototipo desarrollado, en un centro de salud de manera de demostración, la cual estará disponible para el centro en un periodo cercano a un mes para optar por una compra del dispositivo. Se pretende tener un accesorio como este para enviarlo a varios hospitales y realizar demostración del producto, así el servicio de radiología del hospital tendrá la opción de comprar el dispositivo como un accesorio de la reveladora de placas.

- Etapa 9 Defensa y aprobación del proyecto

La última etapa del diseño es la defensa y aprobación, en la cual se realizará una exposición del dispositivo funcionando en óptimas condiciones y desarrollando las lecturas obtenidas. Se explica el funcionamiento del mismo las bases, mejoras y opiniones de los usuarios.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1 SITUACIÓN ACTUAL

La radiología convencional es un servicio utilizado por la mayoría de centros médicos para el diagnóstico de lesiones óseas, en su mayoría. El diagnóstico por imágenes cuenta con un proceso establecido para la obtención de la placa radiográfica la cual será diagnosticada por el medico a cargo. A continuación se describen los pasos del proceso.

- Primero el paciente en estudio se coloca en la mesa del equipo de rayos X para tomar la imagen radiográfica.



Figura 10

Mesa de Rayos X

Fuente: Elaboración propia Clínica de Coronado

- Luego el chasis debe ser marcado con los datos del paciente como el número de identificación, nombre, fecha, entre otros.

- Se coloca el chasis que contiene la placa radiográfica, ya sea en el *bucky* de mesa o de pared según sea el estudio a realizar. A continuación se muestra una imagen del *bucky* de pared.



Figura 11
Bucky de pared
Fuente: Elaboración propia Clínica de Coronado

- Se realiza un disparo de rayos X con la dosis previamente establecida según la masa del paciente, tomando en cuenta mili amperaje y kilo volts del equipo que se establecen en el panel de control del equipo de rayos X.



Figura 12
Panel de control de mesa de Rayos X
Fuente: Elaboración propia Clínica de Coronado

- El chasis irradiado se traslada al cuarto de revelado para realizar dicho proceso, con ausencia de luz se extrae la placa radiográfica y se introduce en la reveladora de placas.
- La película se introduce por la bandeja de entrada (A), pasa por un proceso de transporte que incluye tanques de químico revelador (B) y fijador (C), pasando por un tanque de agua (D) y luego a la unidad de secado (E), luego de esto la película sale completamente seca y lista para su análisis. Este proceso es mostrado gráficamente por la siguiente figura:

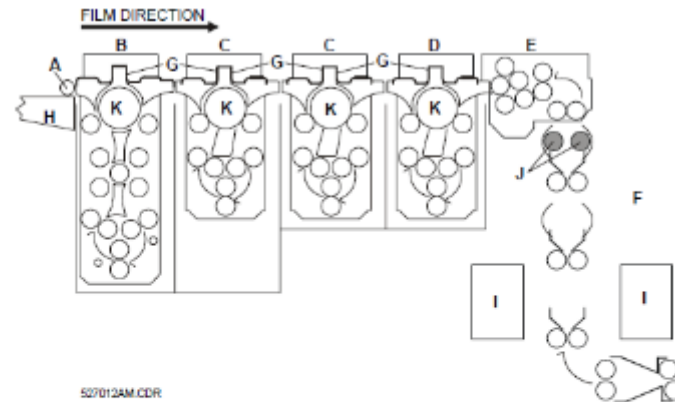


Figure 5 - 1

- | | | | |
|---|------------------------|---|---------------------------------|
| A | Film scanner | G | Upper guides (crossovers) |
| B | Developer tank + rack | H | Film feed table |
| C | Fixer tank 1, 2 + rack | I | Dryer: cross-flow fan |
| D | Water tank + rack | J | Dryer: IR-heaters |
| E | Distributor rollers | K | Racks: main roller / main drive |
| F | Dryer | | |

Figura 13

Transporte de placas radiográficas

Fuente: Manual de servicio reveladora de placas Classic EOS

Estos químicos mencionados anteriormente tienen un tiempo limitado de vida útil luego de su preparación el cual es de 7 días aproximadamente, por lo cual el equipo se debe lavar como mínimo una vez por semana y abastecer de químicos nuevos para asegurar una excelente calidad de imagen en la placa revelada.

Este proceso de abastecimiento de químicos se realiza de manera manual lo cual provoca efectos adversos hacia el equipo y el personal del servicio de radiología.

4.2 LIMPIEZA DEL EQUIPO Y ABASTECIMIENTO DE QUÍMICOS

Importancia de la correcta limpieza del equipo

Como se mencionaba anteriormente, los químicos tienen una vida útil o fecha de expiración la cual es aproximadamente de siete días, si estos no son sustituidos regularmente el proceso de revelado no realiza su función correctamente, por ejemplo las placas radiográficas salen translúcidas, sin contraste de grises o con artefactos que impiden el diagnóstico de lesiones importantes de los pacientes.

Por otra parte, además de realizar el cambio de químicos, el usuario debe realizar una limpieza profunda tanto a los tanques como a los rodillos que componen el sistema de transporte de la placa, esto para evitar algas o residuos en los tanques que afecten la imagen de la película, lo cual podría hacer el médico radiólogo, incurrir en un error a la hora de diagnosticar al paciente.

Sin embargo, los encargados de la limpieza del equipo deben certificar el correcto funcionamiento del mismo, realizando controles de calidad en periodos establecidos.

A continuación se muestra una placa radiográfica que indica una micro calcificación en un tejido mamario, esta calcificación puede confundirse fácilmente con residuos de plata, polvo, algas u otro material no deseado presente dentro de la reveladora de placas por falta de limpieza.

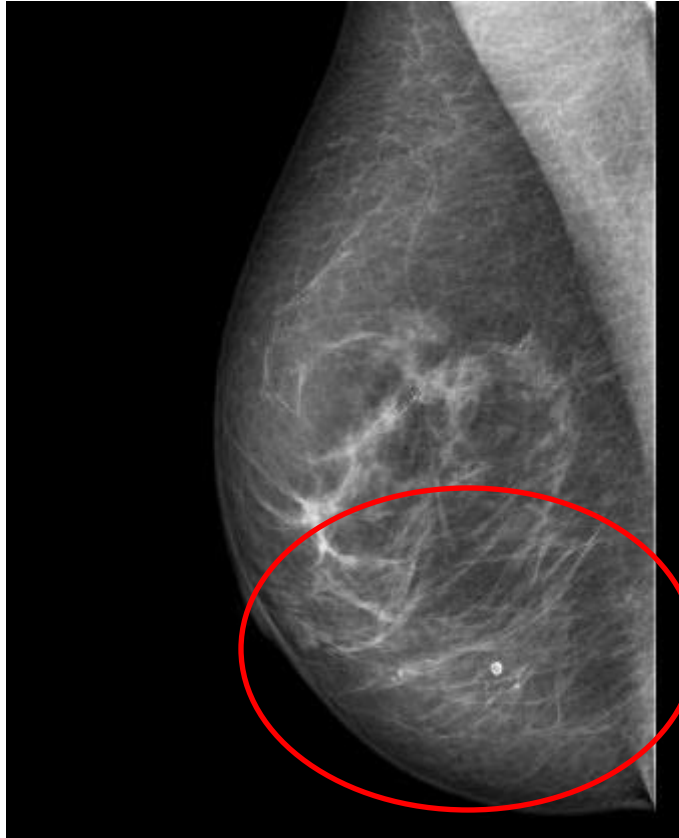


Figura 14
Radiografía de mama
Fuente: Fotografía tomada en Clínica de Coronado

Al igual que esta película, difícil de interpretar, todos los estudios por imágenes están en riesgo de ser valorados erróneamente por el radiólogo a causa de una limpieza ineficiente del equipo.

4.3 PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE QUÍMICOS

En todos los servicios de radiología donde se utiliza la reveladora de placas Classic EOS, el abastecimiento de químicos se debe realizar de manera manual luego de la correspondiente limpieza periódica del equipo.

La limpieza inicia con el drenaje de químicos fijador, revelador y agua, dicho drenaje se realiza manualmente con las llaves y mangueras de salida de líquidos, los cuales se colocan cuando se realiza la instalación del equipo por primera vez.

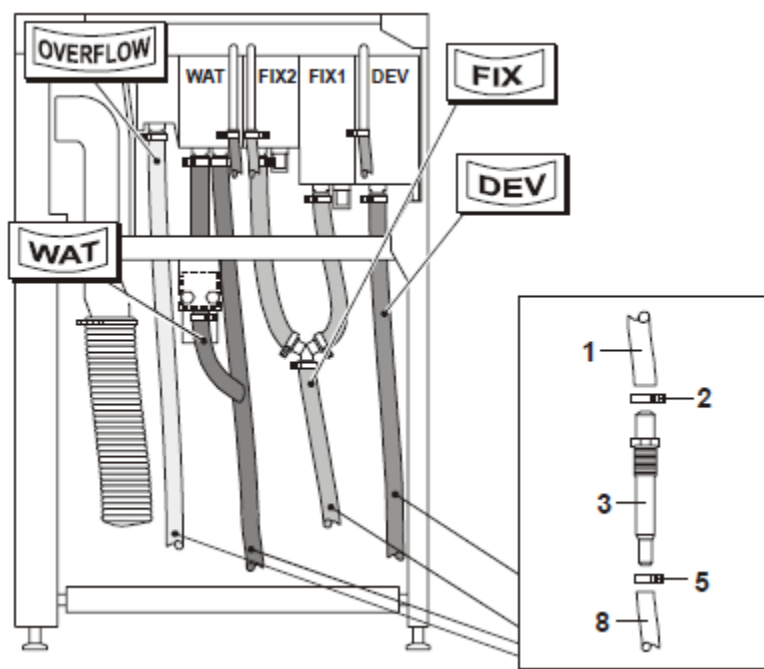


Figura 15

Mangueras de drenaje de reveladora de placas

Fuente: Manual de servicio reveladora de placas Classic EOS

En la figura anterior se muestra la distribución interna de las mangueras para la salida de químicos y agua, estas mangueras se deben colocar idealmente en una tubería de desagüe de 4 pulgadas perteneciente al centro médico.

Luego del drenaje, se realiza la limpieza de los tanques y racks con jabón neutro y bastante agua, para eliminar residuos dentro de los rodillos internos y en los tanques del equipo, algunos centros utilizan la limpieza de tanques de químicos, pero de igual manera se recomienda utilizar abundante agua para eliminar posibles reacciones en las placas.



Figura 16
Reveladora de placas, vista superior
Fuente: Elaboración propia Clínica de Coronado

En la figura 16 se visualiza la distribución de racks y tanques de la reveladora, donde el primero es del revelador, 2 y 3 del fijador y 4 pertenecen al agua. Los tanques deben quedar completamente limpios de residuos y jabón.

Por último se realiza el abastecimiento manual de químicos, cabe recordar que los tanques de químicos deben colocarse en un lugar externo por problemas de contaminación y fuertes olores en el servicio.



Figura 17
Tanques externos de químico fijador y revelador
Fuente: Elaboración propia Clínica de Coronado

En la imagen 17 se aprecian los tanques de químicos revelador (R) y fijador (F), colocados en una bodega fuera de la infraestructura del hospital, lejos de los usuarios y empleados del servicio.

De allí los químicos deben ser trasladados hasta la reveladora de placas; en la mayoría de casos, los encargados de revelado utilizan envases, tarros, picheles, entre otros para el transporte de los químicos, por tal razón corren el riesgo de derrames en pasillos y en la propia reveladora, lo cual podría dañar los componentes internos del equipo.



Figura 18
Envases utilizados para el transporte de químico
Fuente: Elaboración propia Clínica de Coronado

Estos son los envases utilizados en la Clínica de Coronado para el abastecimiento de los químicos en el equipo.

El encargado de revelado debe atravesar pasillos y salas de espera con los tanques de químico hasta llegar al equipo, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 19
Pasillos y salas de espera presentes en el trayecto de transporte de químicos.
Fuente: Elaboración propia Clínica de Coronado.

Por tal razón es necesario realizar un sistema automatizado de abastecimiento de químicos para la reveladora de placas, con esto se pretende evitar el riesgo de derrames en pasillos y salas de espera que afecten a los pacientes del hospital mientras esperan su cita en el servicio de radiología.

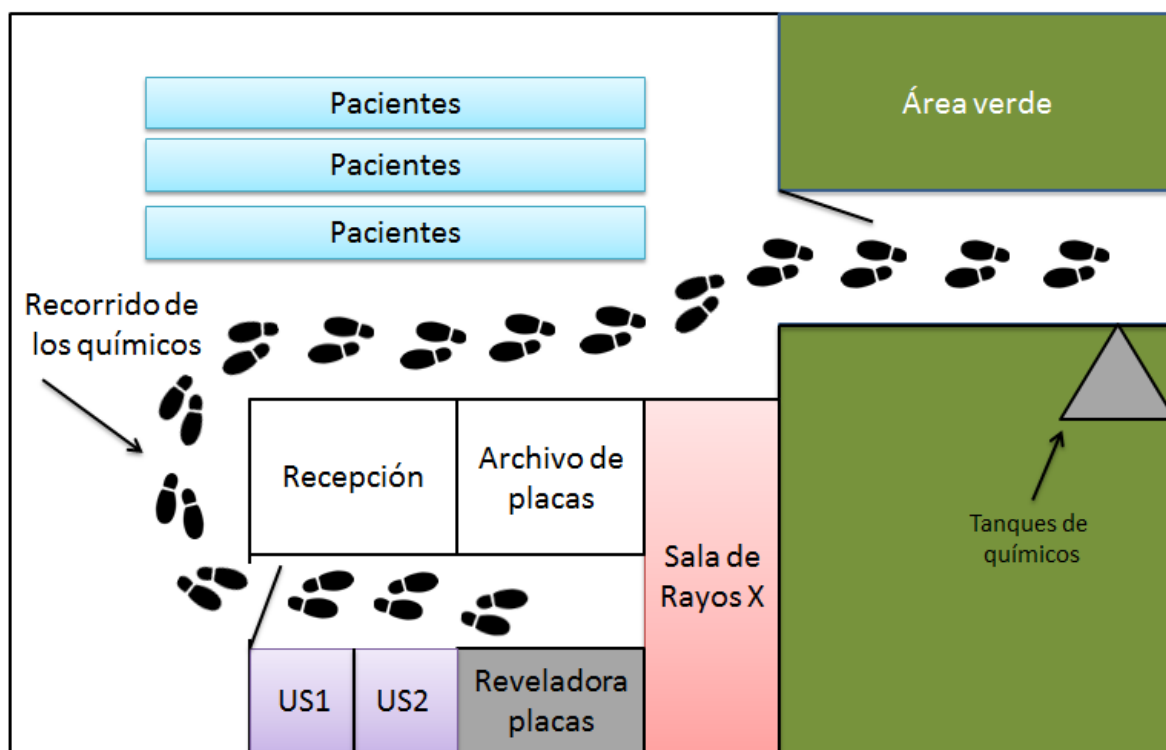


Figura 20
Espacio físico de transporte de químicos en la Clínica de Coronado
Fuente: Elaboración propia

En la figura 20 se logra observar un diagrama de la infraestructura del servicio de radiología de la Clínica de Coronado, se aprecia que el transporte de químicos comprende una distancia cercana a los 14 metros y se realiza a través de pasillos y

salas de espera con pacientes además de recepción, archivo de placas y ultrasonidos, generando riesgos a las personas presentes.

Luego del abastecimiento manual de químicos y los riesgos que representa, el equipo inicia un proceso de calentamiento del revelador y fijador, hasta llegar a una temperatura de 34 grados centígrados, es en este instante cuando la procesadora de placas se encuentra lista para realizar su función diaria de revelado.



Figura 21
Proceso de limpieza de reveladora de placas
Fuente: Elaboración propia

Con el diagrama anterior se logra visualizar mejor el proceso de limpieza de la reveladora de placas, con lo cual se pretende eliminar dos pasos mediante la automatización del proceso de abastecimiento de químicos.

4.4 FALLAS EN LOS EQUIPOS

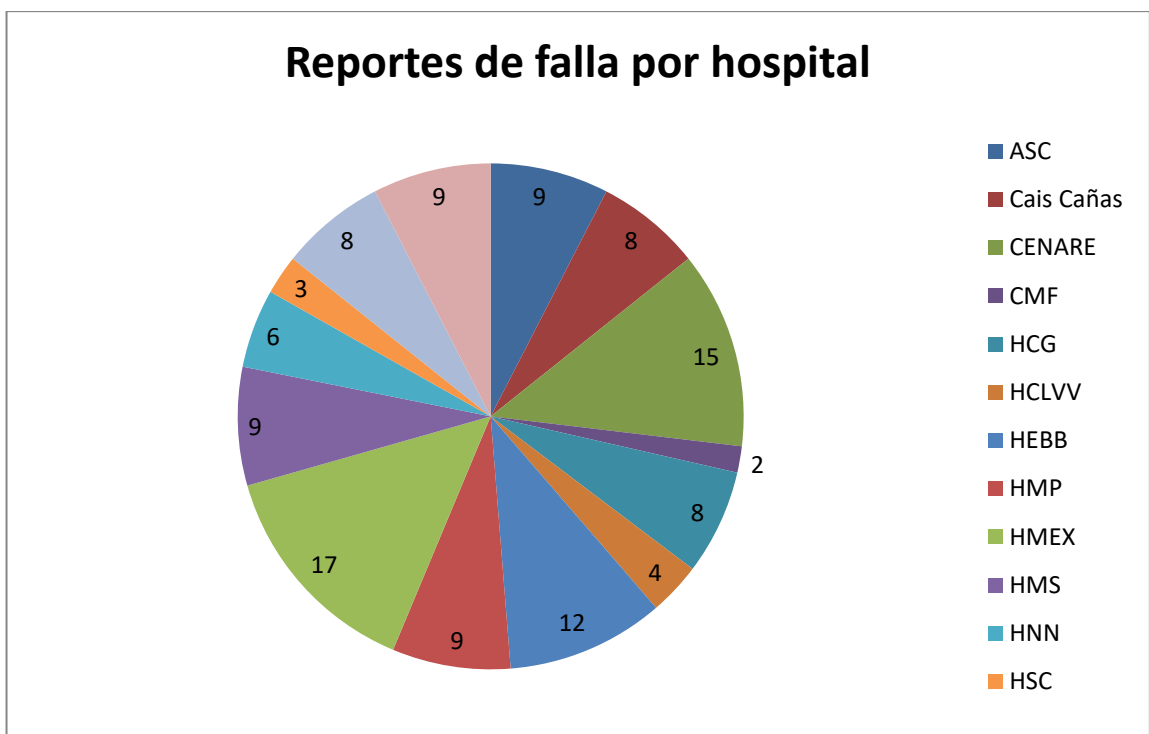
El distribuidor exclusivo de la marca AGFA en Costa Rica es la empresa Multiservicios Electromédicos S.A., por tanto cada venta de este equipo lo realiza dicha compañía, luego del tiempo de garantía que usualmente es de dos años, los centros médicos inician un contrato de mantenimiento preventivo con la empresa, la cual cuenta con ingenieros capacitados por fábrica para resolver dudas, consultas, modificaciones y fallas que el equipo presente.

Para completar la información se solicitó a Multiservicios Electromédicos la cantidad de reportes de falla de los equipos modelo Classic EOS, en los últimos tres años, cabe resaltar que solamente se brinda la información de equipos en contrato de mantenimiento con la empresa, no así la cantidad total de equipos instalados en el país.



Gráfica 1
Reportes de falla de la reveladora de placas por año
Fuente: Multiservicios Electromédicos S.A.

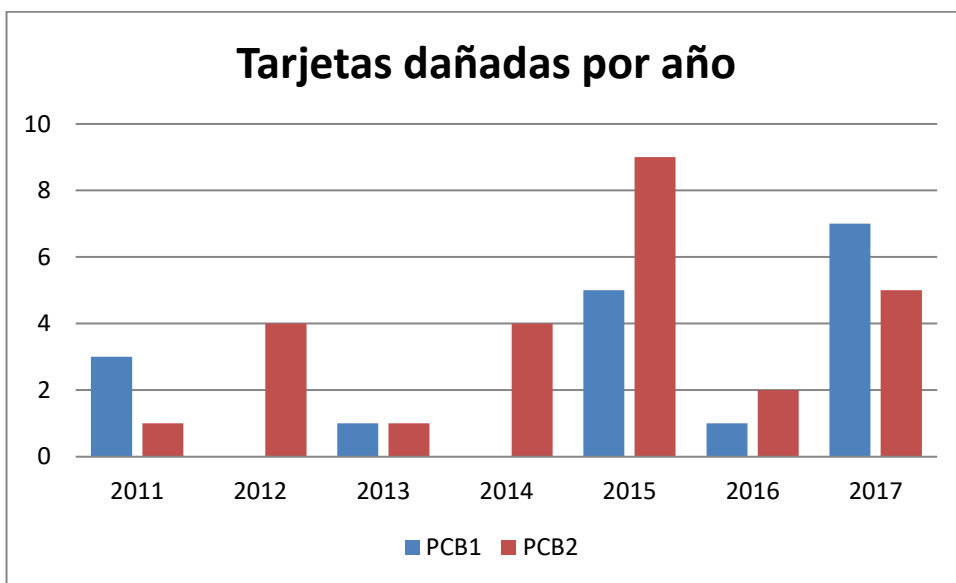
En la gráfica No 1 se puede visualizar la cantidad de reportes de falla en los años 2015, 2016 y 2017, los datos suministrados por la empresa dueña de la exclusividad de la marca, cabe mencionar que no todos los reportes de falla son producidos por humedad en el equipo, pero tanto la tarjeta principal como la tarjeta de bajo consumo son los repuestos más costosos de este equipo, por lo cual el objetivo del proyecto va en disminuir reportes de falla y gastos excesivos en dichas tarjetas.



Gráfica 2
Reportes de falla de la reveladora de placas por centro médico
Fuente: Multiservicios Electromédicos S.A.

En el gráfico número 2 se logra percibir la cantidad de reportes de falla por centro médico, por ejemplo, el hospital con mayor cantidad de reportes de falla es el Cenare el cual cuenta con un total de 17 reportes de falla en los últimos 36 meses y el hospital con menor número de reportes es la Clínica Marcial Fallas con un total de 2

reportes. Es importante saber que no se toman en cuenta periodos en los cuales el centro médico desistió del contrato o si por alguna razón el servicio de rayos X estuvo inactivo en un lapso de tiempo determinado ya sea por reparaciones o temas de protección radiológica. Además, se debe tomar en cuenta que algunos hospitales tienen más flujo de pacientes que otros, es decir, el equipo de revelado trabaja más tiempo cuando es mayor la consulta de pacientes.



Gráfica 3
Tarjetas PCB1 y PCB2 dañadas por año
Fuente: Multiservicios Electromédicos S.A.

Al ser la humedad la mayor causa del reemplazo de tarjetas en la reveladora de placas, se puede apreciar en el gráfico anterior la cantidad de tarjetas dañadas por año. Asimismo, la reveladora de placas utiliza una tarjeta principal PCB1 que realiza el

control total del equipo, motores, sensores, válvulas, lámparas, abanicos, entre otros, y una tarjeta de bajo consumo PCB2 que realiza el control de las corrientes. De tal forma se observa que en el último año se han dañado la mayor cantidad de tarjetas principales lo cual significa que el equipo queda fuera de servicio hasta el trámite de la compra de la tarjeta; además, muchos de los repuestos de reveladora no se encuentran en el país por ello se importan desde la fábrica de AGFA en Colombia.

En seguida, se detallan imágenes de daños en tarjetas y componentes electrónicos internos de la reveladora de placas, los cuales provocan fallas constantes o en tal caso, la posibilidad de dejar el equipo fuera de operación por fallos permanentes hasta reemplazar el repuesto.

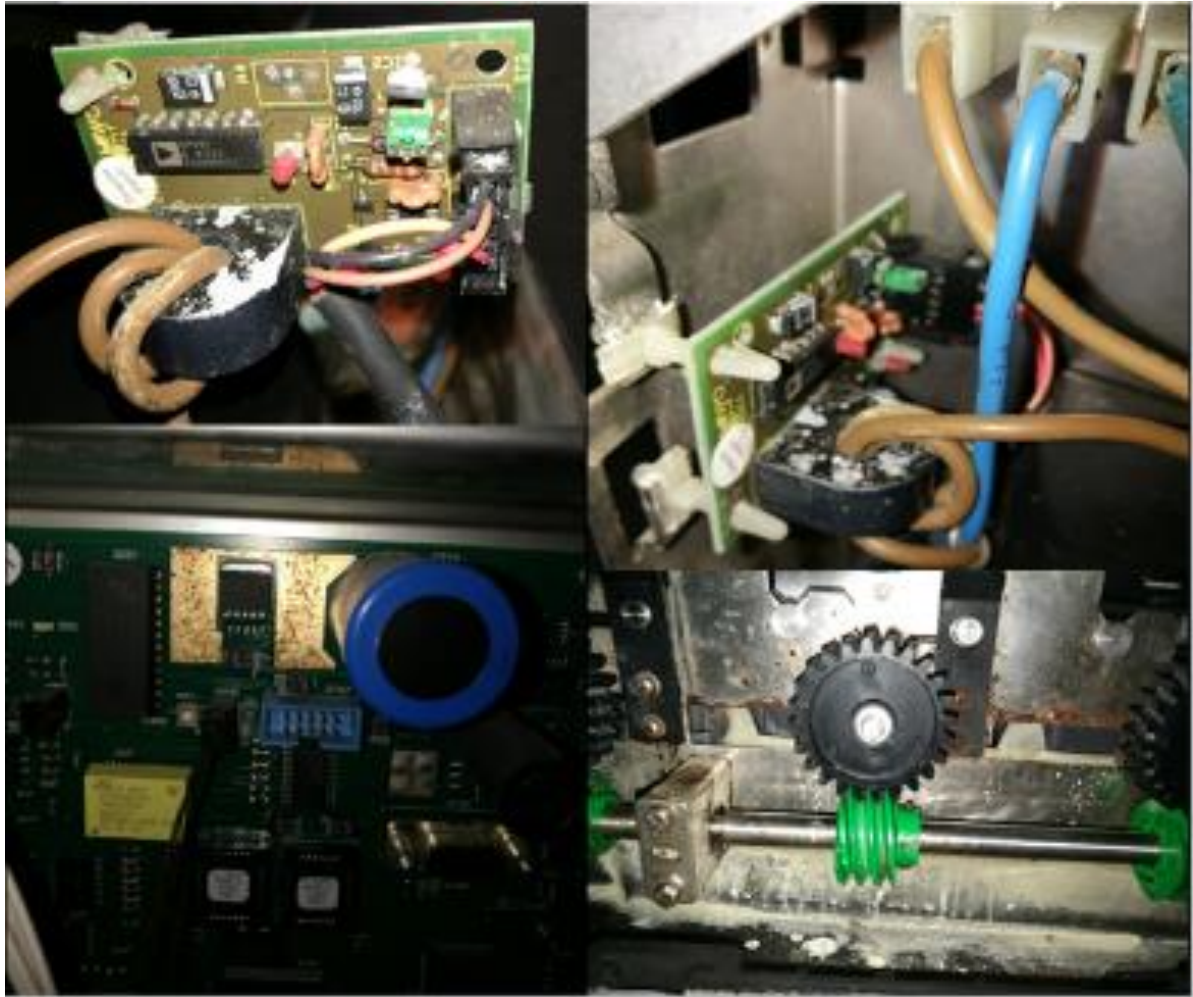


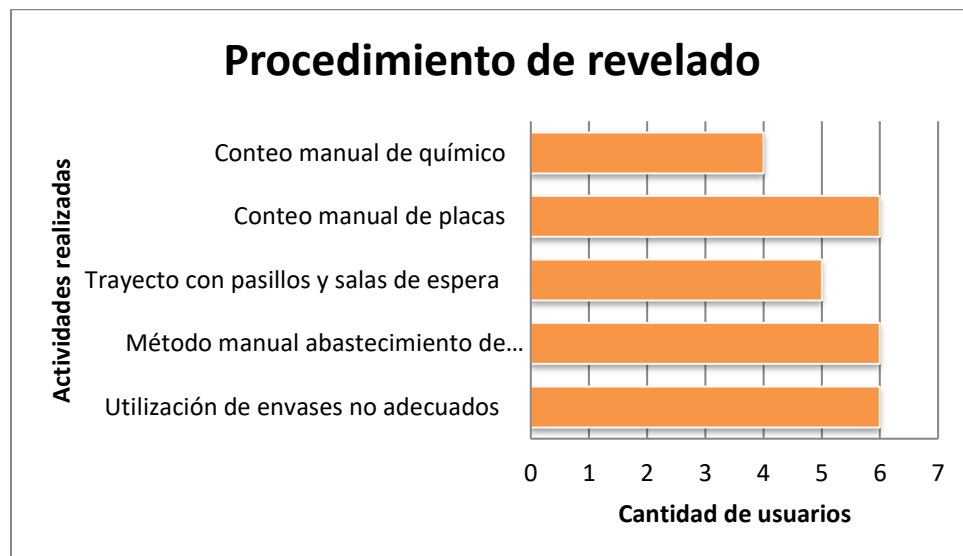
Figura 22
Componentes dañados por derrames de químicos
Fuente: Elaboración propia

Dichas imágenes muestran derrames de químicos en tarjetas PCB1 y PCB2 además de engranes del motor principal, en tales casos el equipo queda fuera de operación por daño en los repuestos mencionados.

4.5 VALORACIONES DEL PERSONAL

Para un mejor entendimiento del problema planteado se realizaron entrevistas y encuestas del personal del centro médico, cuyas preguntas varían según su puesto de trabajo, se denota el interés de los usuarios de un sistema automático de abastecimiento de químicos y funciones adicionales que se plantearon en la entrevista.

Además de las opiniones del personal del centro médico de Coronado, donde se realizará el ensamblaje del prototipo, se recolecta información de otros centros médicos importantes en la GAM (Gran Área Metropolitana), como lo son el Hospital Calderón Guardia, Hospital México, CAIS Desamparados, Hospital San Rafael Alajuela y CENARE. Se toma en cuenta los criterios del personal de radiología y el departamento de ingeniería en equipo médico, los cuales directamente relacionados con el equipo. A continuación se muestra la información recolectada en los servicios de radiología.

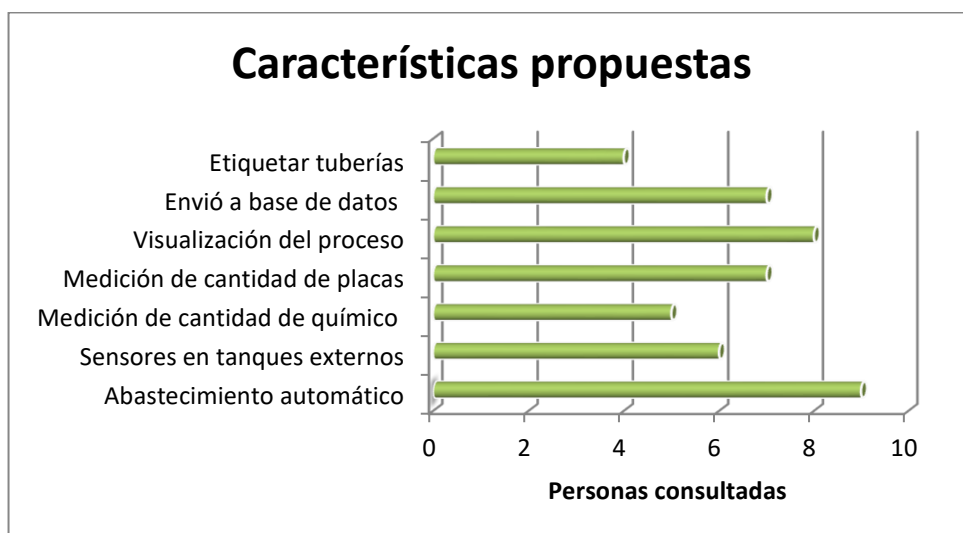


Gráfica 4
Valoraciones de personal de los servicios de radiología
Fuente: Encuestas y entrevistas realizadas

En el gráfico anterior se muestra información de datos recolectados en diferentes servicios de radiología, en total se consultaron seis centros médicos de los cuales se denota que realizan los procedimientos similares con algunas diferencias entre ellos.

Por ejemplo, todos los hospitales consultados realizan el conteo manual de placas, utilizan un método manual de abastecimiento de químicos a la reveladora de placas y manipulan envases no adecuados para el abastecimiento manual de químicos, como lo son picheles plásticos, tarros viejos, galones de químicos cortados y acondicionados para tal función. Se observa también que cuatro de los seis servicios realizan conteo manual de químicos y solamente un centro médico no tiene pasillos o salas de espera en el transporte de los químicos hacia la reveladora de placas.

Con referencia a las características propuestas del proceso de abastecimiento, se muestra la siguiente información.



Gráfica 5
Características propuestas por los usuarios de la reveladora de placas
 Fuente: Entrevistas y encuestas realizadas

Para la información anterior se tomaron opiniones de 6 usuarios del servicio de radiología de diferentes hospitales y tres encargados del departamento de ingeniería y mantenimiento, por medio de encuestas y entrevistas correspondientemente.

Según los datos graficados, solamente 4 personas solicitaron etiquetar tuberías, sin embargo, es una propuesta o requisito indispensable para el proyecto por lo cual se debe tomar en cuenta. La medición de químico utilizado es un dato que no todos los centros médicos toman en cuenta en su labor diaria, no obstante, el prototipo está propenso a mejoras y debe adecuarse a las solicitudes de cada centro médico. La visualización del proceso es una propuesta que varía según el criterio de cada persona, pues algunos prefieren que se muestre el proceso en un *display* y otros prefieren visualizarlo más fácilmente con luces de colores que indiquen el proceso en ejecución.

Por lo anterior y conforme a las encuestas, se logra concluir que no hay un proceso definido y seguro para realizar el proceso de abastecimiento de químicos; queda al descubierto que cada servicio de radiología debe ingeniarse un proceso propio para realizar esta función, sin tomar en cuenta riesgos o accidentes laborales en el proceso.

4.6 TABLA DE CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

A continuación se detallan las características más importantes propuestas por los usuarios de los centros médicos consultados.

Tabla 3
Tabla de características del proyecto

<u>Característica definida</u>
➤ Utilización de un sistema programable.
➤ Automatización del proceso de abastecimiento de químicos.
➤ Medición del nivel de los tanques externos de químicos.
➤ Medición de cantidad de químico utilizado en intervalo de tiempo.
➤ Medición de cantidad de placas reveladas en intervalo de tiempo.
➤ Visualización del proceso de abastecimiento automático.
➤ Recolección y envío de datos para ser visualizados.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

PROPUESTA DEL PROYECTO

En esta sección se realizará la descripción de los procesos del proyecto, se debe definir cada uno de los componentes utilizados y el criterio que lleva a la elección de cada componente.

Por otra parte, se pretende realizar la construcción total del prototipo para el sistema automatizado que cuenta tanto de aspectos de hardware como programación de software; se encontrarán errores y fallas que no se tomaron en cuenta anteriormente, se deben argumentar y encontrar una solución para cada paso. Además, se realizan pruebas de funcionamiento y mediciones de parámetros para certificar el mejor rendimiento del proyecto y depurar fallas u otros aspectos necesarios para lograr un óptimo estado del sistema automatizado.

5.1 DIAGRAMA DEL PROYECTO

Para tener una mejor visualización del proyecto a desarrollar, se crea un diagrama donde se describe los componentes generales del prototipo.

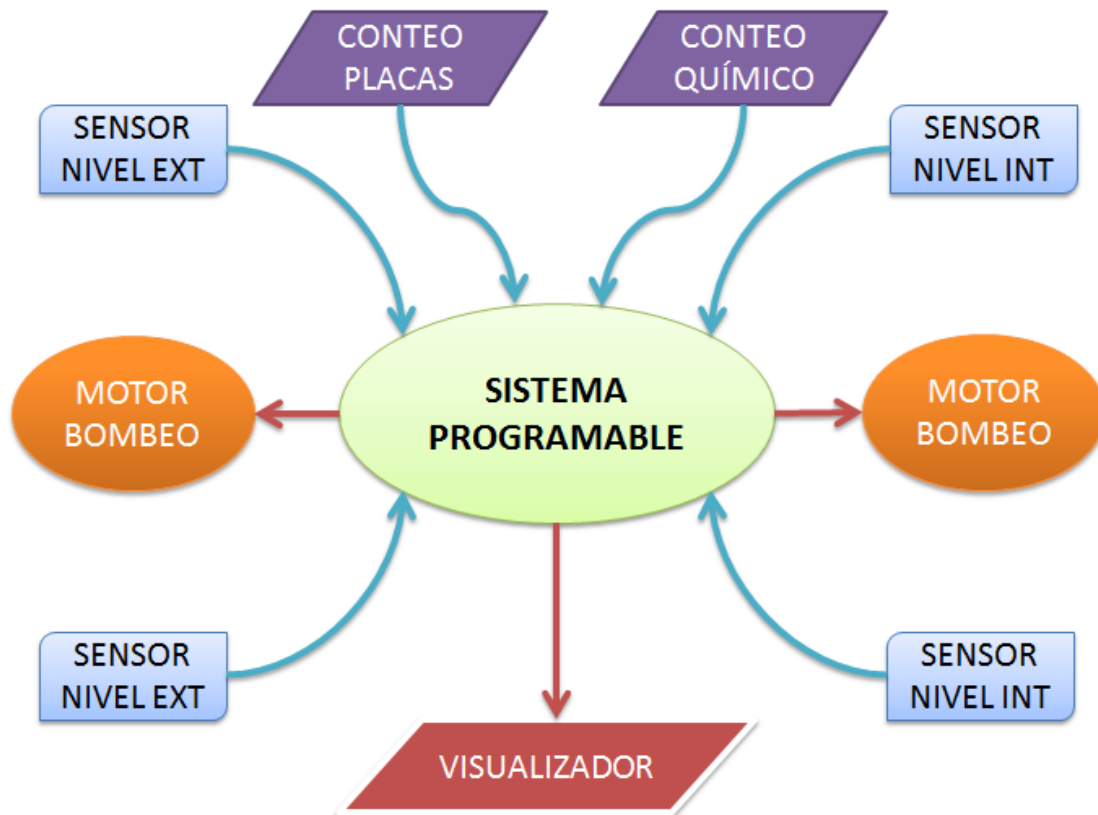


Figura 23
Diagrama del proyecto
 Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el centro del diagrama o su cerebro es el sistema programable el cual se va a definir tomando en cuenta las necesidades básicas del sistema automático, además de costos y funciones adicionales que se puedan aportar. El sistema programable va a dirigir el proceso, recolectando señales de entrada y según

dichas señales se programan órdenes para los periféricos de salida. En el diagrama se muestra con flechas de dirección los componentes que emiten señales al sistema programable y los que reciben señales del mismo.

Por ejemplo, se cuenta con cuatro sensores de nivel los cuales son dos niveles de los tanques internos de la reveladora y dos niveles de los tanques externos de químicos; estos serán medidos constantemente por el sistema programable, además del conteo de placas y el conteo de químicos que serán entradas medibles para el sistema. Los motores de bombeo de químicos, los cuales actúan como salidas, reciben señales del microcontrolador para ser activados cuando el nivel de químicos es bajo en los tanques de la reveladora. Asimismo, también cuenta con un visualizador que indica el proceso en el cual se encuentra el sistema y muestra el nivel de los tanques externos de químicos.

5.2 SISTEMA PROGRAMABLE

Existen varios tipos de sistemas programables en el mercado como por ejemplo Arduino, Raspberry Pi, PLCs, PICS, LOGO, entre otros. Todos los anteriores con diferentes funciones y características diseñados para aplicaciones electrónicas, automatización y proyectos.

5.2.1 Controlador Lógico Programable

Los Controladores Lógicos Programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómeta reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

Por temas de presupuestos y alcances del sistema programable, este tipo no es conveniente utilizarlo en este proyecto ya es más utilizado a nivel industrial en funciones específicas.

5.2.2 Raspberry Pi

El Raspberry Pi es un microprocesador programable el cual utiliza el lenguaje Python para su desarrollo, entre sus grandes ventajas está la visualización en cualquier monitor, pues cuenta con una salida HDMI para su programación, además de puertos

USB a los cuales se pueden conectar teclados y mouse. A continuación algunas características del microprocesador.

- Procesador a 1,2 GHz de 64 bits
- 1GB de Memoria.
- 802.11n Wireless LAN.
- Bluetooth
- 4 puertos USB.
- 40 pines GPIO.
- Puerto Full HDMI.
- Puerto Ethernet.
- Conector combo compuesto de audio y vídeo de 3,5 mm.
- Interfaz de la cámara (CSI).
- Interfaz de pantalla (DSI).
- Ranura para tarjetas microSD
- Núcleo de gráficos VideoCore IV 3D.
- Dimensiones de placa de 8.5 por 5.3 cm.

El Raspberry Pi cuenta con 40 pines GPIO, los cuales tienen diferentes funciones para utilizarlos como entradas y salidas de TX, RX, I2C, GCLK, entre otros. A continuación se muestra la imagen que describe las características de todos los pines para el modelo de Raspberry Pi 3.

Raspberry Pi 3 GPIO Header

Pin#	NAME		NAME	Pin#
01	3.3v DC Power	⬇️	DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I ² C)	⬇️	DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I ² C)	⬇️	Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)	⬇️	(TXD0) GPIO14	08
09	Ground	⬇️	(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)	⬇️	(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)	⬇️	Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)	⬇️	(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power	⬇️	(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)	⬇️	Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)	⬇️	(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)	⬇️	(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground	⬇️	(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_5D (I ² C ID EEPROM)	⬇️	(I ² C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05	⬇️	Ground	30
31	GPIO06	⬇️	GPIO12	32
33	GPIO13	⬇️	Ground	34
35	GPIO19	⬇️	GPIO16	36
37	GPIO26	⬇️	GPIO20	38
39	Ground	⬇️	GPIO21	40

28/02/2018

Figura 24
Distribución de pines Raspberry Pi
 Disponible en: <https://myelectronicslab.com/raspberry-pi-3-gpio-model-b-block-pinout/>

Sin embargo, además de todas las ventajas que ofrece el Raspberry Pi, tiene un defecto y es que no cuenta con entradas analógicas, solamente digitales, por lo cual necesita un convertidor analógico digital para su lectura, esto incrementa el costo y espacio físico en el proyecto.

5.2.3 Arduino MEGA

Arduino es un microcontrolador programable capaz de realizar las funciones especificadas en su código. El Arduino utiliza el software Arduino (IDE) para su programación, es relativamente más simple que el Raspberry Pi en términos de memoria y entradas USB.

Al tomar en cuenta el costo, las entradas análogas para los sensores, envío de datos, la utilización del diseño, el nivel del proyecto, la alimentación y el costo, la mejor opción de sistema programa es el Arduino pues cuenta con todas las características y necesidades básicas para la implementación del proyecto, además de la facilidad para obtenerlo en el mercado y su compacto diseño.

5.2.4 Selección de sistema programable

Al tomar en consideración todos los aspectos necesarios para desarrollar este proyecto, y después de valorar varias opciones de sistemas programables, se llega a la conclusión de que la mejor opción por utilizar es un Arduino modelo MKR1000, por todas sus funciones y características es ideal para realizar la programación de este proyecto.

A continuación se muestra una imagen del Arduino MKR1000:



Figura 26
Arduino MKR1000
Disponible en: <https://www.arduino.cc>

Además de su compacto tamaño, cuenta con una variedad de entradas y salidas óptimas para el desarrollo del proyecto, como por ejemplo, cuenta con entradas analógicas para sensores de nivel, entradas digitales para conteo de placas, entradas PWM para el control de los sensores de ultrasónicos, conector de batería externa como opcional para el proyecto; además, cuenta con WIFI incorporado lo que lo hace la mejor opción en el mercado, pues cumple con los requerimientos valorados en el proyecto.

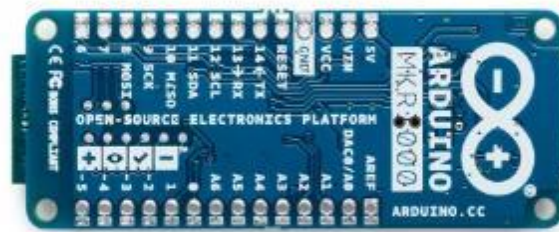


Figura 27
Distribución de pines Arduino MKR1000
Disponible en: <https://arduino.cc>

La distribución de entradas y salidas y aspectos técnicos del dispositivo programable se muestran a continuación.

- Microcontrolador: SAMD21 Cortex-M0+ 32bit low power ARM MCU
- Alimentación: (USB/VIN) 5V
- Batería externa: Li-Po single cell, 3.7V, 700mAh
- Voltaje de operación: 3.3V

- Salidas digitales: I/O 8
- Salidas PWM: 12 (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, A3 - o 18 -, A4 -o 19)
- UART 1
- SPI 1
- I2C 1
- Entradas analógicas: 7 (ADC 8/10/12 bit)
- Salidas analógicas: 1 (DAC 10 bit)
- Salidas de interrupciones: 8 (0, 1, 4, 5, 6, 7, 8, A1 -o 16-, A2 - o 17)
- Corriente por pin I/O: 7 mA
- Flash Memory: 256 KB
- SRAM: 32 KB
- Clock Speed 32.768 kHz (RTC), 48 MHz
- Leds en placa: 6
- Full-Speed USB Device and embedded Host
- Largo: 61.5 mm
- Ancho: 25 mm
- Peso: 32 gramos.

Al observar las especificaciones técnicas de este dispositivo y otros con características similares, se toma la decisión de realizar este proyecto con el Arduino MKR1000, para no realizar compras adicionales de módulos externos para funciones específicas, pues en este dispositivos vienen incorporadas las funciones requeridas.

5.3 SENSORES DE NIVEL

Los sensores de nivel serán utilizados para medir la cantidad de líquido tanto en los tanques internos de la reveladora de placas, como en los tanques externos de abastecimiento. Por tal razón se utilizan dos tipos de sensores.

5.3.1 Nivel en tanques internos

Para medir el nivel de tanques internos de químicos de la reveladora de placas modelo CLASSIC EOS, se utilizan sensores de contacto con señal analógica, los cuales varían su valor de resistencia en sus terminales al tener contacto con el químico.



Figura 28
Sensor analógico
Fuente: Elaboración propia

Se realizaron pruebas de mediciones de resistencia con varios sensores de nivel, lo cual dio resultados convenientes para la utilización de estos sensores.

A continuación se muestra una tabla de con los valores mínimo y máximo obtenidos en todas las mediciones.

Tabla 4
Valores de resistencia del sensor analógico con presencia de químico

Sensores de nivel Análogos-Nivel de químico alto	
Valor Mínimo	Valor Máximo
450K Ω	700K Ω

Elaboración propia

Tabla 5
Valores de resistencia del sensor analógico sin presencia de químico

Sensores de nivel Análogos- Nivel de químico bajo	
Valor Mínimo	Valor Máximo
2.3M Ω	0L M Ω

Elaboración propia

Se realizaron varias mediciones en distintos centros médicos, en diferentes reveladoras y diferente concentración de químicos, por lo cual los valores obtenidos fluctúan en gran medida, todo esto para tener una referencia general y más exacta del funcionamiento del sensor.

De tal forma se puede observar que en el momento en que el químico no está en contacto con el sensor los valores de resistencia tienden a infinito, y cuando el químico hace contacto con los sensores existe un valor de resistencia medible por lo cual se puede tomar un valor de resistencia próximo a los $900\text{K}\Omega$ o $1\text{M}\Omega$ para determinar si hay presencia de químico o no. Esto será programado por medio de valores de voltajes medibles por el sistema programable mediante un divisor de voltaje.

Para la programación de estos sensores análogos se debe tomar en cuenta que el Arduino interpreta niveles de voltaje, por lo cual este sensor debe ser conectado a un divisor de corriente como lo muestra la siguiente figura.

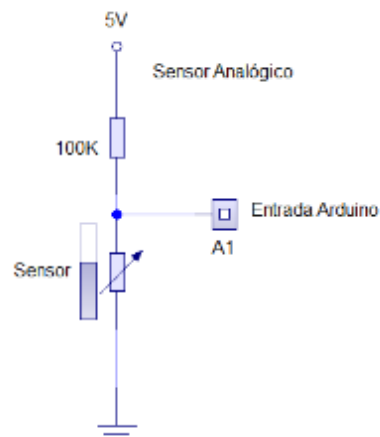


Figura 29
Configuración de entrada sensor analógico
Fuente: Elaboración propia

Se realizaron pruebas de mediciones de voltaje experimentales, tanto en la resistencia como en el sensor analógico y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 6
Medición de voltajes del sensor analógico

SENSOR ANALÓGICO		
VARIABLE	VOLTAJE TANQUE LLENO	VOLTAJE TANQUE VACÍO
RESISTOR 100KΩ	3.22V	1.45V
SENSOR	1.85V	3.8V

Elaboración propia

Al interpretar el resultado de los voltaje, se llega a la conclusión de que cuando el sensor de nivel cierra el circuito, disminuye su resistencia, por lo cual baja el voltaje en sus terminales, caso contrario al no haber presencia de líquido en el tanque el sensor se comporta como un circuito abierto con resistencia casi infinito, consumiendo la mayoría de voltaje en sus terminales.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede al desarrollo del programa, el cual toma las señales del sensor para ejecutar decisiones.

```
// sensores analogos
int sensorAnalog1 = A1;
int sensorAnalog2 = A2;
int sensor_rev = 0; //
int sensor_fix = 0;
int motor_rev = 2;
int motor_fix = 3;
```

Figura 30
Código de programación sensor analógico
Fuente: Elaboración propia

En primera instancia, se declaran las variables “sensorAnalog1” en la entrada analógica 1 “A1” y la variable “sensorAnalog2” en la entrada “A2”, las cuales son las

entradas de los sensores análogos para la lectura de los niveles de químico revelador y fijador respectivamente, se declaran “sensor_rev” y “sensor_fix” como variables para la lectura de los parámetros de los sensores indicados. Además se definen dos salidas digitales “motor_rev” y “motor_fix”, estas activan los relés que controlan las bombas de abastecimiento de químicos.

```
sensor_rev = analogRead(sensorAnalog1);  
sensor_fix = analogRead(sensorAnalog2);
```

Figura 31
Código de programación sensor analógico
Fuente: Elaboración propia

Se declaran estas dos variables para realizar la lectura de los parámetros adquiridos por el sensor.

Al realizar la lectura, el programa realiza una conversión de voltaje del sensor a niveles de 0 a 1023. Al realizar pruebas de presencia de líquido, cuando el tanque está lleno indica cerca de 500 a 700 y cuando el tanque está lleno indica 1023, por lo cual se establece un parámetro de 1000 con una función “if” para su programación.

```

if (sensor_rev>1000) {
digitalWrite(motor_rev, HIGH);
Serial.println("Llenando Revelador");
Serial.println(sensor_rev);
delay(2000);
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("Add Rev");
delay (2000);
} else {
digitalWrite(motor_rev, LOW);
}

if (sensor_fix>1000) {
digitalWrite(motor_fix, HIGH);
Serial.println("Llenando Fijador");
Serial.println(sensor_fix);
delay(2000);
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("Add Fix");
delay (2000);
} else {
digitalWrite(motor_fix, LOW);
}

```

Figura 32
Código de programación sensor analógico
Fuente: Elaboración propia

Cuando la variable “sensor_rev” es mayor a 1000, el tanque del revelador está vacío, inmediatamente el programa escribe un nivel HIGH en la salida del relé para activar la bomba de abastecimiento de químico revelador, además me indica en la pantalla display el proceso que realiza en ese momento. De lo contrario apaga la salida del relé, por lo cual apaga el motor. Con el nivel del tanque del fijador ocurre exactamente el mismo proceso.

5.3.2 Nivel en tanques externos y programación en display

Para realizar la medición del nivel de los tanques externos de químicos de la reveladora de placas modelo CLASSIC EOS, se pretende realizar mediante sensores ultrasónicos.



Figura 33
Sensor Ultrasónico HC-SR04
 Disponible en: microjpm.com

Estos sensores envían una señal de eco y calculan el tiempo de retorno de dicha señal, ese tiempo se transforma en distancia mediante la siguiente fórmula.

$$Distancia = \frac{tiempo * Vsonido}{2}$$

Dónde:

Distancia= distancia entre el sensor y la superficie

Tiempo= tiempo que tarda en retornar la señal de eco

Vsonido= Velocidad del sonido es igual a 340m/s

Mediante escalas de distancia en el área de programación se puede realizar un porcentaje de nivel de químico en el tanque de abastecimiento externo para ser visualizado en el programa.

A continuación se muestran los parámetros eléctricos del sensor ultrasónico

Tabla 7
Datos técnicos sensor ultrasónico

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE HC-SR04	
Voltaje de operación	5V CD
Corriente de operación	15 mA
Frecuencia de operación	40Hz
Rango máximo	4 metros
Rango mínimo	2 cm
Trigger	Disparo de 10 μ s TTL
Echo	Entrada con señal TTL
Dimensiones	45mm*20mm*15mm

Elaboración propia

La altura máxima de los tanques de químicos es alrededor de un metro lo cual está entre los valores medibles por el sensor ultrasónico.

La distancia de los tanques es alrededor de 8 metros, al no ser posible la comunicación inalámbrica de los sensores al Arduino, se utiliza un cable multilínea que lleva la señal de los sensores ultrasónicos a los tanques externos de químicos.



Figura 34
Cable de conexión con sensor ultrasónico
Fuente: Elaboración propia

Para realizar la programación de los sensores ultrasónicos, se utiliza la librería “<HCSR04.h>”, esta librería convierte la lectura de los sensores ultrasónicos a una medición de centímetros.

```
// ultrasónicos
UltraSonicDistanceSensor SensorUS1(7, 8); //pines PWM sensores US
UltraSonicDistanceSensor SensorUS2(9, 10);
```

Figura 35
Código de programación sensor ultrasónico
Fuente: Elaboración propia

Se declaran ambas variables para determinar los pines de entrada de los sensores ultrasónicos, *trigger* y *echo* correspondientemente, cabe resaltar que los pines utilizados por los sensores ultrasónicos deben ser del tipo PWM.

```
int ter = (100-10-SensorUS1.measureDistanceCm()); //Tanque externo revelador
int tef = (100-10-SensorUS2.measureDistanceCm()); //Tanque externo fijador
```

Figura 36
Código de programación sensor ultrasónico
Fuente: Elaboración propia

Se declaran las variables: “ter” (tanque externo del revelador) y “tef” (tanque externo del fijador); estas dos variables obtienen el valor en centímetros del nivel de los tanques externos, los tanques externos tienen una altura de 90 centímetros, por lo cual los sensores se colocan a una altura de 100 centímetros, quedan a 10 centímetros del químico cuando está completamente lleno; es decir, al 100%, de ahí la resta en el programa, cada centímetro corresponde a un 1% de químico consumido.

```
lcd.init();  
lcd.init();  
lcd.backlight();  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print ("TER=");  
delay (2000);  
lcd.setCursor(5,1);  
lcd.print(ter);  
delay (2000);  
lcd.setCursor(8,1);  
lcd.print ("TEF=");  
delay (2000);  
lcd.setCursor(12,1);  
lcd.print(tef);  
delay (2000);
```

Figura 37
Código de programación LCD display
Fuente: Elaboración propia

Se inicia el display LCD y se escribe en este los niveles de los tanques externos en la segunda línea, estos datos quedan permanentes en él, lo único que cambia es la primera línea donde se indica la acción en proceso.

Se utiliza un display I2C para la indicación de procesos en ejecución. Se utiliza la librería "LiquidCrystal I2C" para su programación. Esto por el la cantidad de pines empleados para la visualización del proceso, ya que es necesario solamente 4 líneas para la utilización de dicho display.

**Specification:**

Supply voltage: 5V

Interface: I2C

I2C address: 0x3F

Pin definition: GND, VCC, SDA, SCL

Contrast adjust: potentiometer

White text, blue backlight

It is fantastic for based project

Screen size: 7cm x 2.3cm x .8cm

Mounting board size (including LCD): 8cm x 3.6cm x 2cm

**Figura 38****Especificaciones técnicas del display I2C****Disponibile en: <http://www.crcibernetica.com/16x2-lcd-with-i2c-blue/>**

5.4 SISTEMA DE BOMBEO

El sistema de bombeo consta de dos motores que ayudan a la regeneración del químico dentro del tanque, tanto revelador como fijador. Estos motores deben abastecer los tanques en un tiempo máximo de 5 minutos para que el arranque de la reveladora no sea tan prolongado luego de realizar la limpieza.

Cada tanque de químico debe ser relleno hasta alcanzar la altura del sensor de nivel, dicha cantidad de químico está descrita en el manual de servicio con la siguiente información.

Tank	Developer tank	Fixer tank 1	Fixer tank 2	Water
Quantity	8.8 l (197.59 fl.oz)	10 l (338.18 fl.oz)	5.8 l (196.15 fl. oz)	5.8 l (196.15 fl. oz)

Figura 39
Capacidad de tanques internos reveladora de placas
Fuente: Manual de servicio CLASSIC EOS

Por lo anterior el sistema de bombeo cuenta con un motor para realizar el abastecimiento de 8.8 litros de químico revelador y 15.8 litros de químico fijador en un intervalo de tiempo menor a 5 minutos.

Asimismo, para calcular la fuerza total del sistema de bombeo se deben tomar en cuenta varios datos presentes en el medio, por tal razón se utilizará la siguiente fórmula matemática para calcular la potencia del motor.

$$HP = \frac{Q(lps) * h(m)}{75 * (n/100)}$$

Dónde:

Q= Litros por segundo

h= Altura máxima de bombeo

n=eficiencia del motor, que en efectos de cálculo teórico es 60%

Cabe resaltar que para el cálculo de la fuerza de la bomba, solo se toma en cuenta la altura de los tanques internos de la reveladora, ya que el nivel de los tanques externos de químico está por encima del nivel del suelo, donde se encuentran las bombas, por tal motivo la bomba de regeneración siempre tendrá químico disponible por efecto de la gravedad como lo muestra la siguiente figura.

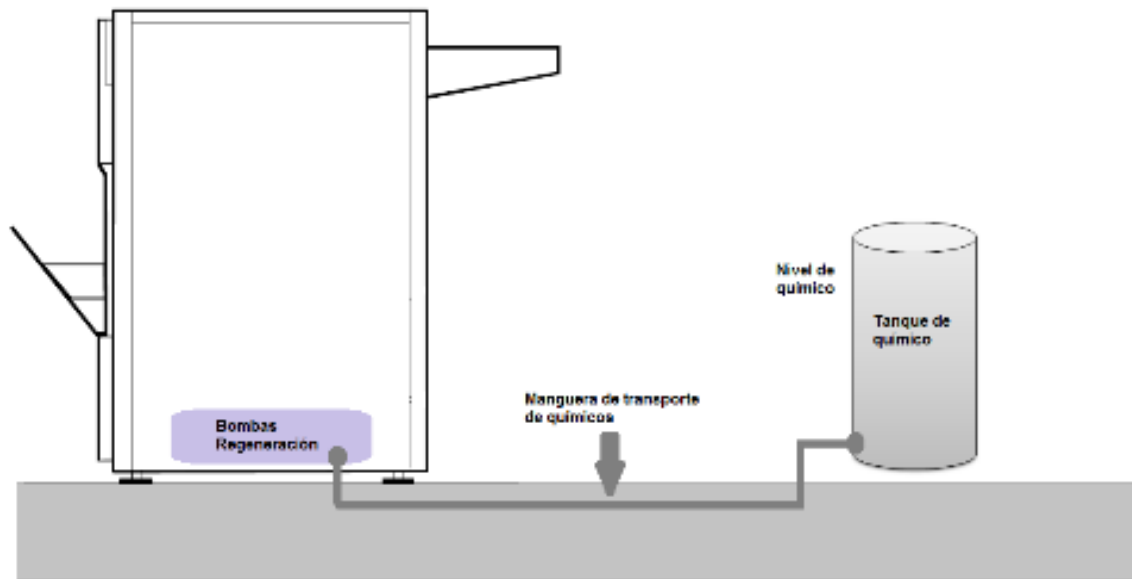


Figura 40
Nivel de abastecimiento automático
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a desarrollar la fórmula para la potencia del motor de abastecimiento.

$$HP = \frac{Q(lps) * h(m)}{75 * (n/100)}$$

Los datos para el análisis son los siguientes.

Q= Litros por segundo, aproximadamente 0.1lps, para abastecer 6 litros por minuto, y llenar los tanques en 3 minutos máximo.

h= Altura máxima de bombeo, se toma en cuenta la altura de la reveladora que es igual a 1 metro.

n=eficiencia del motor, que en efectos de cálculo teórico es 60%.

$$HP = \frac{(0.1\text{ lps}) * (1\text{ m})}{75 * (60/100)}$$

$$HP = 0.00222 \text{ HP}$$

Por lo anterior, se deduce que el motor utilizado para dichas características debe ser mayor o igual a 1/250 HP.

Por lo tanto, para este proyecto de abastecimiento automático de químicos revelador y fijador, se utiliza un motor de 1/10HP modelo 1P579F, marca DAYTON, que cumple con todos los requisitos indispensables para este proyecto como lo son:

- La potencia requerida para el abastecimiento de químicos en un periodo de tiempo no mayor a los cinco minutos.
- Materiales anticorrosivos, lo que impide la oxidación por causa de humedad o agentes químicos.
- Diseño compacto, equivalente a 10,1 centímetros de ancho por 11,4 centímetros de alto, para la colocación debajo de la reveladora de placas CLASSIC EOS.
- Entrada y salida de media pulgada para la conexión de mangueras de fibra reforzada con el transporte de químicos.



Figura 41
Bombas de regeneración marca Dayton
Disponible en: Elaboración propia

El control de dichos motores se lleva a cabo mediante el siguiente sistema de relés controlado por el microcontrolador Arduino.



Figura 42
Módulo de relés para control de bombas
Disponible en: microjpm.com

Estos relés se conectan a las salidas digitales D9 y D10 para ser activas, según la señal del sensor analógico visto en la sección 5.3.1, y controlan las bombas de abastecimiento de químico analizadas en esta sección.

Los relés se enlazan con los motores mediante un conector tipo YJ-131, el cual se encarga de interrumpir o permitir la señal en la unidad de alimentación.



Figura 43
Conexión de relés a bombas de regeneración
Fuente: Elaboración propia

5.5 MEDICIÓN DE CAUDAL

Para realizar la medición del caudal o paso de químicos, se utiliza un medidor de caudal o caudalímetro para el microprocesador Arduino, específicamente el modelo YF-S201.



Figura 44
Medidor de flujo de químico YF-S201
Disponible en: microjpm.com

Este sensor consiste básicamente en un cuerpo de válvula de plástico, un rotor y un sensor de efecto *Hall*. El rotor de molinete gira cuando el químico fluye a través de la válvula y su velocidad será directamente proporcional a la velocidad de flujo. El sensor de efecto *Hall* proporcionará un impulso eléctrico con cada revolución del rotor de aspa.

Algunas características importantes del sensor de flujo YF-S201 son:

- Voltaje de operación: 5V ~ 24V DC

- Voltaje de operación mínimo: 4.5V DC
- Corriente requerida: 15mA a 5V
- Temperatura de operación: -25°C ~ 80°C
- Humedad de operación: 35% ~ 90% RH
- Presión del fluido: $\leq 1.75\text{MPa}$
- Flujo de líquido: 1 – 30 L/min
- Medida de conexión: 1/2"
- Conexiones:
 - Rojo= alimentación 5v
 - Negro= GND
 - Amarillo – PWM Señal

Conociendo el funcionamiento y las características del dispositivo medidor de caudal, se procede a la parte de programación.

```
//caudalímetro
volatile int NumPulsos_rev;
volatile int NumPulsos_fix;
int PinSensor_rev = 4;
int PinSensor_fix = 5;
float factor_conversion=7.11;
float volumen_rev=0;
float volumen_fix=0;
long dt=0;
long t0=0;
```

Figura 45
Código de programación YF-S201
Fuente: Elaboración propia

Además, se definen algunas variables para el cálculo de caudal y volumen que atraviesan el caudalímetro YF-S201, pues este no cuenta con alguna librería para su uso, se debe realizar el cálculo de forma manual.

También se especifican las variables para el número de pulsos tanto para el revelador, como para el fijador, además de los pines de entrada para la señal PWM, los cuales serán los pines PWM4 y PWM5.

El cálculo requiere un factor de conversión establecido con un valor de 7.11 para transformar la frecuencia del número de pulsos a caudal.

```
void ContarPulsos_rev ()
{
  NumPulsos_rev++;
}
```

Figura 46
Código de programación YF-S201
Fuente: Elaboración propia

Se realiza un conteo del número de pulsos obtenidos por el medidor de caudal, en una función llamada “ContarPulsos_rev”, asimismo se utiliza con el fijador.

```
int ObtenerFrecuencia_fix()
{
  int frecuencia_fix;
  NumPulsos_fix = 0;
  interrupts();
  delay(1000);
  noInterrupts();
  frecuencia_fix=NumPulsos_fix;
  return frecuencia_fix;
}
```

Figura 47

Código de programación YF-S201
Fuente: Elaboración propia

Luego, se obtiene el valor de la frecuencia, se coloca en cero la variable “NumPulsos” se activan las interrupciones por un intervalo de un segundo, y se captura la frecuencia en NumPulsos por segundo en la variable frecuencia_fix.

```
float frecuencia_rev=ObtenerFrecuencia_rev();
float caudal_rev=frecuencia_rev/factor_conversion;
dt=millis()-t0;
t0=millis();
volumen_rev=volumen_rev+(caudal_rev/60)*(dt/1000);
```

Figura 48
Código de programación YF-S201
Fuente: Elaboración propia

De esta forma, con la frecuencia obtenida, se llama la función con la variable *float* “frecuencia_rev” y se procede a realizar el cálculo del caudal con la frecuencia dividida entre el factor de conversión (7.11), se utiliza la función “millis” para obtener un intervalo de tiempo “dt” y realizar el cálculo del volumen con la siguiente fórmula.

$$\text{Volumen (L)} = \text{caudal (L/s)} * \text{tiempo(s)}$$

De tal manera, el volumen se suma en cada ciclo del programa para contabilizar el total de químico utilizado al final del día.

5.6 MEDICIÓN DE PLACAS PROCESADAS

Para medir la cantidad de películas procesadas en la reveladora de placas modelo CLASSIC EOS, se utiliza un interruptor de paso de placas en la salida de la unidad del secador de la procesadora de placas.



Figura 49
Interruptor de paso de placas radiográficas
Disponible en: microjpm.com

Este *microswitch* se activa al detectar el paso de la película radiográfica enviando una señal de nivel alto o HIGH a la placa de Arduino mediante el uso de una resistencia de *pullup*.

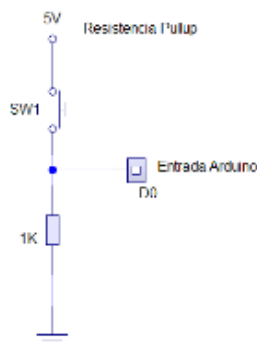


Figura 50
Configuración de resistencia de pullup para conteo de placas
Fuente: Elaboración propia

Al ser activado el interruptor de placas, se envía una señal de alto al pin de entrada del Arduino D0 el cual realiza un conteo de pulsaciones como se explica a continuación.

```
// detector de placas
int lastWriteTime=0;
const int buttonPin = 0;
int buttonPushCounter = 0;
int buttonState = 0;
int lastButtonState = 0;
```

Figura 51
Código de programación conteo de placas
Fuente: Elaboración propia

Se realiza la declaración de variables, donde el “buttonPin” es la entrada digital del *pullup*, además se declara un contador “buttonPushCounter” y estados pasado y actual de la entrada digital.

```

int detector() {
  buttonState = digitalRead(buttonPin);

  if (buttonState != lastButtonState) {
    if (buttonState == HIGH) {
      buttonPushCounter++;
      Serial.println("Película");
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(3,0);
      lcd.print("Película");
      delay (2000);

    } else {
      Serial.println(" ");
    }
    delay(50);
  }
  lastButtonState = buttonState;
  return buttonPushCounter;
}

```

Figura 52
Código de programación conteo de placas
Fuente: Elaboración propia

Se crea una función llamada “detector”, se realiza la lectura del pin de entrada e ingresa a una función “if” donde compara el estado actual y el pasado del pin D0; si la función descubre un cambio de estado, suma una nueva entrada al contador e imprime en el display de visualización una leyenda que indica una nueva película procesada. Al final de la función iguala el estado presente al anterior.

5.7 ENVÍO DE VARIABLES A BASE DE DATOS

En un proyecto de automatización de procesos es importante mantener una visualización constante de datos recolectados, como por ejemplo, en el servicio de radiología de cada hospital, es importante mantener un conteo de consumibles del servicio, claramente, en este caso en concreto se habla de la cantidad de placas utilizadas y cantidad de químico revelador y fijador utilizado por la reveladora de placas modelo CLASSIC EOS, es importante visualizar estos datos constantemente para realizar próximas compras de consumibles y así evitar el riesgo de que se agoten y cancelar consultas a pacientes por falta de recursos.

Para tal labor, se utiliza una plataforma de base de datos como lo es Thingspeak, la cual se encarga de recolectar los datos del Arduino MKR1000 para su visualización mediante un canal en internet, estos canales se pueden realizar de forma pública o privada, sin embargo, por ser datos de un centro médico, se recomienda la opción de canal privado para evitar que se filtre información del servicio, el canal privado cuenta con un número de canal y un llave o APIKEY que regula la visualización de datos a personas ajenas al servicio.

5.7.1 Creación de canal en Thingspeak

Al ingresar a la plataforma de *Thingspeak* se debe crear una cuenta en *MathWorks* totalmente gratuita con el correo y contraseña del usuario.

Create MathWorks Account

Email Address !

Missing required information

i To access your organization's MATHLAB license, use your school or work email.

User ID ?

Password 👁

Costa Rica ▼

First Name

Last Name

By clicking continue, you agree to our [privacy policy](#)

Figura 53
Creación de cuenta en MathWorks
 Disponible en: [Captura Thingspeak.com](https://thingspeak.com)

Luego de la creación del usuario, se debe crear un canal privado para la visualización de datos, se puede activar hasta ocho campos como máximo para ingresar variables.

New Channel

Name

Description

Field 1

Field 2

Field 3

Field 4

Field 5

Field 6

Field 7

Field 8

Figura 54

Creación de nuevo canal en Thingspeak Disponible en: Captura Thingspeak.com

Al crear un nuevo canal, la plataforma asigna un número de canal y un APIKEY (para un canal privado), para lograr visualizar los datos; este número de canal y APIKEY son importantes para la programación en Arduino IDE, pues es la puerta de enlace entre el dispositivo y la plataforma.

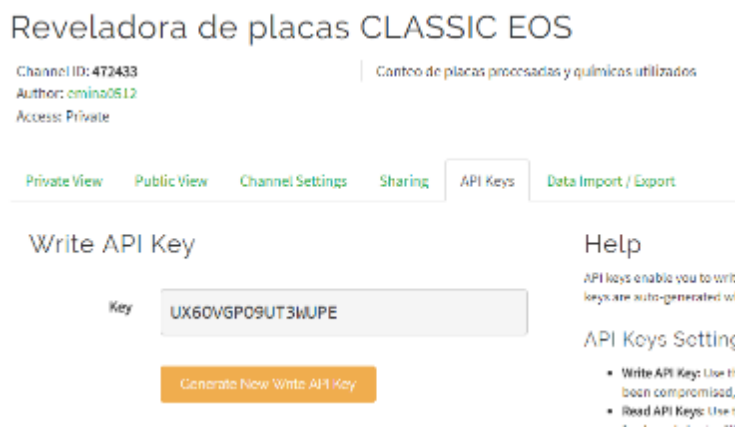


Figura 55
Información del canal
Disponible en: Captura Thingspeak.com

De tal manera, ya creado el canal, se procede a la programación del micro controlador Arduino en la siguiente sección.

5.7.2 Programación de base de datos Thingspeak

Al iniciar el código de programación para el Arduino IDE, se utiliza una librería compatible con la plataforma, llamada "ThingSpeak.h"; esta librería colabora con el envío de datos a Thingspeak para la visualización y el análisis de los mismos.

```
#include "ThingSpeak.h"
```

Figura 56
Código de programación librería Thingspeak
Fuente: Elaboración propia

Se debe instalar dicha librería en el Arduino IDE, para el correcto funcionamiento del código.

```
// WIFI
unsigned long time;
char ssid[] = "RAYOSX_ASC";
char pass[] = "RAD2309ASC";
int keyIndex = 0;
int status = WL_IDLE_STATUS;
```

Figura 57
Código de programación Thingspeak
Fuente: Elaboración propia

Se realiza la declaración de variables, como lo es el nombre y la contraseña de la red WIFI, además del estado de la red, y un tiempo asignado.

```

while (status != WL_CONNECTED) {
  Serial.print("Attempting to connect to SSID: ");
  Serial.println(ssid);
  status = WiFi.begin(ssid, pass);
  delay(1000);
  Serial.println("Connected to wifi");
  printWifiStatus();
  ThingSpeak.begin(client);
}

```

Figura 58
Código de programación Thingspeak
Disponible en: Elaboración propia

Asimismo, se inicia con la conexión a la red WIFI, enseguida muestra en el monitor serial el estado y proceso de la conexión, además inicializa la aplicación de ThingSpeak.

```

void printWifiStatus() {
  Serial.print("SSID: ");
  Serial.println(WiFi.SSID());
  IPAddress ip = WiFi.localIP();
  Serial.print("IP Address: ");
  Serial.println(ip);
  long rssi = WiFi.RSSI();
  Serial.print("signal strength (RSSI):");
  Serial.print(rssi);
  Serial.println(" dBm");
}

```

Figura 59
Código de programación Thingspeak
Fuente: Elaboración propia

Se crea una función llamada “printWifiStatus” para obtener la dirección IP de la red WIFI, además del valor de la señal en decibeles, esto para ser mostrado en el monitor serial y visualizar la calidad de la red.

```
if ((millis()-lastWriteTime) > 21600000) {  
  Serial.println("Enviando datos ");  
  ThingSpeak.setField(1, placas);  
  ThingSpeak.setField(2, rev);  
  ThingSpeak.setField(3, fix);  
  ThingSpeak.writeFields(455612, "ROW28J8KTVD6I294");  
  delay(16000);  
  Serial.println("Datos enviados ");  
  lastWriteTime=millis();  
}
```

Figura 60
Código de programación Thingspeak
Fuente: Elaboración propia

Se declara una variable llamada “lastWriteTime” y se utiliza en conjunto con la función “millis”, esto para lograr que cada 21 600 000 milisegundos, es decir cada 6 horas, se envíen datos a la plataforma Thingspeak, se elige esta opción pues es importante para el servicio conocer cuántos recursos se consumen en la mañana y cuantos recursos se consumen en la tarde, esto por el cambio de turno del personal, cabe resaltar que el turno de la tarde indica el total de placas reveladas en el día, por lo cual es la diferencia del total menos el turno de la mañana.

Por lo demás, se utilizan las funciones de la librería para escribir datos en los campos 1, 2 y 3 del canal de Thingspeak, además se indica el número del canal y el APIKEY asignado a este. Se indica en el monitor serial el proceso ejecutado al inicio y al final del procedimiento para estar al tanto de que los datos fueron enviados.

5.8 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Con todos los componentes del proyecto y el código en Arduino IDE listo, se procede a la implementación del proyecto, el cual consta de una unidad de control donde se ubica el Arduino MKR1000, el módulo de relés, la fuente de alimentación y las salidas necesarias para el control del proyecto.

5.8.1 Unidad de control

Para la unidad de control donde se ubica el Arduino MKR1000 con los componentes para la manipulación del proyecto, se requiere un case para protegerlo y distinguirlo del resto del proyecto, para ello se utiliza este ejemplar.



Figura 61
Chasis de sistema de control
Fuente: Elaboración propia.

Es un chasis de un material de acrílico desmontable para la facilidad del ensamblaje, cuenta con los orificios creados a la medida para las conexiones externas de la unidad de control.

Se colocan tres puertos para señales tanto de entrada como de salida, dos conexiones DB9 y un conector tipo YJ-131, a continuación se analiza las conexiones de los puertos.

Para la activación de las bombas por parte del módulo de relés se utiliza un conector tipo YJ-131, el cual interrumpe el paso de corriente en la regleta donde se conecta la alimentación 110V de las bombas de regeneración.



Figura 62
Conector de señales de los relés
Fuente: Elaboración propia.

Donde los cables color café y blanco interrumpen la señal de la bomba de regeneración del revelador y los cables rosa y amarillo interrumpen la señal de a bomba de regeneración del fijador.

Para la alimentación del circuito, se utiliza un módulo 545043 que es una fuente de alimentación que proporciona salidas de 5V y 3.3V con una entrada de un adaptador para 110V como lo muestra la siguiente figura.



Figura 63
Fuente de alimentación del sistema de control
Fuente: Elaboración propia.

Esta fuente de alimentación se conecta en la regleta principal que será activada cuando la reveladora de placas modelo CLASSIC EOS se encienda al iniciar la jornada de trabajo por parte del servicio de radiología.

Para las restantes salidas se utilizan dos conectores DB9 que se reparten las funciones según se describe a continuación.

Tabla 8
Conectores DB9

Asignación de señales en conectores DB9	
DB9 - A	DB9 - B
Display LCD	Nivel externo tanque de revelador
Medidor de caudal revelador	Nivel externo tanque de fijador
Medidor de caudal fijador	Nivel interno tanque de revelador
	Nivel interno tanque de fijador
	Conteo de placas

Elaboración propia

Para realizar las anteriores funciones, se emplean conexiones basadas en la distribución interna de la unidad de control. Las conexiones al Arduino MKR1000 se muestran en la siguiente figura.

MKR1000 PINOUT

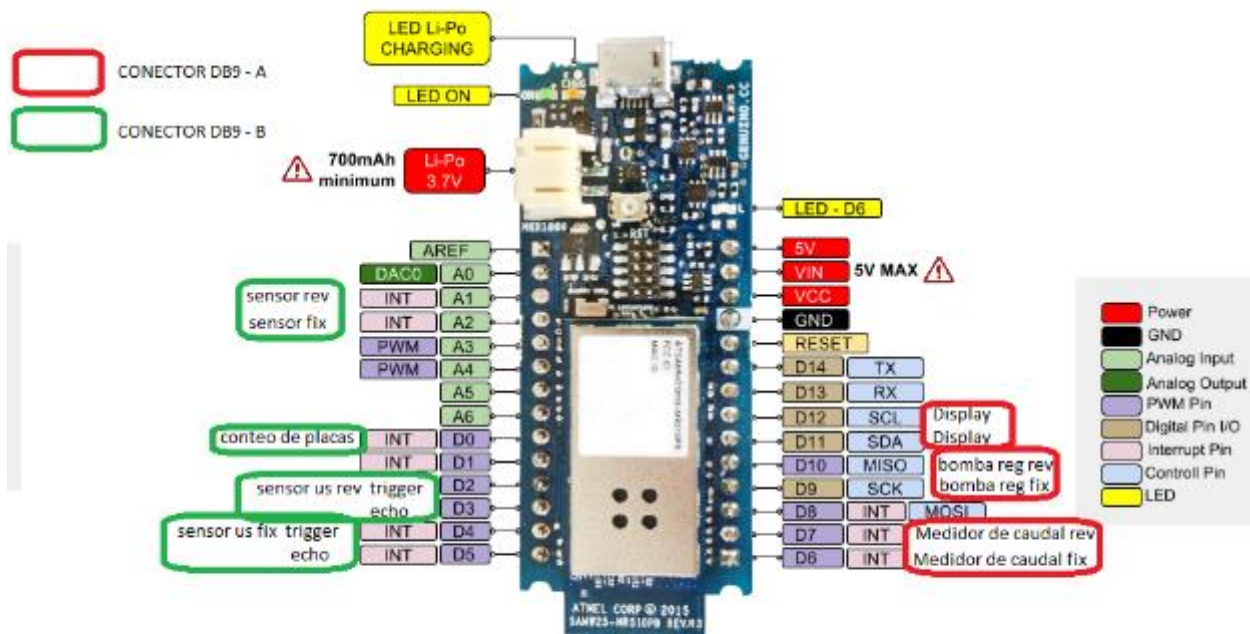


Figura 64
Distribución de entradas y salidas
Disponible en: Elaboración propia

Se logra apreciar que las salidas y entradas marcadas en color rojo pertenecen a la conexión DB9 – A y las salidas y entradas marcadas con color verde se refieren a las conexiones del puerto DB9 – B.

De tal manera el puerto DB9- A se realiza la conexión de cables de la siguiente manera, donde se logra apreciar la conexión tanto en el chasis como en el cable conector.

Tabla 9
Señales DB9 - A

Conector DB9 - A					
Chasis			Cable de conexión		
Pin	Color	Señal	Pin	Color	Señal
1	Café	VCC Display	1	Rojo	VCC Display
2	Blanco	SCL Display	2	Amarillo	SCL Display
3	Morado	Caudal Rev D7	3	Café	Caudal Rev D7
4	Verde	GND Caudal	4		GND Caudal
5	Amarillo	VCC Caudal	5		VCC Caudal
6	NC	NC	6	NC	NC
7	Negro	GND Display	7	Negro	GND Display
8	Gris	SDA Display	8	Verde	SDA
9	Azul	Caudal Fix D6	9	Naranja	Caudal Fix D6

Elaboración propia

Con la configuración anterior se realizan las conexiones necesarias para el conector DB9 – A y se ilustra en la siguiente figura.

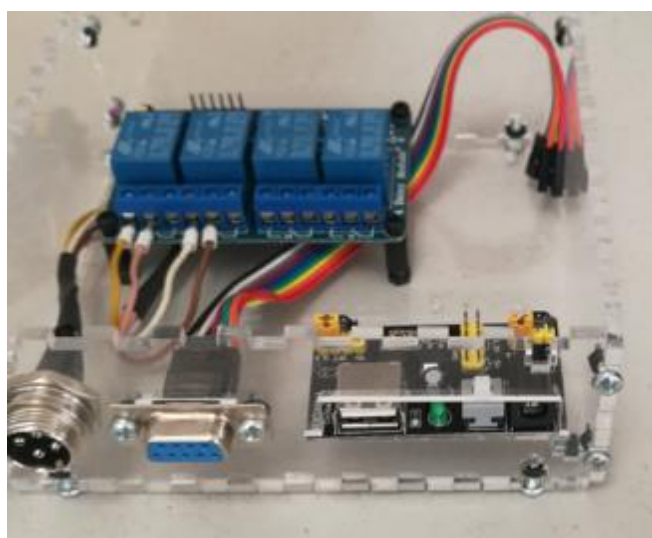


Figura 65
Conexiones del sistema de control
Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se realiza la configuración del conector DB9 – B, el cual contiene las señales de los sensores ultrasónicos, los sensores analógicos y el conteo de placas. A continuación la distribución de conexiones.

Tabla 10
Señales DB9 – B

Conector DB9 - B					
Chasis			Cable de conexión		
Pin	Color	Señal	Pin	Color	Señal
1	Negro	Sensor análogo A1	1	Verde	Sensor análogo A1
2	Gris	Placas D0	2	Negro	Placas D0
3	Azul	Echo D3	3	Verde	Echo D3
4	Amarillo	Echo D5	4	Amarillo	Echo D5
5	Rojo	VCC 5V	5	Gris	VCC 5V
6	Blanco	Sensor análogo A2	6	Dorado	Sensor análogo A2
7	Morado	Trigger D2	7	Azul	Trigger D2
8	Verde	Trigger D4	8	Rojo	Trigger D4
9	Naranja	GND	9	Rosa	GND

Elaboración propia

Luego de realizar las anteriores conexiones, los cables de conexión quedan de la siguiente manera.



Figura 66
Conexiones del sistema de control
Fuente: Elaboración propia.

En la imagen anterior se muestra la unidad de control completamente ensamblada con todas sus salidas para el correcto funcionamiento del sistema, ya colocado el Arduino con el módulo de relés y la unidad de alimentación queda completamente lista la parte de control del proyecto.

5.8.2 Unidad externa de potencia y niveles

Una vez concluida la unidad de control del sistema, se procede al ensamblaje final de las bombas de regeneración de químicos con la regleta de alimentación y chasis final del sistema de control.

A continuación se realiza la modificación a la regleta principal, la cual se conecta a los relés, para interrumpir el paso de corriente a los motores que se conectan en la regleta.



Figura 67
Modificación de regleta
Fuente: Elaboración propia.

Luego se realiza la colocación de sensores ultrasónicos en los tanques externos de revelador y fijador para realizar las mediciones de químico consumido y mostrar los datos en display LCD.

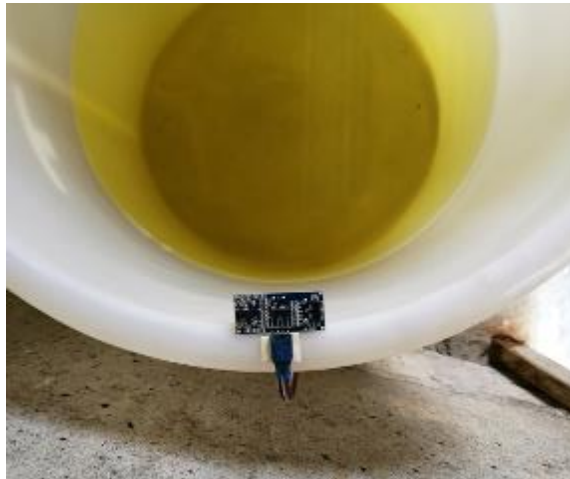


Figura 68
Conexión del sensor ultrasónico en tanque externo
Fuente: Elaboración propia.

Luego se realiza la conexión del sensor de paso de placas reveladas, el cual se coloca a la salida de la bandeja de placas para detallar la cantidad de películas efectivas son reveladas diariamente.



Figura 69
Colocación de interruptor de paso de placas
Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizadas las modificaciones anteriores, se realiza el montaje en una base de material acrílico, como se muestra en la siguiente imagen, donde se ubican todos los componentes del proyecto.



Figura 70
Base de acrílico para proyecto
Fuente: Elaboración propia

De tal forma se colocan los motores con los caudalímetros, la regleta principal y la unidad de control con todas las conexiones pertinentes dentro del equipo reveladora de placas modelo CLASSIC EOS.



Figura 71
Montaje final en procesadora de placas
Fuente: Elaboración propia

Para la representación visual del proceso automatizado de abastecimiento de químicos se colocó un display LCD, controlado por comunicación I2C, externamente sobre el equipo, para realizar la visualización del proceso en ejecución. El código para la programación del display se detalla en la sección 5.3.2.



Figura 72
Montaje del display LCD
Fuente: Elaboración propia

Según lo expuesto en el código el LCD, se mostrará en la primera línea el estado del equipo y en la segunda línea el display indicará el porcentaje del nivel de los tanques externos de químico.

Se coloca en esta posición por la facilidad de visualización para el usuario, además no afecta el paso, ni está en riesgo de golpes por parte de las personas cercanas al equipo.



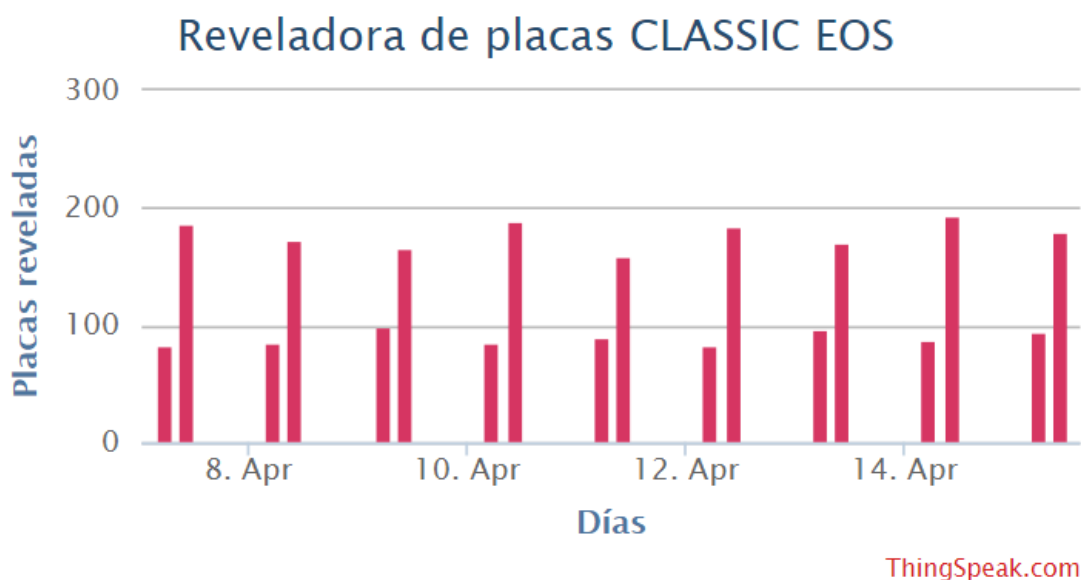
Figura 73
Indicación del proceso en ejecución
Fuente: Elaboración propia

De esta forma queda totalmente ensamblado el prototipo para un sistema de automatización del proceso de abastecimiento de químicos revelador y fijador para reveladora de placas modelo CLASSIC EOS.

5.9 VISUALIZACIÓN EN BASE DE DATOS

Finalmente, y ya con el sistema automatizado de abastecimiento de químicos funcionando correctamente, se procede a la visualización de los resultados enviados a la base de datos *Thingspeak*.

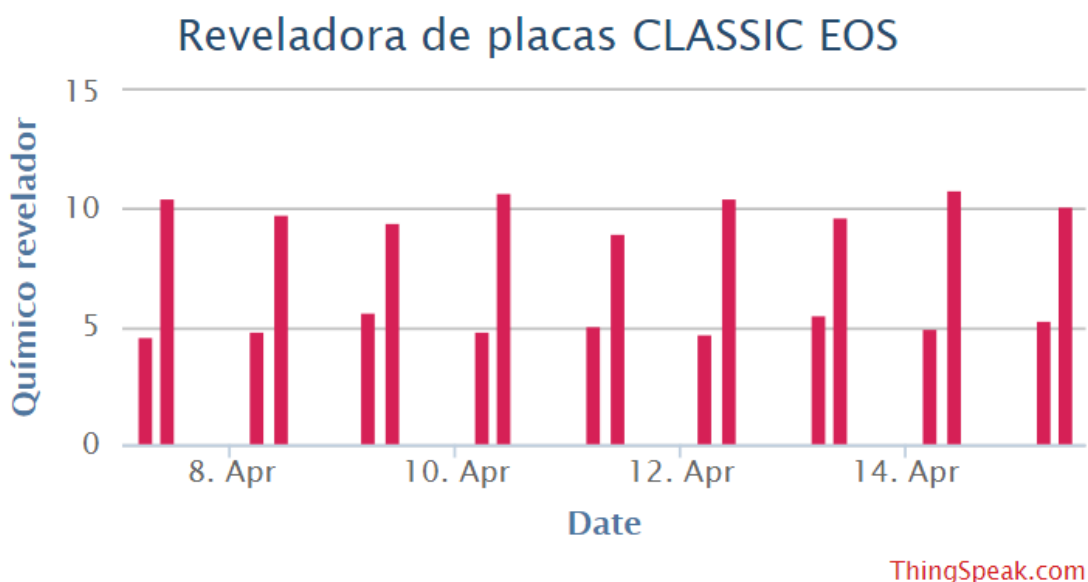
Luego de siete días de pruebas de envío a base de datos de la cantidad de placas reveladas y cantidad de químico revelador y fijador utilizado por la procesadora de placas modelo CLASSIC EOS, se obtienen los siguientes resultados.



Gráfica 6
Placas reveladas
Fuente: Datos enviados a Thingspeak

En la gráfica, se logra visualizar la cantidad de placas reveladas por día, durante un intervalo de tiempo del 7 de abril del 2018 al 15 de abril del 2018, donde se envían

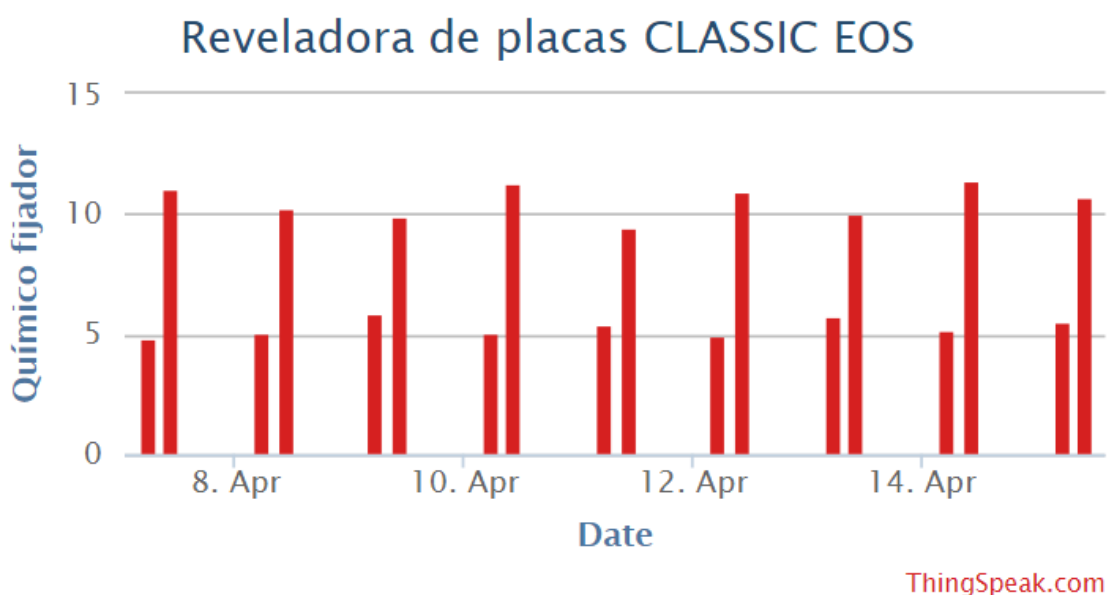
dos datos por día, tanto en la mañana como en la tarde, de tal forma que el usuario puede tener acceso a la información de las placas reveladas en la consulta de la mañana y en la consulta de la tarde, además de la totalidad de placas reveladas al día. Se logra apreciar que en la mañana se realizan un aproximado de 80 a 90 placas y al final del día el dato alcanza aproximadamente las 190 placas reveladas.



Gráfica 7
Químico revelador consumido por la procesadora de placas
Fuente: Datos enviados a Thingspeak

En la gráfica anterior se puede observar la cantidad de químico revelador utilizado por la procesadora de placas en un intervalo de siete días, donde se logra apreciar que se utilizan, aproximadamente, 10 litros de químico revelador por día, con

un total de aproximadamente 70 litros por semana lo que equivale a que se debe realizar químicos en los tanques externos de 80 litros una vez por semana.



Gráfica 8
Químico fijador consumido por la procesadora de placas
Fuente: Datos enviados a Thingspeak

En la gráfica número 8, se puede apreciar la cantidad de químico fijador utilizado; por la reveladora de placas modelo CLASSIC EOS, se observa que es aproximadamente similar al químico revelador utilizado, sin embargo, se utiliza un poco más, pues este es el encargado de impregnar el contraste en la película radiográfica, por tal motivo la película permanece más tiempo en el tanque del fijador para obtener una mejor imagen, razón por la cual el equipo consume más químico fijador que revelador.

Todos los datos anteriores son de suma importancia para el usuario del equipo, pues debe tener un control de recursos utilizados por el servicio de radiología para solicitar nuevos recursos a proveeduría del centro médico y dar cuentas del consumo y pacientes atendidos al personal administrativo del hospital.

Los resultados son satisfactorios para el personal de radiología, pues una labor que anteriormente se realizaba de forma manual y consumía tiempo de los técnicos radiólogos para realizarla, ahora cuenta con un sistema automatizado donde tienen la opción de ingresar a la base de datos y tener la información actualizada al día, además que exonera al error humano de un mal conteo de placas.

Además el usuario tiene la opción de extraer los datos de la página de Thingspeak fácilmente en un archivo de extensión CSV, el cual muestra los detalles de los datos tomados por el sistema, y lo representa los valores separados por coma, esto si el usuario pretende realizar otro tipo de análisis con los resultados obtenidos.

5.10 ANÁLISIS DE COSTOS

A continuación se detalla una tabla de costos empleados en el diseño del prototipo del proyecto.

Tabla 11

Costos del proyecto

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Arduino MKR1000	1	\$ 50,95	\$ 50,95
Módulo de relés	1	\$ 9,25	\$ 9,25
Caudalímetros	2	\$ 10,95	\$ 21,90
Display LCD I2C	1	\$ 5,95	\$ 5,95
Fuente alimentación	1	\$ 5,50	\$ 5,50
Convertidor de niveles lógicos	2	\$ 2,30	\$ 4,60
Chasis de acrílico	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Base acrílica	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Sensor ultrasónico	2	\$ 5,75	\$ 11,50
Sensores Análogos	2	\$ 10,95	\$ 21,90
Interruptor de placas	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Conectores DB9	2	\$ 3,00	\$ 6,00
Conector tipo YJ-131	1	\$ 3,50	\$ 3,50
Cargador 5V	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Bombas de regeneración	2	\$ 70,00	\$ 140,00
Cable 8 líneas	11	\$ 4,00	\$ 44,00
Cable 4 líneas	4	\$ 3,00	\$ 12,00
Mangueras reforzadas 1/2	20	\$ 3,75	\$ 75,00
Uniones bronce 1/2	4	\$ 7,50	\$ 30,00
Gazas sin fin	8	\$ 1,50	\$ 12,00
Regleta 110V	1	\$ 4,00	\$ 4,00
Bases de goma para acrílico	4	\$ 1,00	\$ 4,00
Mano obra			
Diseño de Programa	20	\$ 5,00	\$ 100,00
Montaje del prototipo	16	\$ 5,00	\$ 80,00
Elaboración propia		TOTAL	\$ 709.05

Según la tabla de costos anterior se puede notar que se destina cerca de \$710, en una inversión inicial pues el costo beneficio es bastante alto, pues en promedio el personal de radiología tarda 3 horas al realizar el conteo de placas de forma manual, y 1 hora en promedio al realizar el conteo de químico, además en el intervalo de tiempo que el prototipo estuvo en operación se indicó que el proceso de lavado del equipo disminuyó 45 minutos aproximadamente, además de los derrames de químicos, horas del personal de limpieza y riesgos de daños a pacientes que se evitan con este proyecto de automatización.

Tabla 12

Tiempos empleados en los procesos automatizados

Procedimiento	Horas semanales	Horas anuales	Horas pagadas	Horas extras anuales
Conteo de placas	3	156	\$624	\$936
Conteo de químicos	1	52	\$208	\$312
Lavado del equipo	0.75	39	\$156	\$234
Total			\$988	\$1482

Elaboración propia

Teniendo en cuenta que un técnico diplomado parauniversitario en imágenes médicas tiene un salario mínimo de 473 642 colones, que es aproximadamente \$4 la

hora, según la lista de salarios mínimos publicada por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social para el año 2018, y teniendo en cuenta los tiempos requeridos por el personal de radiología para realizar los trabajos manuales, además de que dichos trabajos normalmente se realizan en horas extraordinarias para evitar que las listas de espera sean más largas al cancelar citas de pacientes para realizar dichas labores; se obtiene, según la tabla número 12, que al cabo de 12 meses se invierten cerca de \$1482 en pagos de tiempos extraordinarios al personal de radiología, es decir, que en menos de 6 meses se recupera la inversión realizada por el prototipo para la automatización del proceso de abastecimiento de químicos, realizando un conteo automático de placas y químico en una base de datos externa. Además, sin tomar en cuenta tiempos del personal de aseo, gastos en repuestos dañados por derrames de químicos dentro del equipo, daños a terceros y químico derramado o contaminado en el proceso de abastecimiento manual.

5.11 CUMPLIMIENTO DE CARACTERÍSTICAS

Tabla 13

Tabla de características cumplidas

<u>Característica definida</u>	<u>Cumplimiento</u>
➤ Utilización de un sistema programable	➤ Sección 5.2
➤ Automatización del proceso de abastecimiento de químicos	➤ Sección 5.4
➤ Medición del nivel de los tanques externos de químicos	➤ Sección 5.3.2
➤ Medición de cantidad de químico utilizado en intervalo de tiempo	➤ Sección 5.5
➤ Medición de cantidad de placas reveladas en intervalo de tiempo	➤ Sección 5.6
➤ Visualización del proceso de abastecimiento automático	➤ Sección 5.3.2
➤ Recolección y envío de datos para ser visualizados	➤ Sección 5.9

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Los alcances tecnológicos contrastan por variados avances en procesos que anteriormente se realizaban de forma manual y ahora son automatizados para obtener un mejor desempeño, calidad y precisión en el procedimiento, poco a poco la automatización de procesos va creciendo, ahorrando tiempo y dinero a las empresas, con lo cual se obtiene mayor eficiencia y se brindan mejores servicios a los clientes.

- Con este proyecto se cumple el mayor objetivo, el cual consistía en la automatización del proceso de abastecimiento de químicos revelador y fijador para la reveladora de placas modelo CLASSIC EOS, empleando dos bombas de regeneración con una potencia mayor a la establecida en el capítulo V, para futuros ejemplares se pueden utilizar bombas similares a estas que cumplan los requerimientos establecido en la sección 5.4.
- Se determinó mediante encuestas y entrevistas a usuarios de la procesadora de placas y encargados de ingeniería y mantenimiento del centro médico, las necesidades básicas y requerimientos para un mejor desarrollo del proceso de abastecimiento de químico revelador y fijador y de esta forma cumplir con los principales objetivos del proyecto y realizar un prototipo más vistoso para la adquisición de los centros médicos y suplir las necesidades establecidas.

- Se opta por utilizar sensores ultrasónicos en los tanques externos, esto porque dan una mejor información del nivel de químico presente en el tanque; se valoraron varias opciones de sensores entre ellos sensores analógicos, pero estos únicamente indican cierto nivel del químico, por ejemplo, muestran cuando el nivel del tanque está al 20 %; por otro lado, los sensores ultrasónicos indican el porcentaje exacto de cada tanque y lo muestran en el display ubicado dentro del cuarto oscuro; sin embargo, los sensores de los tanque internos sí son analógicos pues solamente es necesario indicar si el tanque tiene el nivel correcto o no.
- Se analizó la opción de enviar las señales de los sensores ultrasónicos mediante una red inalámbrica, pero las salas de rayos X cuentan con paredes de plomo lo cual impide la señal inalámbrica, como se logra apreciar en la figura 20 de la sección 4.3 la distribución del espacio físico, de tal forma, se coloca un cable multilínea de 8 hilos para llevar la señal de los sensores ultrasónicos al Arduino ubicado dentro del cuarto oscuro.
- Se logra obtener una visualización vía web de los recursos consumidos para el procedimiento de revelado de placas por parte del servicio y así tener un control de insumos, y realizar los pedidos necesarios tiempo antes de que se termine el material en la bodega del servicio.

- Con la implementación del sistema automatizado se mejora el proceso de lavado y abastecimiento de químicos del equipo revelador de placas, de tal manera, que se evitan daños en repuestos por incorrecta manipulación de químicos y contaminación de químicos revelador con fijador por uso de recipientes inapropiados para el abastecimiento manual de químicos.
- Se estableció un sistema de visualización de proceso por medio de un display LCD, para mantener un control de los niveles de los tanques externos, pues se valoró mostrar los procesos con *leds* indicadores, pero es más factible utilizar un LCD con configuración I2C para mostrar porcentajes y acciones del sistema automatizado.
- Para la conexión de los sensores ultrasónicos se utilizaron 11 metros de cable número 22 de 8 hilos, esto para llevar las señales de ambos sensores ultrasónicos en un solo cable; el requisito fundamental para la utilización del cable es que tuviera una capacidad de transporte de 15mA, esto por la corriente de operación de los sensores.
- Por recomendación del Ingeniero Mario Villalobos del departamento de equipo médico del hospital México, se implementa un sistema automatizado de abastecimiento de químicos que cuente con un indicador de procesos en ejecución, pues el equipo no cumple con su correcto funcionamiento cuando no se encuentra al cien por ciento en cuanto a niveles.

- La comunicación inalámbrica entre Arduino y los sensores externos no fue posible por la condición del material de plomo de las paredes en la sala de rayos X, sin embargo, para el envío de datos y conexión WIFI del microcontrolador, sí es posible por la distribución espacial del servicio de radiología, ya que el cuarto oscuro no está ubicado entre paredes de plomo, razón por la cual existe conexión a internet.

- El transporte de químicos se realiza mediante el uso de mangueras reforzadas de ½ pulgada por recomendaciones del fabricante, motivado además en que el químico suele ser un poco oxidante en metales a mediano plazo (meses), por tal motivo el fabricante recomienda este tipo de transporte. Además, se realizan consultas al departamento de Ingeniería y Mantenimiento del centro médico acerca de normativas para el transporte de este químico en específico, sin embargo, negaron la existencia de dichas normas.

6.2 RECOMENDACIONES

A raíz de los problemas presentados anteriormente con la humedad en las tarjetas PCB1 y PCB2, que provocan fallas de funcionamiento en la reveladora de placas modelo CLASSIC EOS, se recomienda estudiar la posibilidad de incluir en el cuarto de revelado un extractor de humedad que ayude a eliminar la posible presencia de esta en el equipo, esto depende claramente de la zona geográfica donde se instale el proyecto.

Se recomienda realizar una revisión periódica del módulo de abastecimiento automatizado de químicos revelador y fijador, por parte de una persona capacitada, que realice limpieza de proyecto, tanto de polvo como de algún tipo de líquido que pueda afectar el correcto funcionamiento del sistema, además de pruebas de funcionamiento y envío a base de datos.

Entre las posibles mejoras del proyecto, se recomienda valorar la opción de colocar el sistema fuera del alcance de la suciedad y posibles derrames de líquidos, ya sea, agua o productos de limpieza por parte del personal de aseo, o realizar una protección totalmente hermética para proteger el proyecto de agentes externos que incidan en el mal funcionamiento del sistema.

Por comodidad del usuario, si no estuviese presente en el cuarto de revelado, se podría estudiar la posibilidad de configurar el sistema programable para enviar un mensaje de texto en el momento en que el nivel de los tanques de químicos externos

disminuyan a menos del 20%, lo anterior para alertar a la persona encargada y evitar posibles problemas de falta de químicos.

La solicitud de insumos por parte del servicio al personal de proveeduría, en ocasiones se vuelve una tarea tediosa, por la cantidad de papeleo que esto representa; por tal motivo se recomienda informar o enviar los datos de consumo de placas y químicos al personal de proveeduría, para que ellos lleven el control de los recursos consumidos por el servicio y abastezcan a tiempo para evitar atrasos en las labores del área de radiología.

A razón de que las paredes para las salas de rayos X deben ser de plomo con un grosor específico, se recomienda realizar el estudio de los centros médicos donde se pretenda implementar el proyecto para estudiar las posibilidades de conexiones inalámbricas y envío a base de datos; si no existiera esta posibilidad, se recomienda implementar el prototipo con otro tipo de almacenamiento de datos como la es una memoria micro SD.

Antes de implementar el proyecto en un centro hospitalario se recomienda realizar una revisión o visita al sitio para contemplar posibles modificaciones necesarias para el correcto funcionamiento del prototipo, además de realizar mediciones de cableado mangueras, ubicación y tipo de tanques externos, entre otros, pues las condiciones de los centros médicos varían según los recursos y ubicación de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

A. Solano, comunicación personal, 28 de agosto 2017.

Carlyle, S. (2013). *Manual de Radiología para Técnicos*. 10ªed. Barcelona: Ed. Elsevier.

Chen, M.; Thomas, P. y Ott, D.; (2014). *Radiología Básica*. Barcelona: Ed. McGraw Hill.

Drake, R.; Vogl, W. y Mitchell, A.; (2015). *Gray. Anatomía para estudiantes*. 3era ed. Barcelona: Elsevier.

F. Guzmán, comunicación personal, 23 de agosto 2017.

Fernández Cordero, J. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para los pacientes que padecen el virus del SIDA*. (Tesis inédita de bachillerato). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.

Graham, D.; Cloke, P. y Voster, M.; (2012). *Principios y Aplicaciones de Física Radiológica*. Barcelona: Elsevier.

Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Métodos de Investigación*. 5ªed. México DF: Ed. McGraw Hill.

Iglesias, P. y Gutiérrez, E. (2013). *Fundamentos de Radiología Bucal*. Madrid, España: Ed. Editex S.A.

J. Fernández, comunicación personal, 21 de setiembre 2017.

Jiménez Cervantes, F. (2007). *Estudio de la tecnología de los sistemas de manejo de imágenes médicas (PACS RIS) para los centros de salud caja costarricense del seguro social (CCSS)*. (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.

L. Arce, comunicación personal, 05 de octubre 2017.

Pico Melo, E. (2011). *Historia y Procedimientos de la Imagenología Diagnóstica en el campo de la salud*. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina.

Rivas Jerez, N. (2017). *Desarrollo e implementación de prototipo de sillas de ruedas controlada por Arduino*. (Tesis inédita de bachillerato). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.

S. Jiménez, comunicación personal, 13 de setiembre 2017.

ElectrónicaEstudio.com. (s.f.). *¿Qué es un microcontrolador?* Disponible en: <http://www.electronicaestudio.com/microcontrolador.htm> (Tomado el 18 de febrero de 2018).

ANEXOS

ANEXO 1. PROGRAMACIÓN EN ARDUINO IDE

```
//Detector de placas

#include "ThingSpeak.h"

#include <WiFi101.h>

#include <HCSR04.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3f,16,2);

// ultrasónicos

UltrasonicDistanceSensor SensorUS1(7, 8); //pines PWM sensores US

UltrasonicDistanceSensor SensorUS2(9, 10);

// detector de placas

int lastWriteTime=0;

const int buttonPin = 6; // conteo de placas pullup

int buttonPushCounter = 0; //

int buttonState = 0; //

int lastButtonState = 0;

// sensores analogos

int sensorAnalog1 = A1;

int sensorAnalog2 = A2;
```

```
int sensor_rev = 0; //
int sensor_fix = 0;
int motor_rev = 2;
int motor_fix = 3;

//caudalímetro
volatile int NumPulsos_rev;
volatile int NumPulsos_fix;//variable para la cantidad de pulsos recibidos
int PinSensor_rev = 4;
int PinSensor_fix = 5; //Sensor conectado en el pin 2
float factor_conversion=7.11; //para convertir de frecuencia a caudal
float volumen_rev=0;
float volumen_fix=0;
long dt=0; //variación de tiempo por cada bucle
long t0=0; //millis() del bucle anterior

// wifi
unsigned long time;
char ssid[] = "Robin_P9"; // Nombre de red WIFI
char pass[] = "aaaaaaaa"; // Contraseña
int keyIndex = 0; // your network key Index number (needed only for WEP)
int status = WL_IDLE_STATUS;
```

```
WiFiClient client;

unsigned long myChannelNumber = 455612;
const char * myWriteAPIKey = "ROW28J8KTVD6I294";

void setup() {
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  pinMode(motor_rev, OUTPUT);
  pinMode(motor_fix, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);

  if (WiFi.status() == WL_NO_SHIELD) {
    Serial.println("WiFi shield not present");
    while (true);
  }

  while (status != WL_CONNECTED) {
    Serial.print("Attempting to connect to SSID: ");
    Serial.println(ssid);
    status = WiFi.begin(ssid, pass);
    delay(1000);
    Serial.println("Connected to wifi/");
  }
}
```

```
    printWifiStatus();
    ThingSpeak.begin(client);

}

    int ter = (100-10-SensorUS1.measureDistanceCm());           //Tanque
externo revelador

    int tef = (100-10-SensorUS2.measureDistanceCm());         //Tanque
externo fijador

    lcd.init();

    lcd.init();

    lcd.backlight();

    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print ("TER=");

    delay (2000);

    lcd.setCursor(5,1);

    lcd.print(ter);

    delay (2000);

    lcd.setCursor(8,1);

    lcd.print ("TEF=");

    delay (2000);

    lcd.setCursor(12,1);

    lcd.print(tef);

    delay (2000);
```

```

Serial.begin(9600);

pinMode(PinSensor_rev, INPUT);

pinMode(PinSensor_fix, INPUT);

attachInterrupt(0,ContarPulsos_rev,RISING);//

attachInterrupt(0,ContarPulsos_fix,RISING);

t0=millis();
}

void loop() {

    float frecuencia_rev=ObtenerFrecuencia_rev(); //obtenemos la frecuencia de los
pulsos en Hz

    float caudal_rev=frecuencia_rev/factor_conversion; //calculamos el caudal en
L/m

    dt=millis()-t0; //calculamos la variación de tiempo

    t0=millis();

    volumen_rev=volumen_rev+(caudal_rev/60)*(dt/1000); //
volumen(L)=caudal(L/s)*tiempo(s)

    float frecuencia_fix=ObtenerFrecuencia_fix(); //obtenemos la frecuencia de los
pulsos en Hz

    float caudal_fix=frecuencia_fix/factor_conversion; //calculamos el caudal en L/m

    dt=millis()-t0; //calculamos la variación de tiempo

```

```

t0=millis();

volumen_fix=volumen_fix+(caudal_fix/60)*(dt/1000); //
volumen(L)=caudal(L/s)*tiempo(s)

sensor_rev = analogRead(sensorAnalog1);
sensor_fix = analogRead(sensorAnalog2);
if (sensor_rev>1000) {
digitalWrite(motor_rev, HIGH);
Serial.println("Llenando Revelador");
Serial.println(sensor_rev);
delay(2000);
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("Add Rev");
delay (2000);
} else {
digitalWrite(motor_rev, LOW);
}
if (sensor_fix>1000) {
digitalWrite(motor_fix, HIGH);
Serial.println("Llenando Fijador");
Serial.println(sensor_fix);
delay(2000);
lcd.setCursor(3,0);

```

```

lcd.print("Add Fix");
delay (2000);
} else {
digitalWrite(motor_fix, LOW);
}

if (sensor_rev<120 && sensor_fix<120) {
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("Equipo OK");
  delay (2000);
}

if ((millis()-lastWriteTime) < 18000000) {
  int placas = detector();          // placas reveladas
  float rev = volumen_rev;          //revelador caudalimetro
  float fix = volumen_fix;          //fijador caudalimetro
  int ter = SensorUS1.measureDistanceCm();          //Tanque externo
revelador
  int tef = SensorUS2.measureDistanceCm();          //Tanque externo fijador

  Serial.println("  ");
  Serial.print("Placas procesadas: ");
  Serial.println(placas);

```

```
Serial.print("Revelador utilizado: ");
Serial.println(rev);
Serial.print("Fijador utilizado: ");
Serial.println(fix);
Serial.print("Tanque externo Revelador= "); // sensores ultrasonicos
Serial.println(ter);
Serial.print("Tanque externo Fijador= ");
Serial.println(tef);
Serial.print("Time: ");
//time = millis();
Serial.println(millis()-lastWriteTime);
delay(1000);

if ((millis()-lastWriteTime) > 18000000) {
    Serial.println("datos ");
    ThingSpeak.setField(1, placas);
    ThingSpeak.setField(2, rev);
    ThingSpeak.setField(3, fix);
    ThingSpeak.writeFields(455612, "ROW28J8KTVD6I294");
    delay(16000); //2000
    Serial.println("datos ");
    lastWriteTime=millis();
}
```

```
    }  
  
    }  
}  
  
void printWifiStatus() {  
    Serial.print("SSID: ");  
    Serial.println(WiFi.SSID());  
    IPAddress ip = WiFi.localIP();  
    Serial.print("IP Address: ");  
    Serial.println(ip);  
    long rssi = WiFi.RSSI();  
    Serial.print("signal strength (RSSI):");  
    Serial.print(rssi);  
    Serial.println(" dBm");  
}  
  
int detector() {  
    buttonState = digitalRead(buttonPin);  
  
    if (buttonState != lastButtonState) {  
        if (buttonState == HIGH) {  
            buttonPushCounter++;  
        }  
    }  
}
```

```
Serial.println("Película");

lcd.clear();

lcd.setCursor(3,0);

lcd.print("Película");

delay (2000);

} else {

Serial.println(" ");

}

delay(50);

}

lastButtonState = buttonState;

return buttonPushCounter;

}

// caudalimetro

int ObtenerFrecuencia_rev()

{

int frecuencia_rev;

NumPulsos_rev = 0; //Ponemos a 0 el número de pulsos

interrupts(); //Habilitamos las interrupciones

delay(1000); //muestra de 1 segundo
```

```
noInterrupts(); //Deshabilitamos las interrupciones
frecuencia_rev=NumPulsos_rev; //Hz(pulsos por segundo)
return frecuencia_rev;
}
```

```
int ObtenerFrecuencia_fix()
{
    int frecuencia_fix;
    NumPulsos_fix = 0;
    interrupts();
    delay(1000);
    noInterrupts();
    frecuencia_fix=NumPulsos_fix;
    return frecuencia_fix;
}
```

```
void ContarPulsos_rev ()
{
    NumPulsos_rev++;
}
```

```
void ContarPulsos_fix ()
{
    NumPulsos_fix++;
}
```

ANEXO 2. SENSOR ULTRASONICO



Tech Support: services@electfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time × velocity of sound (340M/S) / 2,

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

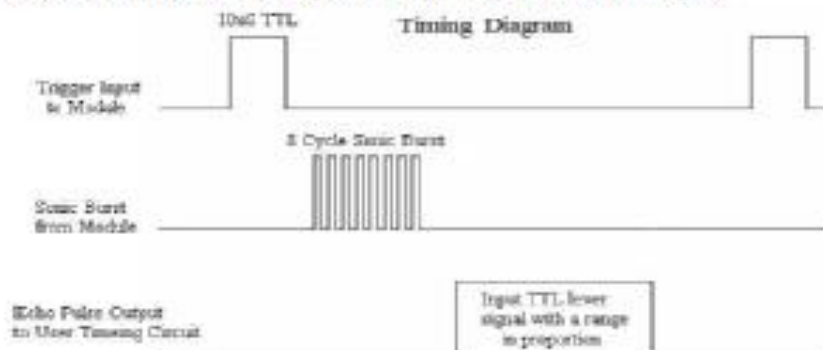
Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10 μ s pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{s} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{s} / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



ANEXO 3. BOMBAS DE REGERACIÓN

Manual de Instrucciones de Operación y Lista de Partes

1P579F

Por favor lea y guarde estas instrucciones. Léelas cuidadosamente antes de tratar de armar, instalar, operar o dar mantenimiento al producto aquí descrito. Protéjase a usted mismo y a los demás observando toda la información de seguridad. ¡El no cumplir las instrucciones puede ocasionar daños, tanto personales como en la propiedad! Guarde estas instrucciones para referencia en el futuro.

Bomba Para Aplicaciones Marítimas Dayton™

Descripción

La bomba para aplicaciones marítimas de Teel ha sido diseñada para uso comercial e industrial en general. La unidad es para agua pero no es sumergible. Use esta bomba para transferir líquidos, vaciar o llenar tanques, fregaderos o tazones. La bomba se puede usar para quitar pantoque agua, pero la bomba no se debe localizar en el área de pantoque. La característica de autocebado funciona con un máxima de 2,1 metros si el impulsor ha sido cebado previamente (mojado). Se incluye la agarradera de transporte.

NOTA: NO SE RECOMIENDA usar la unidad con detergentes jabonosos; gasolina; aceite desechado; petróleo combustible; líquidos inflamables, explosivos o combustibles; ni con otros fluidos que no son compatibles con los materiales de los componentes de la bomba. Esta unidad no se debe usar en áreas encerradas. **Servicio de bombeo Intermitente (15 minutos por hora).**

Desempaque

Al desempacar la unidad, inspeccione cuidadosamente el contenido para asegurarse de que no se ha dañado durante el transporte. Revise si hay partes sueltas, faltantes o dañadas, o daños debidos al transporte. Se incluyen dos impulsores y empaques adicionales.

Especificaciones

Energía eléctrica requerida	115V, 60Hz
Requisitos de fusibles2 amperios
Temperatura máx. del líquido60°C
Temperatura mín. del líquido4°C
Protección térmica	Automática
Amperaje del motor	1,60 amperios
Ciclo de servicio	Intermitente

Dimensiones

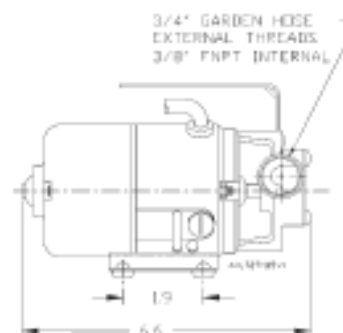
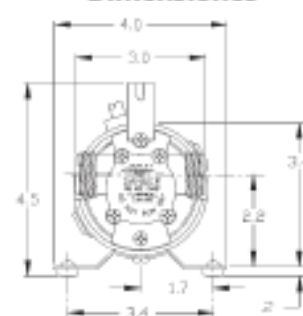


Figura 1 - Dimensiones

Modelo 1P579F

Tabla de Resolución de Problemas

Síntoma	Causa(s) Probable(s)	Acción Correctiva
La bomba no funciona	<ol style="list-style-type: none"> 1. No hay corriente eléctrica 2. Las escobillas están gastadas 3. El impulsor está bloqueado 4. Hay un circuito abierto al nivel del motor 5. El motor sobrecalienta 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asegúrese de que la toma de corriente es para 115VCA 2. Reemplácelas 3. El impulsor está bloqueado 4. Reemplácelo 5. El motor tiene un dispositivo automático de protección térmica. Espere quince minutos para que se enfríe el motor, y después arranque nuevamente. El líquido podría estar demasiado caliente
La bomba gira pero no bombea líquido	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tubería de succión defectuosa 2. Impulsor defectuoso 3. La altura de succión es excesiva 4. La altura de descarga es excesiva 5. El puerto de entrada está atascado 6. Bomba colocada demasiado lejos de la fuente de líquido 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Repárela o reemplácela 2. Reemplácela 3. Baje la bomba 4. Disminuya la altura 5. Límpiela o reemplácelo 6. Ubíquela en una mejor posición
La bomba no ceba o no retiene la ceba después de operar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrada de aire en la línea de succión 2. Leva o impulsor defectuosos 3. Sello gastado 4. Fugas en el empaque 5. La ranura del eje está gastada al nivel el sello 6. La altura de succión es excesiva 7. Manguera retorcida 8. El acople de la manguera no queda sujetado firmemente al cabezal 9. El impulsor no ha sido lubricado correctamente 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Repárela o reemplácela 2. Reemplácela 3. Reemplácela 4. Reemplácela 5. Reemplácelo el motor 6. Baje la bomba 7. Enderece la manguera 8. Apriete la manguera 9. Lubrique a través del orificio de entrada o salida del cabezal de la bomba. Vea la nota en la sección Operación
Baja descarga de líquido	<ol style="list-style-type: none"> 1. La tubería o la manguera está obstruida o estropeada 2. El impulsor está atascado 3. La leva o el impulsor están gastados 4. Voltaje inapropiado 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Límpiela o reemplácela 2. Elimine la obstrucción 3. Reemplácelos 4. La tensión de alimentación debe ser de 115VCA, 60Hz
Escapes en el sello	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sello está gastado 2. El eje está ranurado 3. El cabezal no queda sujetado firmemente al motor 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reemplácelo 2. Reemplácelo el motor 3. Repare
El motor sobrecalienta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Voltaje inapropiado 2. La presión de descarga es excesiva 3. El impulsor está deformado 4. El líquido es demasiado viscoso 5. La línea de descarga está obstruida o retorcida 6. Flujo de aire insuficiente alrededor del motor 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La tensión de alimentación debe ser de 115VCA, 60Hz 2. Disminuya la presión 3. Reemplácelo 4. Reduzca la viscosidad 5. Revísela y repárela 6. Asegúrese de que haya un flujo de aire suficiente alrededor del motor

Bomba Para Aplicaciones Marítimas Dayton™

**Para Obtener Reparación
en México Llame al Teléfono 001-800-527-2331
en EE.UU. Llame al Teléfono 1-800-323-0620**

Por favor proporcione la siguiente información:

- Número del Modelo
- Número de serie (si lo tiene)
- Descripción de la parte y número que le corresponde en la lista de partes

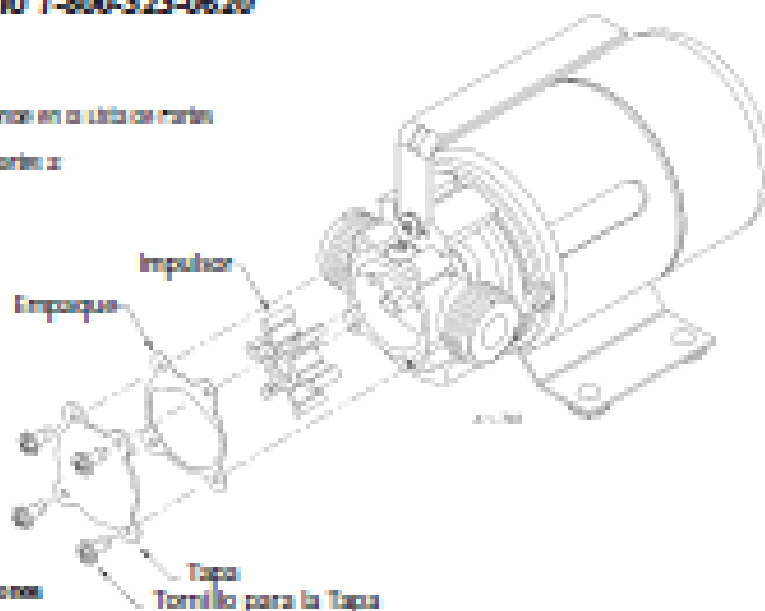
Antes de correspondencia escribámosle con pedidos de partes a:

Dayton Parts
P.O. Box 1000
1601 North Street
Wauhatchie, S. Carolina 29385 U.S.A.

1P579F Kit de Reparaciones Lista de Partes de Reparación

No. de Parte	Descripción	Ctd.
155231	Empaque	2
155210	Impulsor	2

Figura 2 - Ilustración de las partes de reparación



Garantía Limitada

GARANTÍA LIMITADA DE DAYTON PARA EL OREO. Dayton Electric Mfg. Co. (Dayton) le garantiza el servicio original que le muestra este manual en esta bomba para aplicaciones marítimas Dayton sólo libre de defectos en la mano de obra o en el material cuando se la muestra a una normal, por 90 días a partir de la fecha de compra. Cualquier parte que se encuentre defectuosa, tanto en el material como en la mano de obra, y sea devuelta a un lugar de servicio autorizado designado por Dayton, con los costos de envío pagados por adelantado, será reparada o reemplazada a la discreción de Dayton como resultado de fallas. Para obtener la información sobre los procedimientos de reclamos relativos a la garantía limitada, consulte con DAYTON OYSTERON o con cualquier tienda de venta de repuestos de motores de bote que venden de bombas de bote a bombas de bote.

LÍMITES DE RESPONSABILIDAD. Nada de parte que las leyes aplicables le permitan, la responsabilidad de Dayton por los daños consecuenciales e incidentales está expresamente limitada. La responsabilidad de Dayton expresamente está limitada y no puede exceder el precio de compra pagado por el artículo.

EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD DE LA GARANTÍA. Dayton no se responsabiliza por daños consecuenciales o incidentales que se produzcan en esta bomba en forma apropiada, sin embargo, tal información y las instrucciones y precauciones tienen como único propósito la identificación del producto y no representan ni implican garantía de que los productos son seguros o adecuados para un propósito en particular o que no operen inapropiadamente en las circunstancias o circunstancias.

Con excepción de lo que se establece a continuación, Dayton no hace ni autoriza ninguna garantía o afirmación de hecho, expresa o implícita, que no sea aplicable en la GARANTÍA LIMITADA anterior.

ADAPTACIÓN DEL PRODUCTO. Muchas jurisdicciones tienen códigos y reglamentos que rigen las ventas, la instalación, la instalación y el uso del producto para ciertos propósitos que pueden variar con respecto a las aplicaciones o las áreas locales. Si bien Dayton trata de que sus productos cumplan con dichos códigos, que, no puede garantizar su conformidad y no puede hacerse responsable por la forma en que un producto se instala o usa. Antes de comprar y usar el producto, revise sus aplicaciones y todos los códigos y regulaciones nacionales y locales aplicables y asegúrese que el producto, la instalación y el uso los cumplen.

Ciertas acciones de limitación de responsabilidad no se aplican a los productos del consumidor, es decir, si algunas jurisdicciones no permiten la limitación o la limitación de daños incidentales o consecuenciales, de modo que las limitaciones o exclusiones anteriores pueden que no se apliquen en su caso. Tal vez, algunas jurisdicciones no permitan limitar el tiempo que una garantía implícita debe durar, por lo tanto, la limitación anterior puede que no se aplique en su caso, y si por ley durante el período que dura una garantía limitada, la garantía implícita de comercialización de un producto para un propósito en particular aplicable a los productos del consumidor comprado por consumidores no pueden ser anuladas o no pueden ser válidas de la responsabilidad en alguna otra forma.

ATENCIÓN OYSTERON. Dayton hace un esfuerzo de buena fe para corregir inmediatamente, o hacer como que lo hace, con respecto a cualquier producto que resulte defectuoso dentro de los términos de esta garantía limitada. En el caso de que encuentre un producto defectuoso y que está dentro de los límites de esta garantía haga el favor de escribir primero, o luego, al distribuidor de quien compró el producto. El distribuidor le dará las instrucciones adicionales. Si no puede resolver el problema en forma satisfactoria, escriba a Dayton o a Dayton o con cualquier tienda de venta de repuestos de motores de bote, la fecha y el número de la factura del distribuidor y presente la naturaleza del defecto. La propiedad del artículo y el riesgo de pérdida pasan al comprador en el momento de la entrega del artículo a la compañía de transporte. Si el producto no debe ser devuelto a la compañía de transporte, debe presentarse en persona a la compañía de transporte. Fabricado para Dayton Electric Mfg. Co., 1601 N. Street St. Wm., Wauhatchie, S.C. 29385.

Fabricado para Dayton Electric Mfg. Co.

Miles, Illinois 60174 EE.UU.

ANEXO 4. QUÍMICO FIJADOR

SISTEMAS CONVENCIONALES

FIJADOR G334(I)

Fijador universal estándar



- Diseñado para procesadoras automáticas de gama alta.
- Menores emisiones de olores.
- Embalaje ecológico: no existe eliminación por separado de botellas vacías.
- Tapones de rosca con bordes de corte incorporados para una fácil apertura.
- Las botellas se adaptan a los mezcladores automáticos.



G334(I) ES EL FIJADOR UNIVERSAL ESTÁNDAR DE DOS COMPONENTES DE AGFA HEALTHCARE. G334(I) EMITE MENORES NIVELES DE OLORES, A LA VEZ QUE MANTIENE SU GRAN CALIDAD.

El fijador de dos componentes de Agfa HealthCare, G334(I), destaca por su menor emisión de olores. Esto se ha logrado reduciendo tanto la emisión de ácido acético como de dióxido de azufre. No ha disminuido la potencia y precisión del fijador y Ud. no necesitará incrementar, por lo tanto, la tasa de regeneración de la procesadora.

Flexible y universal

G334(I) es adecuado para su utilización en procesadoras automáticas y le permitirá procesar una amplia variedad de películas radiográficas, como las películas CURIX, SCOPIX y MAMORAY. El fijador G334(I) ha sido diseñado para ser utilizado conjuntamente con revelador G138i o G139.

Reducida emisión de sustancias químicas

La mayoría de las sustancias químicas utilizadas en reveladores comunes y fijadores no-endurecedores se disuelven fácilmente en agua y no se evaporan excesivamente en el aire. El fijador G334(I), sin embargo, contiene un regulador de pH con ácido acético y sulfito de sodio para evitar que se descomponga la sal fijadora presente en el fijador. Al utilizar G334(I), se ha reducido en gran medida la emisión tanto de ácido acético como de dióxido de azufre.

Compatible con la tecnología E.O.S.

G334(I) también es adecuado para la recuperación de plata "en línea". En combinación con el Sistema de Optimización Ecológica (E.O.S.) es posible utilizar una tasa de regeneración mínima.

SISTEMAS CONVENCIONALES

Embalaje mejorado desde el punto de vista de la ecología

El fijador G334(i) se suministra en embalajes para transporte fabricados con cartón reciclado en un 50%. Las cajas se ha dotado de dos asas para facilitar su inclinación y transporte. Cada caja contiene dos kits de dos componentes, cada uno de ellos suficiente para preparar 25 litros (G334i) ó 20 litros (G334) de solución lista para usar.

Los componentes A y B están contenidos en botellas de polietileno (PE) reciclado dotadas de precintos ECO de PE. El tapón de rosca y la banda situada en la parte superior de la etiqueta disponen de un código de color para su identificación (azul para el fijador). Sin embargo, se han reducido en la medida de lo posible los componentes en color y las botellas no muestran restos de aluminio tras su uso. Ambas características hacen que las botellas sean de PE fácilmente reciclable.

Fácil manipulación de la botella

Puede Ud. abrir fácilmente las botellas utilizando los bordes de corte incorporados del tapón. Abra simplemente el tapón, colóquelo boca abajo sobre la botella, aplique un poco de presión y gire el tapón en la dirección de las agujas del reloj para romper el sello ECO.

Fácil mezcla automática

Puede Ud. mezclar fácilmente los componentes utilizando los mezcladores automáticos. Extraiga el tapón, invierta la botella con el sello ECO sobre el abridor de precintos y presione. El precinto se rompe automáticamente y los contenidos pueden fluir hacia el depósito del mezclador.

Sea cual sea el procedimiento de mezcla, automático o manual, no se formarán sedimentos.

Especificaciones

TÉCNICAS

Adecuado para

- Todos los tipos de procesadora, con excepción de las de sobremesa.
- No adecuado para el procesado manual.

Ciclos de procesado

- Todos los ciclos de procesado.

Tasa de regeneración

- De 300 a 800 ml/m²

Embalaje:

- Un embalaje para transporte de G334 contiene concentrado para 2 x 20 L. de fijador.

- Un embalaje para transporte de G334i contiene concentrado para 2 x 25 L. de fijador.

Condiciones

- Asegúrese de que la sala de procesado dispone de buena ventilación: una ventilación de aire de 10 veces el volumen de la sala por hora evitará la acumulación de productos químicos en el aire.

Seguridad

- Consulte la Hoja de Datos de Seguridad "Safety Data Sheet" (SDS) para obtener información relativa a aspectos de seguridad, salud y medio ambiente. Le rogamos siga atentamente las instrucciones de seguridad que aparecen en las botellas.

Agfa y el rombo de Agfa son marcas registradas de Agfa-Gevaert N.V., Bélgica o de sus filiales. CURIOX es una marca registrada de Agfa HealthCare NV Bélgica, o de sus filiales. Todas las restantes marcas registradas pertenecen a sus respectivos titulares y se utilizan de manera editorial, sin ninguna intención de infringir los derechos de los titulares. Los datos incluidos en esta publicación se ofrecen sólo a modo de ejemplo y no representan necesariamente estándares o especificaciones que se deben cumplir en Agfa HealthCare. Toda la información incluida se entiende a modo de guía y las características de los productos y servicios descritos en esta publicación pueden cambiar en cualquier momento, sin previo aviso. Es probable que no todos los productos y servicios mencionados estén disponibles en su región. Por favor, diríjase a su representante local de ventas para obtener más información sobre la disponibilidad. Agfa HealthCare se esfuerza con ahínco en promocionar una información lo más precisa posible, pero no se hace responsable de los posibles errores tipográficos.

© Copyright 2009 Agfa HealthCare NV

Todos los derechos reservados

Impreso en Bélgica

Publicado por Agfa HealthCare NV

B-2640 Mortsel-Bélgica

500C3 ES 00200908

ANEXO 5. QUÍMICO REVELADOR

HEALTHCARE

> REVELADOR G138i



G138i es el revelador universal estándar de tres componentes de Agfa con consistencia y estabilidad mejoradas.

> G138i para procesado automático

G138i es un revelador de tres componentes y el revelador universal estándar de Agfa para el procesado automático con sistemas convencionales.

G138i ofrece excelentes propiedades, tanto físicas como sensitométricas. Dependiendo del tipo de película utilizado y de la producción - promedio de metros cuadrados procesados por día - la tasa de regeneración varía de 300 a 600 ml/m².

Para una amplia gama de usos

G138i puede utilizarse en todas las procesadoras automáticas actuales. Sea procesado HT, IP o RP, G138i siempre proporciona un rendimiento excelente. Con el fin de obtener resultados consistentes y fiables, se aconseja utilizar revelador G138i conjuntamente con fijador G334(i).

Starter G138Si para un comienzo perfecto

Se recomienda utilizar el starter G138Si cada vez que se sustituya el revelador. Añadir 25 ml de solución starter G138Si por litro de recarga le permitirá obtener imágenes que presenten características sensitométricas óptimas. Además, de este modo se minimizará la diferencia en la calidad de imagen durante la puesta en marcha.

Embalaje mejorado desde el punto de vista de la ecología

G138i se envía en cajas fabricadas con cartón reciclado en un 60%. Dos asas situadas en ambos laterales de la caja facilitan la manipulación y el transporte.

Los tres componentes están contenidos en botellas de polietileno (PE) reciclado con precintos ECO de PE. Los tapones de rosca y la banda

Diseñado para su utilización en procesado automático de película HT, IP o RP.

Se obtienen resultados óptimos cuando se combina con fijador G334(i).

Embalaje ecológico: no existe eliminación por separado de botellas vacías.

Tapones de rosca con bordes de corte incorporados para una fácil apertura.



Las botellas se adaptan a los mezcladores automáticos.

AGFA 
 | ... More | Do More |

ANEXO 6. COTIZACIÓN DE QUÍMICOS REVELADOR Y FIJADOR



05 de Noviembre del 2017

Lic.
Martín Ulloa L.
Administrador
Clínica UNIBE CR
S.O.

Estimado Lic. Ulloa:

Agradeciéndole de antemano la oportunidad que nos brinda de servirle nos permitimos presentar cotización formal por lo siguiente:

Cantidad	Descripción	Precio Unitario
01 set	Químico Revelador para Procesadora de Películas Radiográficas Código G138 Marca AGFA País: Bélgica	₡ 41.570
1 set	Químico Fijador para ser utilizado en el proceso de revelado de películas radiográficas. Modelo G334 Marca AGFA País: Bélgica	₡ 22.990



CONDICIONES:

Vigencia de la oferta: 30 días a partir de la fecha de la presente, la misma podría promogarse por nota de Multiservicios Electromédicos S.A., si ustedes así lo solicitan.

Forma de pago: La usual de la Clínica.

Tiempo de entrega: inmediata.

Lugar de entrega: En la Proveeduría de la Clínica.

GARANTIAS:

Se garantiza que el producto cotizado es nuevo y se encuentra libre de defectos de manufactura.

La marca del producto ofrecido respalda nuestra oferta, por lo que garantizamos que repondremos la mercadería que se supla defectuosa.

Garantizamos que los precios cotizados son firmes y definitivos, libres de cualquier variación durante vigencia de la oferta.

Esperamos que esta oferta sea de su completa satisfacción. Para Multiservicios Electromédicos, S.A., es un placer poder servirle.

Atentamente

Vannesa Moreno R.
Gerente de Producto **AGFA**
Multiservicios Electromédicos S.A.

Tel: (506) 2527 0775

Cel.: (506) 8343 9562

Correo Electrónico: vmoreno@me.co.cr

ANEXO 7. COTIZACIÓN DE TARJETAS PCB1 (TARJETA DE BAJO CONSUMO) Y PCB2 (CONTROL BOARD)

FACTURA PROFORMA 0000004565



OFERTAS/COTIZACIONES

Página 1 de 3
 Fecha 11/09/2017
 Vence 11/10/2017
 Código C01-0038

HOSPITAL TOMAS CASAS C.C.S.S.

Ingeniería y Mantenimiento

Estimado(s) Señor(es)

De acuerdo a su solicitud de proforma nosotros MULTISERVICIOS ELECTROMÉDICOS S.A., nos permitimos cotizarles lo siguiente:

Código	Cantidad	Descripción	Precio	Total
AGG REP 0382	1.00	TARJETA DE BAJO CONSUMO CM+9949936203	\$ *****1,041.00	\$ *****1,041.00
AGG REP 0006	3.00	RODILLO HULE CM+9522061501	\$ *****140.00	\$ *****420.00
AGG REP 0687	3.00	CODOS DE LAS BOMBAS DE CIRCULACION NP/CM+9527045430	\$ *****289.00	\$ *****867.00
AGG REP 0086	3.00	BOMBA DE REGENERACION AZUL, CM+9521026200	\$ *****690.00	\$ *****2,070.00
AGG REP 0035	2.00	FILTER AT THE REPLENISHER PUMP CM+9890412270	\$ *****28.00	\$ *****56.00
AGG REP 0644	2.00	GUIA PARA EL RACK DE REVELADOR CM+9520051165	\$ *****181.00	\$ *****362.00
AGG REP 0073	1.00	VALVULA SOLENOIDE DEL AGUA, CM+9042421340	\$ *****339.00	\$ *****339.00
AGG REP 0699	10.00	ANILLO DE RETENCION NP/CM+9522056601	\$ *****21.50	\$ *****215.00
AGG REP 0005	7.00	RODILLO DE HULE. NP/ CM+9520051501	\$ *****140.00	\$ *****980.00
AGG REP 0375	1.00	FILTRO DEL AGUA, CM+9034200310	\$ *****495.00	\$ *****495.00
AGG REP 0290	4.00	O-RING CM+9033895240	\$ *****6.80	\$ *****27.20
AGG REP 0333	1.00	Control Board with Eprom CM+9527094505	\$ *****9,850.00	\$ *****9,850.00

FACTURA PROFORMA 0000004565

OFERTAS/COTIZACIONES



Página 2 de 3
 Fecha 11/09/2017
 Vence 11/10/2017
 Código C01-0038

Repuestos para Reveladora de placas, marca AGFA, nmodelo E.O.S, activo 810-519, serie 6307

Sub- Total	\$	*****16,722.20
13 % Impuesto de Ventas	\$	*****0
Total	\$	*****16,722.20

Dieciséis mil setecientos veintidós Dólares Americanos con Veinte Centavos

Exonerado del Impuesto de Ventas, según ley 7293 y resolución No. 002-92 de la Dirección General de Hacienda y de la Dirección General de Tributación Directa por un monto equivalente al 13%

CONDICIONES:

A. La vigencia de nuestra oferta es por 30 días a partir de la fecha de la presente, la misma podría prorrogarse por nota de Multiservicios Electromédicos S.A., si ustedes así lo solicitan.

Código De Proveedor: 1302

CÉDULA JURÍDICA: Multiservicios Electromédicos, SA, posee la cédula jurídica No. 3-101-007879-28, con fecha de emisión 04 de noviembre de 1990.

En caso de consultas adicionales, gustosamente se atenderán por medio de los teléfonos: 2527- 0738 y 2527-0737 o a la Central Telefónica 2527-0700, fax: 2234-0751.

Forma De Pago: La usual de su representada para compras en plaza. Pagadero en colones costarricenses al tipo de cambio de venta del día en que se haga efectiva la liquidación.

Lugar y plazo de entrega:

En el Hospital o donde el cliente lo indique, en 60 días hábiles después de recibida la notificación de retiro de orden de compra en firme y definitiva, caja chica o contrato.

Garantía:

3 meses contra defectos de manufactura

DECLARAMOS BAJO JURAMENTO QUE:

A. No nos alcanzan las prohibiciones e impedimentos para contratar con esa Institución a que se refiere el Artículo 22 de la Ley de Contratación Administrativa de la República (Artículo 53, inciso 2 del Reglamento General de la Contratación Administrativa).

B. Nos encontramos al día en las obligaciones relativas al régimen e impuestos a que se refiere el Artículo 53.1 del Reglamento General de Contratación Administrativa.

C. Que la naturaleza y propiedad de las acciones de nuestra empresa no ha variado y es la misma que consta en la certificación en su poder.

D. Manifestamos estar al día en lo relacionado al pago de las cuotas obrero patronales con la Caja Costarricense de Seguro Social, Artículo 74 de la Ley Constitutiva de la Caja costarricense de Seguro Social y Ley 6914 número patronal 108807.

E. Aceptamos todas las condiciones generales, especificaciones técnicas y documentos de esta licitación, todos los cuales damos por incorporados en esta oferta, así como todas las consecuencias legales de los mismos de conformidad a la legislación vigente. (Ley y Reglamento de Contratación Administrativa).

F. No nos alcanza ninguna de las prohibiciones del artículo 22 bis de la Ley de Contratación Administrativa así reformado mediante capítulo sexto sobre disposiciones finales de la Ley contra la corrupción y el enriquecimiento ilícito.

FACTURA PROFORMA 0000004565



OFERTAS/COTIZACIONES

Página 3 de 3
Fecha 11/09/2017
Vence 11/10/2017
Código C01-0038


G. Nos encontramos al día con el pago de los impuestos nacionales según lo establece el artículo 65 inciso A de R.G.C.A.

H. No nos afecta las prohibiciones del Artículo 65 inciso B de R.G.C.A.

Banco de San José
Dólares: 901272559

Banco de Costa Rica
Dólares: 001-0078148-7

Esperamos que la presente oferta sea de su aceptación, para así poder servirles.



Ing. Natalia Hernández Nieves
Administradora Servicio Técnico

ANEXO 8. ENCUESTAS REALIZADAS

ENCUESTA SOBRE EL PROCESO DE REVELADO DE PLACAS

Nombre: Miriam Ramirez Velarde

Cargo: Revelador. curso osuro.

Centro Médico: H. Caldera Guardia

1. ¿Cuánto tiempo tarda en la limpieza de la reveladora de placas Classic EOS?

La de emergencia una vez a la semana
Aproximadamente 3 horas

2. ¿Con qué frecuencia se realiza el cambio de químicos en el centro médico?

Una vez por semana

3. ¿Qué método utiliza para el abastecimiento manual de químicos?

se llenan con baldes, tanques

4. ¿Al realizar el abastecimiento de químicos el trayecto recorrido comprende salas de espera o pasillos con flujo de pacientes?

No

5. ¿A cuántos pacientes les suspenden la consulta para realizar la limpieza del equipo?

Aproximadamente 30 pacientes a 50 pacientes

6. ¿Cómo realiza el conteo de placas reveladas, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

Cada 15 días Aproximadamente 1:30 (una hora
30 min) de forma manual.

7. ¿Cómo realiza el conteo de químico utilizado, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

Cada cambio turno. (cada 8 horas)

8. ¿Qué mejoras propone para un mejor desempeño de la reveladora de placas?

calcule cantidad química y placas
reveladas.

Revisar el nivel de tanque
cada vez cuando equipo.

ENCUESTA SOBRE EL PROCESO DE REVELADO DE PLACASNombre: Silva Jiménez GóngoraCargo: Dipl. Rayos X.Centro Médico: Área de Salud de Coronado.

1. ¿Cuánto tiempo tarda en la limpieza de la reveladora de placas Classic EOS?

3hrs.

2. ¿Con qué frecuencia se realiza el cambio de químicos en el centro médico?

1 VEZ x Semana

3. ¿Qué método utiliza para el abastecimiento manual de químicos?

Tarro - Pichel.

4. ¿Al realizar el abastecimiento de químicos el trayecto recorrido comprende salas de espera o pasillos con flujo de pacientes?

Si ambas.

5. ¿A cuántos pacientes les suspenden la consulta para realizar la limpieza del equipo?

2-4 pacientes citados + Emergencias (depende)
(de 1-15 aprox.)

6. ¿Cómo realiza el conteo de placas reveladas, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

Se realiza en forma Manual - Diario (incluye Sab. Dom.)
5 minutos x Tec. (Jornada Diurna - Vesp. Noc. 8hrs).^{24hrs}

7. ¿Cómo realiza el conteo de químico utilizado, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

Se realiza x 1/2 de Set. y caja de químicos vienen 2
con la limpieza del equipo.

8. ¿Qué mejoras propone para un mejor desempeño de la reveladora de placas?

→ Sistema de bombeo automático de químicos
 → Indicador de proceso de abastecimiento.
 → " " nivel de los tanques

ENCUESTA SOBRE EL PROCESO DE REVELADO DE PLACAS

Nombre: Nicole Chavez

Cargo: Tecnica en Radiologia

Centro Médico: Hospital México

1. ¿Cuánto tiempo tarda en la limpieza de la reveladora de placas Classic EOS?

Aproximadamente 2,5 Horas

2. ¿Con qué frecuencia se realiza el cambio de químicos en el centro médico?

Dos veces por semana

3. ¿Qué método utiliza para el abastecimiento manual de químicos?

Se utilizan los galones que vienen con el Químico

4. ¿Al realizar el abastecimiento de químicos el trayecto recorrido comprende salas de espera o pasillos con flujo de pacientes?

Pasillos con Flujo de usuarios

5. ¿A cuántos pacientes les suspenden la consulta para realizar la limpieza del equipo?

Aproximadamente 40 pacientes

6. ¿Cómo realiza el conteo de placas reveladas, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

Se realiza manual una vez por semana, se tarda 30 minutos aproximadamente.

7. ¿Cómo realiza el conteo de químico utilizado, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

Se realiza por sets, cada vez que se realizan químicos

8. ¿Qué mejoras propone para un mejor desempeño de la reveladora de placas?

Llenado Automático
Nivel de tanques Internos
Revisión de niveles al iniciar el equipo
Conteo de placas semanalmente
Envío a una base de datos.

ENCUESTA SOBRE EL PROCESO DE REVELADO DE PLACAS

Nombre: Carlos Montero

Cargo: Técnico Imágenes Médicas

Centro Médico: CENARE

1. ¿Cuánto tiempo tarda en la limpieza de la reveladora de placas Classic EOS?

3,5 horas

2. ¿Con qué frecuencia se realiza el cambio de químicos en el centro médico?

Una vez por semana.

3. ¿Qué método utiliza para el abastecimiento manual de químicos?

Manual en vasos plásticos.

4. ¿Al realizar el abastecimiento de químicos el trayecto recorrido comprende salas de espera o pasillos con flujo de pacientes?

Tanto pasillos como sala de espera.

5. ¿A cuántos pacientes les suspenden la consulta para realizar la limpieza del equipo?

20 pacientes

6. ¿Cómo realiza el conteo de placas reveladas, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

Semanalmente 2,5 horas aprox.

7. ¿Cómo realiza el conteo de químico utilizado, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

1,5 horas semanalmente

8. ¿Qué mejoras propone para un mejor desempeño de la reveladora de placas?

Sistema automático abastecimiento

sensores tanques de químicos

Visualización del proceso

Implementación de base de datos

Conteo automático de placas y químicos

ENCUESTA SOBRE EL PROCESO DE REVELADO DE PLACAS

Nombre: Alicia Contreras

Cargo: Diplomada Imágenes Médicas

Centro Médico: CAIS Desamparados

1. ¿Cuánto tiempo tarda en la limpieza de la reveladora de placas Classic EOS?

3,5h.

2. ¿Con qué frecuencia se realiza el cambio de químicos en el centro médico?

Semanalmente

3. ¿Qué método utiliza para el abastecimiento manual de químicos?

Envases y pichetes plásticos

4. ¿Al realizar el abastecimiento de químicos el trayecto recorrido comprende salas de espera o pasillos con flujo de pacientes?

Salas de espera y pasillos

5. ¿A cuántos pacientes les suspenden la consulta para realizar la limpieza del equipo?

20 pacientes

6. ¿Cómo realiza el conteo de placas reveladas, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

Manualmente, semanalmente

1,5 horas entre 2 personas

7. ¿Cómo realiza el conteo de químico utilizado, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

Semanalmente

40 min entre 2 personas

8. ¿Qué mejoras propone para un mejor desempeño de la reveladora de placas?

Envío base de datos

Indicador de proceso

Medición placas y químico

Nivel tanques externos

ENCUESTA SOBRE EL PROCESO DE REVELADO DE PLACAS

Nombre: Rafael Cordero Cordas.

Cargo: Diplomado Imágenes Médicas.

Centro Médico: Hosp San Rafael Mayuela.

1. ¿Cuánto tiempo tarda en la limpieza de la reveladora de placas Classic EOS?

Sábados de 3 a 3,5 horas.

2. ¿Con qué frecuencia se realiza el cambio de químicos en el centro médico?

Dois veces por semana.

3. ¿Qué método utiliza para el abastecimiento manual de químicos?

Envases metálicos

4. ¿Al realizar el abastecimiento de químicos el trayecto recorrido comprende salas de espera o pasillos con flujo de pacientes?

Pasillos con pacientes y personal.

5. ¿A cuántos pacientes les suspenden la consulta para realizar la limpieza del equipo?

35 pacientes citados más emergencias.

6. ¿Cómo realiza el conteo de placas reveladas, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

20 minutos por día al finalizar la jornada.

7. ¿Cómo realiza el conteo de químico utilizado, con qué frecuencia y que cantidad de tiempo es empleado?

30 minutos aproximadamente.
sábados y miércoles

8. ¿Qué mejoras propone para un mejor desempeño de la reveladora de placas?

Abastecimiento automático
Indicador del procedimiento y estado,
Control de químicos y placas,
Control en base de datos.
Sensores en tanques externos.