

**AUTOMATISMO Y CONTROL SENSORICO PARA PROCESO DE
HISTOTECNOLOGÍA: ADQUISICIÓN DE VARIABLES DE CONTROL**

**PRESENTADO POR:
MARTIN POVEDA MORALES, COD: 30824**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO BIOMÉDICO**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD INGENIERIA
COORDINACIÓN INGENIERIA BIOMEDICA
BOGOTÁ, D.C.
2015**

**AUTOMATISMO Y CONTROL SENSORICO PARA PROCESO DE
HISTOTECNOLOGÍA: ADQUISICIÓN DE VARIABLES DE CONTROL**

**PRESENTADO POR:
MARTIN POVEDA MORALES, COD: 30824**

DIRECTOR

ING. RICARDO JARAMILLO DIAZ

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD INGENIERIA
COORDINACIÓN INGENIERIA BIOMEDICA
BOGOTÁ, D.C.
2015**

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	3
LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	8
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	8
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
3.1 OBJETIVO GENERAL	9
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	10
4.1 JUSTIFICACIÓN	10
4.1.1 Área o campo de acción	11
4.1.2 Impacto social.....	12
4.1.3 Paciente.....	12
4.1.4 Médico tratante	12
4.1.5 Médico especialista	12
4.1.6 Instituciones.....	12
4.1.7 Comunidad	12
4.2 DELIMITACIÓN.....	13
5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	14
5.1 MARCO TEÓRICO.....	14
5.1.1 Preparación de la hematoxilina.....	14
5.1.2 Preparación de la Eosina.....	15
5.1.3 e-Salud	15
5.1.4 Sistemas de Automatización y Control	15
5.1.5 Monitoreo Remoto con Tecnología Inalámbrica	16
5.1.6 Tren de coloración	17
5.1.7 Pertinencia de los sistemas de automatización y control.....	18
5.2 EL MARCO LEGAL.....	19
5.2.1 Seguridad en la información al realizar monitoreo remoto.....	19
5.3 MARCO AUTOREFERENCIAL.....	20

5.3.1 EQUIPOS QUE EN LA ACTUALIDAD EXISTEN EN EL MERCADO Y SON UTILIZADOS EN LOS LABORATORIOS DE PATOLOGÍA Y CITOLOGÍA
20

5.3.2 CUADROS COMPARATIVO DE EQUIPOS AUTOMÁTICOS DE COLORACIONES HISTOLÓGICAS.....23

6.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
6.1	LA HIPÓTESIS.....	31
7.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	32
7.1	FASE DE RECOLECCIÓN DE DATOS	33
7.2	FASE DE ANÁLISIS DE DATOS	36
8.	RESULTADOS.....	36
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
9.1	CONCLUSIONES.....	41
9.2	RECOMENDACIONES	42
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1, Preparación de la Hematoxilina de Harris.	13
Tabla 2, Preparación de la Eosina.	14
Tabla 3, Tren de Coloración	18
Tabla 4, Equipo Shandon Varistain Gemini.....	20
Tabla 5, Equipo Autostainer 360	21
Tabla 6, Cuadro comparativo de las similitudes de Shandon Varistain y Autostainer 360	22
Tabla 7, Cuadro comparativo de las diferencias Shandon Varistain y Autostainer 360	22
Tabla 8, Equipo Citolab HMS -70	23
Tabla 9, Equipo Autostainer XL.....	25
Tabla 10, Teñidor automático Leica st5020/cv5030	26
Tabla 11, Cuadro comparativo de las similitudes Citolab HMS y Autostainer XL.....	27
Tabla 12, Cuadro comparativo de las diferencias Citolab HMS, Autostainer XL Y Leica st5020/5030	28

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1, Secuencia de la tinción de Hematoxilina y Eosina	09
Ilustración 2, Esquema de monitoreo remoto.....	16
Ilustración 3, Equipo Shandon Varistain Gemini	19
Ilustración 4, Equipo Autostainer 360.....	21
Ilustración 5, Equipo Citolab HMS - 70.....	23
Ilustración 6, Equipo Autostainer XL	24
Ilustración 7, Equipo Teñidor automático Leica st5020/cv5030.....	26
Ilustración 8, Sensor PS-2106.....	32
Ilustración 9, GLX xplorer	32
Ilustración 10, Sensado con luz artificial	33
Ilustración 11, Tren de coloración	33
Ilustración 12, Imagen de datos tomados.....	34
Ilustración 13, Interior con luz artificial, patrón artificial 2 muestra 2	34
Ilustración 14, Interior con luz artificial, patrón artificial 3 muestra 3	35
Ilustración 15, Interior con luz artificial, patrón de medida muestra 3.....	35
Ilustración 16, Interior con luz artificial, patrón artificial muestra 1	36
Ilustración 17, luminosa, patrón artificial 3 muestra 1 posición 2.....	36
Ilustración 18, Intensidad luminosa, patrón artificial 3 muestra 3 posición 2	37
Ilustración 19, Intensidad luminosa, patrón artificial 3 muestra 2 posición 2	37
Ilustración 20, Interior con luz natural, muestra 1	38

1. INTRODUCCIÓN

En el área de histotecnología, específicamente en el proceso de coloración de Hematoxilina y Eosina, en las etapas de desparafinado, deshidratación, hidratación, tinción y aclaración, para la identificación citomorfológica de los tejidos en el cuerpo humano requiere un seguimiento y control planteado a través del sistema sensorico como lo es la luminiscencia, con el fin de definir un estándar y el análisis cuantitativo por medio de una estadística descriptiva, cuyos cálculos que registra el sensor, brindan las condiciones existentes.

La sensorica de referencia de luz blanca artificial de fuente fija sin atenuación o intervalos de baja luminiscencia permitió denotar un intercambio de lúmenes más efectivo.

La simulación del día a día en la realización de la coloración de Hematoxilina y Eosina provee un acercamiento vivencial de las estructuras e insumos que interactúan para el respectivo proceso, generando la sensibilidad necesaria en el Citohistotecnólogo, la experticia y la responsabilidad frente a un evento quirúrgico real.

Elementos de la Ingeniería Biomédica como son la utilización de dispositivos físicos electrónicos, y el análisis de los datos encontrados, los cuales conjuntamente con estudios externos, evitan la presencia de miedos al error humano en los portaobjetos y permite abrir un capítulo en la Ingeniería Biomédica en su multidisciplinariedad para la gestación de dispositivos electrónicos, para la reproducción de diagnósticos patológicos oportunos, permite a la bioingeniería de la mano de la biomédica alternativas de investigación para el diseño de máquinas especializadas y el acercamiento hacia el desarrollo evolutivo en el procesamiento del tejido humano.

Es adecuado generar el control sensorial que pueda sincronizar los tiempos de preparación proceso del tren de coloración Hematoxilina y Eosina en las etapas de desparafinado, deshidratación, hidratación, tinción y aclaración, que contribuya a un diagnóstico oportuno y un análisis histocitomorfológico permitiendo eficiencia por parte del Médico Especialista en Patología, mejorando los tiempos de respuesta hacia el paciente.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La histotecnología en el proceso de la coloración de Hematoxilina y Eosina plantea la necesidad de apoyo tecnológico eficaz y confiable en la práctica, por medio un sistema robótico que provea de la experiencia más cercana posible a los Citohistotecnólogos, visualizando las tecnologías actuales, tomar como derrotero las prácticas del día a día en el laboratorio de patología y citología. Por medio de estadísticas provistas por los laboratorios de patología del Hospital de San José y Hospital Infantil Universitario de San José y en el laboratorio de Técnica Histológica de la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud se demostró que es necesario por la cantidad de errores humanos que se puede presentar en cada escenario diferente, ya que permitió establecer cómo realizar el proceso de coloración de la hematoxilina y eosina en la histotecnología de manera dinámica con resultados precisos basado en la sincronización de tiempos, con base al análisis de la muestra en cada etapa del proceso.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo presentar a los Citohistotecnólogos un modelo para la realización de la coloración de Hematoxilina y Eosina a través de criterios físicos que permitan experimentar directamente las variables presentes en cada lamina portaobjeto, dando la posibilidad de una experticia al momento de la realización de este procedimiento, diferente a los sistemas actuales, como las diferencias en tiempos por parte de los ejecutores del procedimiento?

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer la teoría para controlar la calidad de las muestras del laboratorio de histotecnología por medio de sensores de luminiscencia, estableciendo así un estándar de eficiencia del tren de coloración de Hematoxilina y Eosina en las etapas de desparafinado, deshidratación, hidratación, tinción y aclaración, optimizando el análisis patológico y citológico.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

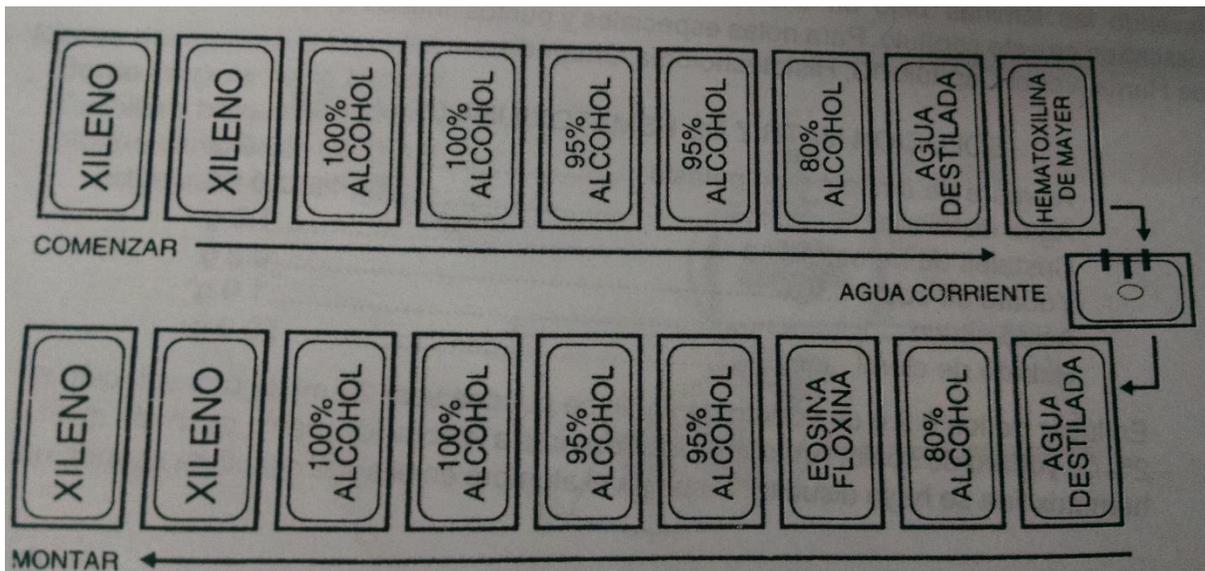
- Establecer los sensores y las medidas que determinen la correcta coloración del tejido en el proceso de tinción Hematoxilina y Eosina.
- Generar diferentes escenarios para identificar la eficiencia en la coloración de Hematoxilina y Eosina en el tejido.
- Instaurar o ratificar el protocolo de la coloración de Hematoxilina y Eosina en el tejido que se realiza actualmente.
- Obtener mediciones para el establecimiento de la fijación de un estándar.

4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 JUSTIFICACIÓN

Cada laboratorio de Patología y Citología aproximadamente utiliza 800 mL de coloración de Hematoxilina y Eosina por semana, en promedio se pueden teñir 200 láminas portaobjetos con este volumen de solución sin que haya una pérdida apreciable del detalle nuclear. Actualmente hay dos procedimientos de Hematoxilina usados en los laboratorios: Los métodos de Mayer y de Harris. El método de Harris, es un método regresivo, ya que la decalcificación a menudo disminuye las propiedades basofílicas de los núcleos, por consiguiente tiñe todas las estructuras tisulares, núcleos, citoplasma, tejidos conectivos, etc. y continúa con una descoloración controlada y “azulamiento” hasta llegar a una tinción nuclear óptima. (Prophet, 1992, pág. 55)

Ilustración 1 Secuencia de la tinción de Hematoxilina y Eosina



Fuente: Métodos Histotecnológicos AFIP

Esta coloración, se realiza en su gran mayoría en los laboratorios de forma manual, sea por costos o confiabilidad de la ejecución, denotando así la experiencia y responsabilidad del citohistotecnólogo, lastimosamente un descuido ocasiona que la muestra no se pueda interpretar adecuadamente., por lo cual este proyecto será una herramienta para apoyar el proceso del tren de coloración de Hematoxilina y Eosina en las etapas anteriormente mencionadas, puesto que el acceso a procesos de

automatización e innovación en el área de histotecnología es lento, específicamente en los laboratorios de patología al realizar el tren de coloración de Hematoxilina y Eosina (Mojica, 2012, pág. 23).

La aplicación de la telemedicina ha originado términos como e-Salud, telesalud, telecirugía, entre otros convirtiéndose la e-Salud y la telemedicina en los campos de mayor impacto a la comunidad debido a que se puede brindar presencia virtual del especialista y la prestación de servicios a distancia con un gran potencial científico (Weinstein, 2009).

El telemonitoreo optimiza el tiempo, costo, eficiencia y un mayor nivel de atención especializada permitiendo el fácil acceso del personal idóneo a la información del paciente y diagnósticos de varios especialistas, mejorando los resultados (Mahfouf, 2001).

Un citohistotecnólogo realizando un proceso mecánico genera un desaprovechamiento de las capacidades del personal dedicado a la tarea, donde el monitoreo del proceso llevado a cabo por un sistema automático entregara la información al tele-especialista.

4.1.1 Área o campo de acción

Cuando se observa en el microscopio una sección histológica sin teñir es difícil apreciar la estructura del tejido, diferente si éste tiene algún tipo de pigmento que ayude a diferenciar los núcleos de los citoplasmas. Por tal razón las estructuras tisulares no teñidas no producen cambios apreciables en la longitud de onda de la luz que la atraviesa (Ruiz J, 2009), por lo tanto utilizamos el tren de coloración de Hematoxilina y Eosina. Sin embargo éste procedimiento se realiza mediante técnicas manuales que requieren tiempo y experticia del personal del laboratorio y luego ser valorada por el especialista para emitir el diagnóstico, no cabe duda que en este proceso se pueden presentar errores debido a la manipulación de las muestras que redundan en pérdida de tiempo por parte del paciente, personal de laboratorio y especialista.

Obtener un sistema automático para el tren de coloración de Hematoxilina y Eosina, en las etapas de desparafinado, deshidratación, hidratación, tinción y aclaración y, adicionalmente realizar un monitoreo remoto del proceso, dicho sistema integra desde el punto de vista de ingeniería las áreas de electrónica, sistemas de automatización y

comunicaciones basadas en las TIC y desde el punto de vista médico contribuye al área de histotecnología en el diagnóstico y análisis patológico y citológico.

4.1.2 Impacto social

Al mejorar parte del proceso del tren de coloración de Hematoxilina y Eosina se beneficia al paciente, médico tratante, especialista, a las instituciones de salud y a la comunidad en general, dichos beneficios son (Salud O. P., 2002):

4.1.3 Paciente

- Minimiza tiempos de respuesta en cuanto permite obtener diagnósticos y tratamientos oportunos.
- Mejora calidad del servicio ya que se puede contar con reportes y diagnósticos de profesionales especializados.
- Contando con un diagnóstico apropiado, en ciertos casos se podría determinar en qué casos se justifica o no el traslado de un paciente.
- Al poder contar con un diagnóstico más especializado y/o más acertado puede evitar la elaboración de múltiples exámenes innecesarios.

4.1.4 Médico tratante

- Contar con el criterio del médico especialista, da mayor seguridad al médico tratante.
- El médico remitente puede contar con más elementos de juicio a la hora de adoptar un tratamiento o diagnóstico, disminuyendo así riesgos profesionales.

4.1.5 Médico especialista

- Ahorro de tiempo y reducción de costo de transporte.
- Los servicios de e-Salud redundan en la mejoría en la calidad de sus servicios de salud.

4.1.6 Instituciones

- Las instituciones pueden ampliar la gama de servicios que prestan a sus clientes, permitiendo una mayor cobertura.
- La tecnología inmersa en e-Salud, y las bases de datos manejadas facilita la integración de la información tanto para fines administrativos, científicos y de investigación.

4.1.7 Comunidad

- Mayor facilidad para efectuar análisis científicos y estadísticos.
- Al tener información estadística detallada y sectorial sobre el comportamiento de la comunidad en cuanto a una patología específica, se podrían evidenciar y

detectar comportamientos y causas al mejorar los tiempos de respuesta del tren de coloración. (del Valle, 2012)

4.2 DELIMITACIÓN

El presente trabajo abarca la toma de muestras y la experimentación de tejidos histopatológicos con las medidas y su absorción de lúmenes, para la validación de tiempos y concentraciones bioquímicas la cual permite la correcta visualización de las estructuras citomorfológicas, para tomar en cuenta las variables físicas obtenidas para posteriores trabajos en búsqueda de un correcto proceso de automatización, además se plantea a través de los datos obtenidos por el sensor PS – 2106A, el cual enviara la información tomada a el GLX xplorer, así se le realizó el análisis en la prueba tomada en el laboratorio de Física de Universidad ECCI y el laboratorio de Técnica Histológica de la FUCS, utilizando los parámetros que trabajó el GLX siendo este aplicado para obtener 10 muestras por segundo.

5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 MARCO TEÓRICO

La Histotecnología es la ciencia que estudia los fundamentos técnicos y la secuencia de manipulaciones necesarias para llevar a cabo el análisis de los tejidos de los seres vivos. Como para ello es imprescindible la utilización de los tejidos para su observación microscópica. Según su procedencia de los tejidos y la finalidad de su estudio es posible distinguir entre material histológico el cual es a toda muestra de tejido obtenida de un individuo o animal sano con la finalidad de investigar su estructura y composición normal y el material anatomopatológico, siendo este las diferentes muestras de procedentes de individuos o animales enfermos utilizados para el diagnóstico o investigación etiológica de la enfermedad. (Moral, 1993, pág. 3)

En este apartado se amplían los conceptos generales que se consideran para la investigación como lo son; la hematoxilina, eosina, e-Salud, sistemas de automatización y control, monitoreo remoto con tecnología inalámbrica, los cuales se presentan a continuación:

5.1.1 Preparación de la hematoxilina

La Hematoxilina como colorante y reactivo se extrae del tallo del árbol Hematoxylon Campechianum, en un principio es incoloro y se realiza una reacción de oxidación para obtener el colorante; la hemateina, posteriormente de forma artificial se le añade un oxidante químico adquiriendo un color morado (HgO: Hematoxilina de Harris) siendo la de mayor utilización en los laboratorios.

Tabla 1 Preparación de la Hematoxilina de Harris

Reactivo	Cantidad
Hematoxilina	2.5 g
Alcohol	25 mL
Alumbre de Potasio	50 g
Agua destilada	500 mL
Oxido de Mercurio	1.25 g
Ácido acético glacial	20 mL

Fuente: Bancroft, 2013, pág. 174

5.1.2 Preparación de la Eosina

La Eosina es un derivado Halogenado del Xanteno, la Eosina “Y” es la de mayor utilización que contiene moléculas autofluorescentes por sus átomos halógenos, y es soluble en agua y en alcoholes. Además, presenta un cierto carácter ácido, de forma que interacciona con las proteínas del citoplasma la cual adquiere cierto tono rosa (Bancroft, 2013, pág. 180).

Tabla 2 Preparación de la Eosina

Reactivo	Cantidad
Solución Stock	
Eosina	1 g
Agua destilada	20 mL
Alcohol	80 mL
Solución de trabajo	
Solución Stock	25 mL
Alcohol	75 mL

Fuente: Bancroft 2013

5.1.3 e-Salud

También conocido como e-health hace referencia a la nueva rama de la medicina dedicada a la prestación de servicios de salud y cuidados hospitalarios utilizando el recurso de las tecnologías de la información y las comunicaciones – TIC, el cual implica arraigar la cultura de alfabetización digital en la población colombiana tanto en los usuarios (pacientes) como del personal médico (tratante y especialista) y finalmente mejorar la infraestructura hospitalaria (Díaz, 2010).

Dentro de este contexto la información médica se puede clasificar en texto, imágenes diagnósticas y señales, las cuales en el momento de diagnóstico, automatización y monitoreo son fundamentales para el diseño, implementación y desarrollo del presente proyecto (Massone, 2007).

5.1.4 Sistemas de Automatización y Control

El control automático se basa en diversas disciplinas técnicas y científicas donde juega un papel importante los métodos de medición, los principios mecánicos de actuación,

el manejo y procesamiento de la información a través de macros de computadora y microcontroladores.

Las razones que implican la necesidad de un control automático es la sustitución del operador humano en una actividad repetitiva y la obtención de trazabilidad en un proceso dinámico, compuesto por el control preciso de los procesos técnicos o no técnicos, mantenimiento de la seguridad y confort al ser humano (Control Engineering Practice, 2011)

Los avances de la teoría de los sistemas de control junto con los alcanzados por la electrónica y la informática han dado lugar a muchas áreas de aplicación de esta teoría siendo la medicina uno de los objetivos para el diseño de técnicas de control para dispositivos en línea, especialmente los usados en operaciones quirúrgicas y en unidades de cuidados intensivos.

5.1.5 Monitoreo Remoto con Tecnología Inalámbrica

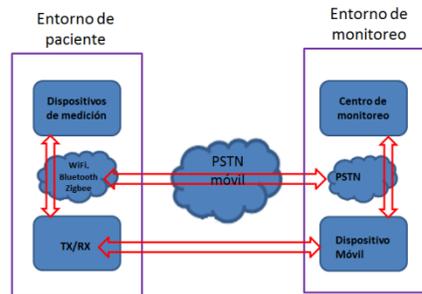
La expansión que ha venido presentando la red de telefonía móvil en la última década, ha hecho que la cobertura abarque casi todo el territorio nacional, esto permite a los usuarios estar conectados en cualquier parte del mismo y utilizar diferentes aplicativos en sus terminales los cuales funcionan bajo la misma red. Dentro de ese gran espectro de aplicativos, están algunos que permiten realizar de forma remota el monitoreo de pacientes o de algún tipo de proceso.

Recientemente se realizó en Colombia, la adjudicación de las bandas de frecuencias para telefonía móvil e Internet, en las que participaron empresas como ETB, UNE, DIRECTV entre otras. Lo interesante de esta nueva adjudicación de las tecnologías para 3G y 4G, es la incursión de nuevas empresas que tradicionalmente reconocíamos por prestar un determinado servicio, como es el caso de DIRECTV cuyos servicios estaban más enfocados a la televisión satelital.

La apertura de nuevos oferentes de servicios de Internet y la incursión en estas nuevas tecnologías permite que se pueda realizar la transmisión de la información de una manera segura garantizando que la misma podrá alcanzar su destino final. En este sentido, las redes de comunicación inalámbrica juegan un papel fundamental al momento de realizar por ejemplo monitoreo remoto de pacientes y procesos, siempre y cuando el lugar donde estén cuenta con algún tipo de cobertura satelital.

Ahora bien, se puede realizar la transmisión de esta información ya sea a las unidades médicas como también a los equipos o dispositivos terminales con los que cuentan los especialistas respectivos tales como teléfonos móviles, tablets, etc,. Un ejemplo de ello se muestra en la siguiente Ilustración (Morales, 2013).

Ilustración 2 Ejemplo de un esquema para el monitoreo remoto



Fuente: <http://www.google.com.co/imgres?imgrefurl=http://www.y-cam.com/learn-more/&tbnid=dVB7P8h-EN7XzM:&docid=JUX0KbGvSnErsM&h=852&w=1200>

En esta sección se encuentran algunos conceptos específicos y relevantes utilizados para el desarrollo del proyecto; tren de coloración, pertinencia de los sistemas de automatización y control, por último la seguridad en la información al realizar monitoreo remoto, estos se presentan a continuación:

5.1.6 Tren de coloración

Este método en los laboratorios de patología y citología consiste en sumergir una canastilla con 30 portaobjetos en determinadas soluciones durante tiempos específicos de los cuales depende la calidad y posterior análisis del resultado por parte del especialista en patología. Estos tiempos están distribuidos de la siguiente manera (Moral, 1993):

Tabla 3 TREN DE COLORACIÓN

Etapas	Solución	Tiempo (min)
Desparafinado	Xilol	3
	Xilol	3
	Xilol	3
Deshidratación	Alcohol etílico	3
	Alcohol etílico	3
	Alcohol etílico	3
Hidratación	Agua corriente	1
Tinción	Hematoxilina de Harris	5
	Agua corriente	1
	Agua amoniacal 1%	2
	Agua corriente	1
	Eosina Y	1
Deshidratación	Alcohol etílico	3
	Alcohol etílico	3
	Alcohol etílico	3
Aclaración	Xilol	3
	Xilol	3
	Xilol	3
Montado		

Fuente: (Moral, 1993)

Nota: Es importante aclarar que una vez el anterior proceso se realizaron con 1000 portaobjetos se deben cambiar todas las soluciones.

5.1.7 Pertinencia de los sistemas de automatización y control

En la actualidad una de las áreas de amplia aplicación de la ingeniería de control en la medicina la constituye un amplio margen que va desde los sistemas de prescripción de dosis sencillas hasta el control adaptativo de dispositivos altamente sofisticados (Medina, 2005).

Debido a que es necesario el manejo de gran cantidad de información recolectada por los diferentes sensores sin dejar de lado que el sistema debe seguir funcionando con eficiencia, la lógica difusa se convierte en una herramienta adecuada debido a su

tolerancia a ciertas incertidumbres generadas por las interacciones del equipo en funcionamiento con los sensores que en él se encuentran.

El diseño del dispositivo se debe basar en experimentos anteriores para determinar la estructura del sistema de control y los mecanismos, con algoritmos simples y rápidos debido a que en algunos casos el control predictivo puede llegar a ser de difícil aplicación. Es importante identificar el modelo de control correcto para cada componente que permita el manejo de cada uno de ellos sin problema.

Lo que se busca con estos sistemas de automatización es la asignación dinámica de las funciones del operador a un sistema de control automatizado mediante la adquisición de información contextual de los diferentes sensores que permitan acciones prontas y efectivas evitando la intervención del operador (Mahfouf, 2001).

Es conveniente el diseño de sistemas de control descentralizado que permitan una mayor velocidad de respuesta a eventos detectados por los diferentes sensores sin dejar de lado, los mecanismos de supervisión y control de calidad realizados por el operador.

5.2 EL MARCO LEGAL

5.2.1 Seguridad en la información al realizar monitoreo remoto

En el campo de la e-Salud, uno de los temas de mayor importancia, es el mantener la información clínica segura y disponible para los usuarios. Esto trae consigo, garantizar eficiencia en los procesos del envío y procesamiento de dicha información, transporte, seguridad, almacenamiento y disponibilidad de todos los recursos que intervienen durante cada una de las etapas anteriormente mencionadas. A fin de cumplir con dicho propósito, se deben garantizar unos objetivos de seguridad como: autenticación, confidencialidad, integridad, disponibilidad y auditoría los cuales se describen a continuación (Varela, 2009):

- **Autenticación:** Identificar al cliente (usuario, dispositivo o proceso) de la aplicación o servicio.
- **Confidencialidad:** Asegurar que solo quien esté autorizado pueda acceder a la información.

- **Integridad:** Garantizar que la información durante el envío, tratamiento y almacenamiento no se transforme (distorsione o modifique).
- **Disponibilidad:** Asegurar que la información esté siempre disponible para acceder a ella en cualquier momento.
- **Auditoría:** Posibilidad de poder rastrear cada acceso realizado a la información y el tratamiento realizado a la misma por cada usuario.

Es evidente entonces que se debe encriptar la información para protegerla de accesos y manipulaciones no autorizadas de la misma, además de implementar técnicas de control de acceso para garantizar que solo puedan acceder al sistema o plataforma usuarios y dispositivos autorizados (Ricur, 2012).

Según la clasificación de dispositivos y equipos biomédicos un producto no invasivo y permite que se incluya dentro de la Clase I (Salud M. d., 2001), permite así establecer los siguientes equipos que con sus respectivas características.

5.3 MARCO AUTOREFERENCIAL

5.3.1 EQUIPOS QUE EN LA ACTUALIDAD EXISTEN EN EL MERCADO Y SON UTILIZADOS EN LOS LABORATORIOS DE PATOLOGÍA Y CITOLOGÍA

Ilustración 3 SHANDON VARISTAIN GEMINI



Fuente: <http://www.caeonline.com/listing/product/175389/thermo-fisher-scientific-shandon-varistain-gemini>

Tabla 4

NOMBRE DEL EQUIPO	CASA COMERCIAL	CARACTERISTICAS
SHANDON VARISTAIN GEMINI ES	THERMO SCIENTIFIC	<p>Flexibilidad Realiza múltiples protocolos.</p> <p>Opción de carga o de inicio urgente. Permitir a los usuarios priorizar canastillas urgentes sin comprometer canastillas de tinción previamente cargadas.</p> <p>Diseño único Diseño de dos niveles, ahorra espacio en la mesa. Estaciones de tinción de nivel inferior están en una plataforma giratoria para facilitar el acceso a estaciones de reactivos de la parte delantera de la unidad.</p> <p>Auto-asignación Optimiza el uso del reactivo y usa efectivamente las estaciones de tinción disponibles para realizar el rendimiento más rápido de un determinado protocolo.</p> <p>Auto-retorno Capacidad para retirar de la puerta cualquier canastilla cargada.</p>

Fuente: Autor

Ilustración 4 AUTOSTAINER 360



Fuente: <http://www.medicalexpo.es/prod/thermo-scientific/sistemas-automaticos-tincion-portaobjetos-histologia-78678-507228.html>

Tabla 5

NOMBRE DEL EQUIPO	CASA COMERCIAL	CARACTERISTICAS
AUTOSTAINER 360-2D	LAB VISION™	<p>Capacidad de teñir de 1 a 36 láminas, cada una programada individualmente. Protocolos específicos para el usuario y la elección de los reactivos. Ejecuta múltiples coloraciones por día. Fácil programación basada con Windows 7. Pre-ejecución y controles de volumen de reactivo.</p> <p>Control de calidad Supervisar números de lotes y fechas de caducidad Almacenar o imprimir los reportes detallados para cada ejecución.</p> <p>Confiability Construcción y operación probada.</p>

		<p>No cuenta con pipetas desechables. Puede ser configurado para la aplicación de diagnóstico sin costo adicional.</p> <p>Escanea rápidamente utilizando la alta precisión de tecnología de detección de etiquetas.</p>
--	--	---

Fuente: Autor

5.3.2 CUADROS COMPARATIVO DE EQUIPOS AUTOMÁTICOS DE COLORACIONES HISTOLÓGICAS

Tabla 6

SIMILITUDES	
SHANDON VARISTAIN GEMINIES	AUTOSTAINER 360-2D
<p>Optimiza el uso del reactivo y usa efectivamente las estaciones de tinción disponibles para realizar el rendimiento más rápido de determinado protocolo.</p> <p>Supervisa fechas de caducidad.</p> <p>Realiza diferentes coloraciones de histotecnología.</p>	<p>Protocolos específicos para el usuario y la elección de los reactivos.</p> <p>Supervisa números de lotes y fechas de caducidad.</p> <p>Puede realizar diferentes coloraciones en un mismo día.</p>

Fuente: Autor

Tabla 7

DIFERENCIAS	
SHANDON VARISTAIN GEMINIES	AUTOSTAINER 360-2D
<p>La capacidad para cargar varias canastas de 20 diapositivas.</p> <p>Seis estaciones de agua corriente.</p> <p>Veintiséis estaciones de reactivos.</p>	<p>Capacidad de teñir de 1 a 36 láminas, cada una programada individualmente.</p>

<p>Cuatro puertas configurables para la carga o descarga conveniente. Batería de repuesto que ofrece 40 minutos de poder de coloración permanente.</p>	<p>Puede ser configurado para la aplicación de diagnóstico sin costo adicional.</p> <p>Ha integrado el escáner de código de barras digitales Control de código de barras de todas las operaciones de protocolo, reactivos y diapositivas.</p>
--	---

Fuente: Autor

Ilustración 5 CITOLAB HMS-70



Fuente: <http://sunum.sabanciuniv.edu/equipment/thermo-scientific-hms70-slide-stainer>

Tabla 8

EQUIPO	CASA COMERCIAL	CARACTERISTICAS
<p>Teñidor lineal automático para histología y citología Citolab HMS - 70</p>	<p>Casa Álvarez Material científico, S.A</p>	<p>Chasis principal metálico, equipado con motores metálicos silenciosos y electromagnéticos para la agitación y transporte del cestillo porta-objetos.</p> <p>Tapa de protección que cubre el área de trabajo y evita la exposición del usuario a vapores dañinos.</p> <p>El equipo consta de 16 estaciones para reactivos, una estación de lavado y una estación calefactora.</p> <p>La capacidad de tinción es de 70 portaobjetos en posición vertical.</p> <p>Extractor de vapores integrado con filtro de carbón activo.</p> <p>Agitación ajustable del cestillo porta muestras (3 velocidades).</p> <p>Se pueden programar en la memoria del microprocesador 20 programas.</p>

Fuente: Autor

Ilustración 6 AUTOSTAINER XL



Fuente: <http://www.imebinc.com/leica-autostainer-xlst5010.html>

Tabla 9

NOMBRE DEL EQUIPO	CASA COMERCIAL	CARACTERISTICAS
Teñidor automático LEICA ST 5010 Autosatiner XL	LEICA	<p>Procesador automático para tinciones rutinarias de cualquier técnica de tinción tanto citológica como histológica. La ejecución de diferentes técnicas se puede realizar de forma simultánea (Hematoxilina/Eosina, PAP), y la alimentación de los cestillos de porta se efectúa en continuo durante el proceso.</p> <p>Tiene capacidad de procesamiento de 11 cestillos a la vez, (en función de protocolo seleccionado horario</p>

		<p>de carga y configuración del equipo), representa unas 150 portas por hora.</p> <p>Estaciones de tinción con reactivo, lavados y secados por aire caliente, regulable en temperatura por el microprocesador, la capacidad de reactivo en cada estación es de 450 mL.</p> <p>Brazo robotizado desde el microprocesador multifuncional con movimientos X, Y, y Z para recogida de los diferentes porta objetos.</p>
--	--	---

Ilustración 7 TEÑIDOR AUTOMÁTICO LEICA ST5020/CV5030



Fuente <http://www.leicabiosystems.com/routine-special-staining/routine-staining-coverslipping/details/product/leica-st5020/gallery/>

Tabla 10

NOMBRE DEL EQUIPO	CASA COMERCIAL	CARACTERISTICAS
Cubre portas automático LEICA SV5030	LEICA	<p>Sistema automático, controlado por microprocesador diseñado para la coloración de cubreobjetos.</p> <p>No necesita especiales requerimientos, es decir funciona con portas y cubres de cristal convencionales.</p>

		<p>Alta capacidad de procesamiento, hasta 60 portas simultáneamente, y hasta 400 portas por hora.</p> <p>Sensor de detección de cubres rotos, y sensor de reserva de cubre objetos.</p> <p>Posibilidad de programación de hasta cuatro configuraciones de montaje diferentes.</p>
--	--	---

Fuente: Autor

Tabla 11

SIMILITUDES	
Citolab HMS -70	ST 5010 Autosatiner XL
<p>Extractor de vapores integrado con filtro de carbón activo.</p> <p>Sistema automático, controlado por microprocesador.</p> <p>El equipo consta de 16 estaciones para reactivos, una estación de lavado y una estación calefactora</p>	<p>Extractor de vapores.</p> <p>Sistema automático, controlado por microprocesador.</p> <p>Estaciones de tinción con reactivo, lavados y secados por aire caliente, regulable en temperatura por el microprocesador, la capacidad de reactivo en cada estación es de 450 mL.</p>

Fuente: Autor

Tabla 12

DIFERENCIAS		
Citolab HMS -70	ST 5010 Autosatiner XL	LEICA SV5030
<p>Chasis principal metálico, equipado con motores metálicos silenciosos y electromagnéticos para la agitación y transporte del cestillo porta-objetos.</p> <p>La capacidad de tinción es de 70 portaobjetos en posición vertical.</p> <p>Agitación ajustable del cestillo porta muestras (3 velocidades).</p> <p>Se pueden programar en la memoria del microprocesador 20 programas diferentes (hasta 50 pasos cada uno).</p> <p>Brazo robótico con movimiento X y Z que eleva y desplaza el cestillo porta muestras.</p>	<p>Procesador automático para tinciones rutinarias de cualquier técnica de tinción tanto citológica como histológica. La ejecución de diferentes técnicas se puede realizar de forma simultánea (Hematoxilina/Eosina, PAP), y la alimentación de los cestillos de porta se efectúa en continuo durante el proceso.</p> <p>Tiene capacidad de procesamiento de 11 cestillos a la vez, (en función de protocolo seleccionado horario de carga y configuración del equipo), representa unos 150 portaobjetos por hora.</p> <p>Brazo robotizado desde el microprocesador multifuncional con movimientos X, Y, y Z para recogida de los diferentes porta objetos.</p>	<p>No necesita especiales requerimientos, es decir funciona con portas y cubres de cristal convencionales.</p> <p>Alta capacidad de procesamiento, hasta 60 portas simultáneamente, y hasta 400 portas por hora.</p> <p>Gran precisión de montaje de los cubre portas que minimiza la formación de burbujas de aire y exceso de cantidad del medio de montaje aplicado.</p> <p>Sensor de detección de cubres rotos, y sensor de reserva de cubre objetos.</p>

Fuente: Autor

6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

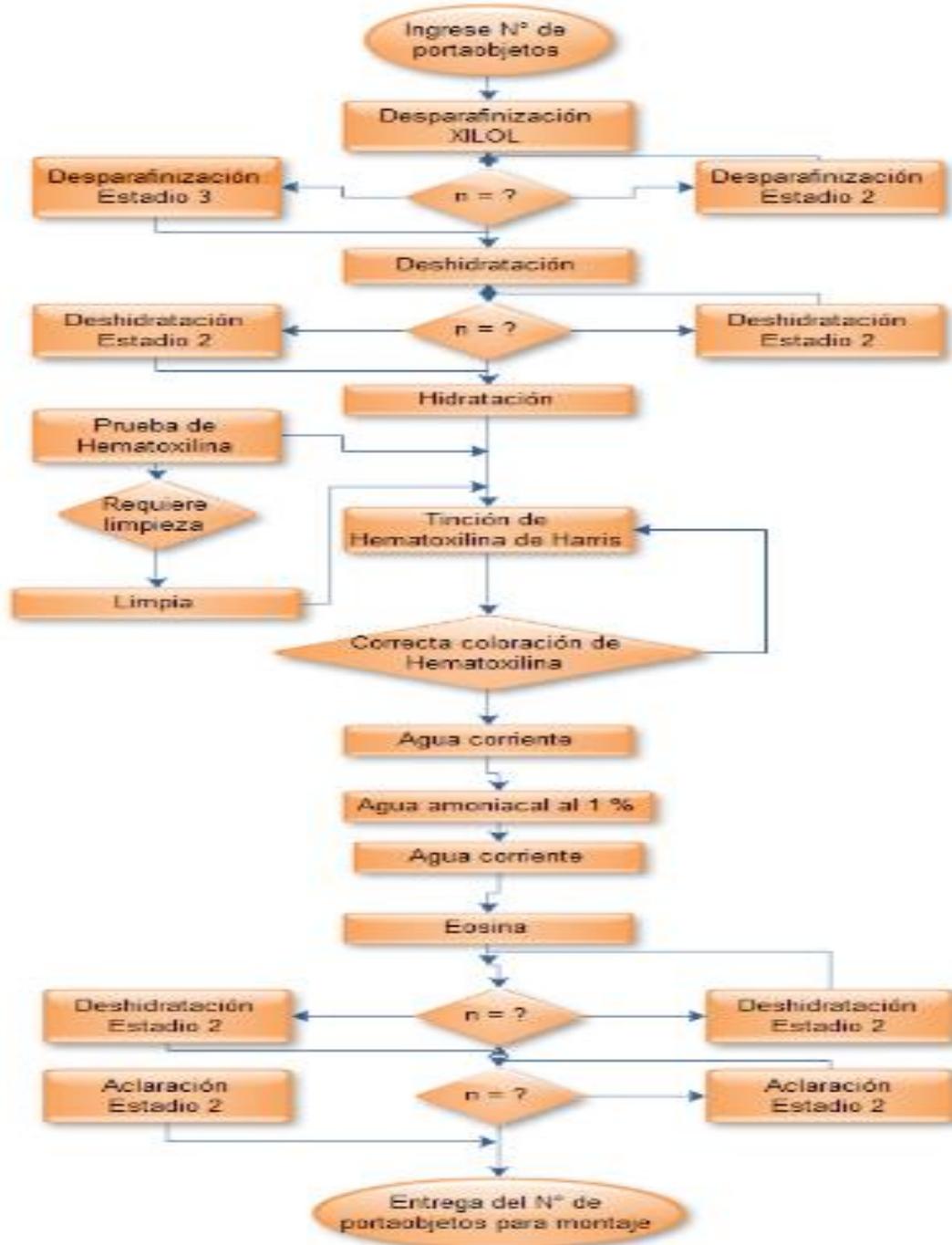
La investigación es de tipo exploratoria ya que con el proceso respectivo de estudio en cada una de las fases se definirá la tecnología respectiva con la cual el proceso se perfecciona y establece el proceso efectivo para el diseño, implementación y constitución de cada uno de las fases del proyecto, toda la información y colocando en práctica todas y cada una de las partes del procedimiento.

6.1 LA HIPÓTESIS

Hacer que el proceso del tren de coloración de Hematoxilina y Eosina, sea eficaz por medio del sensado de variables físicas, como la luminiscencia y las concentraciones químicas de la coloración, adquiridas en la preparación de la muestra, con la visión de realizar posteriormente procesos de automatización, generando una óptima interpretación del tejido histopatológico lo que permite la disminución en tiempo de diagnóstico, la innecesaria retoma de muestras, minimizando así efectos adversos.

7. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este proyecto se realizó como base la investigación documental y el proceso previo necesario para esto, se estructura a través del siguiente diagrama de flujo:



y para la cual se desarrollaran las siguientes fases:

7.1 FASE DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación es de tipo experimental ya que permite evaluar los efectos que se manifestaron en las variables dependientes reconociendo la relación causal a los efectos encontrados en el proyecto. Se realizó un análisis cuantitativo basado en una estadística descriptiva, a través de los cálculos registrados que el sensor nos brindó durante cada medida para conocer las condiciones existentes en laboratorios de histotecnología al realizar el tren de coloración de Hematoxilina y Eosina en las etapas de desparafinado, deshidratación, hidratación, tinción y aclaración con el objetivo de realizar un registro, análisis e interpretación de la forma cómo estos laboratorios desarrollan dicho proceso actualmente, para lo cual se tuvo en cuenta los siguientes escenarios:

- Laboratorio de Física – Universidad ECCI
- Laboratorio de técnica histológica de la Facultad de Citohistología de la FUCS
- Laboratorio de patología del Hospital de San José
- Laboratorio de patología del Hospital Infantil Universitario de San José

Con base al registro y análisis realizado en el laboratorio de técnica histológica de la Facultad de Citohistología de la FUCS y se determinó cuáles son las etapas involucradas en el proceso.

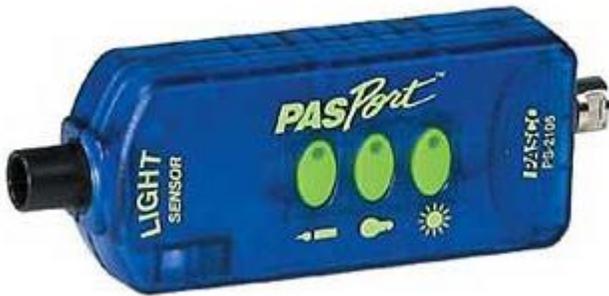
1. Se realizaron 3 cortes histológicos a 4 μm , la desparafinización de tejido y la coloración de Hematoxilina y Eosina, montaje con citoresina.

Basados en las coloraciones de cada tejido se realizó el análisis de la absorbancia de luz que genera la muestra, tanto en el proceso del micropreparado y en la terminación del mismo. Dadas las diferentes variaciones que tienen los lugares de trabajo y basados que la iluminación estándar que tienen los laboratorios de histotecnología es de luz natural se procede a analizar la cantidad de lúmenes en el tejido.

2. Se realizaron las medidas a través del sensor en el laboratorio de física y se obtuvo la siguiente información:

Se utilizó el sensor PS – 2106A (Ilustración 8), con el cual permite cuantificar la intensidad lumínica de cada uno de los portaobjetos.

Ilustración 8 Sensor PS - 2106



Fuente: http://1.bp.blogspot.com/_CyS8kurQk3o/TT6PbVifINI/AAAAAAAAANs/leKFrg-qGrA/s1600/glx2.jpg

Ilustración 9 GLX XPLOERER



Fuente: <http://tecnoedu.com/Pasco/img/PS2106A.jpg>

Este le envía la interfaz al GLX xplorer, el cual nos almacena la información sensada para exportarla y realizar las gráficas correspondientes en cada fase de la coloración de Hematoxilina y Eosina conforme obtenidos por medio de la tabla.

Se realizó en el laboratorio de física en dos escenarios la toma de los datos, el primero con luz artificial y el otro escenario sin luz del escenario, pero con luz directa led a una distancia de 3 cm.

Ilustración 10 Luz artificial



Fuente: autor

En el laboratorio de histotecnología (Ilustración 11) se realizó cada uno de los procesos de la coloración de Hematoxilina y Eosina, desparafinado, deshidratación, hidratación, tinción, aclaración y montaje.

Ilustración 11 Tren de coloración



Fuente: Autor

7.2 FASE DE ANÁLISIS DE DATOS

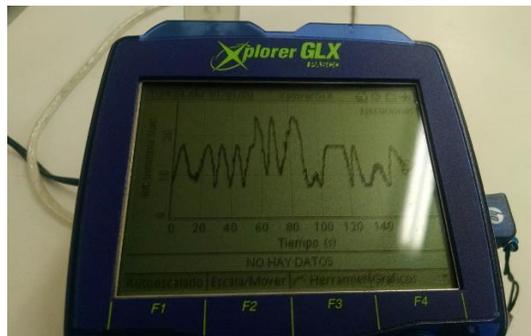
Con el estudio de los datos estadísticos basado en los coeficientes de difracción, se hacen pruebas de los diferentes escenarios dando lumens y tiempos establecidos en el GLX XPLOER, permitiendo así conocer que los cambios por la luminiscencia directa en la muestra histológica, o la luminosidad externa del medio.

8. RESULTADOS

Se toma como población 34 exámenes de los cuales se hace una muestra de 7 registros sensoricos de luminiscencia, los cuales se validaron ya que el procedimiento completo estaba garantizado. En el eje Y se identificó la luminiscencia y en el eje X el tiempo:

Se realizaron toma de registro en el laboratorio de física Universidad ECCI

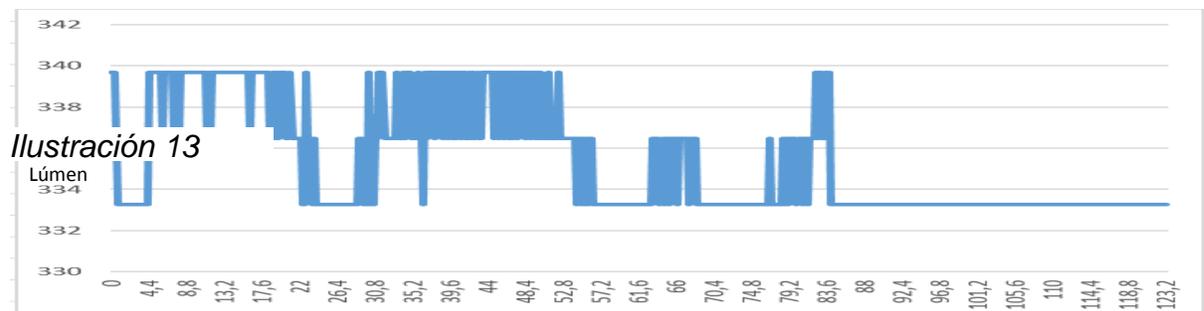
Ilustración 12



Fuente: Autor

Interior con luz artificial, patrón artificial 2 muestra 2

En la siguiente grafica se observó la luz artificial y el patrón hace referencia a la distancia establecida del sensor y el portaobjeto, permitiendo así encontrar un pico de



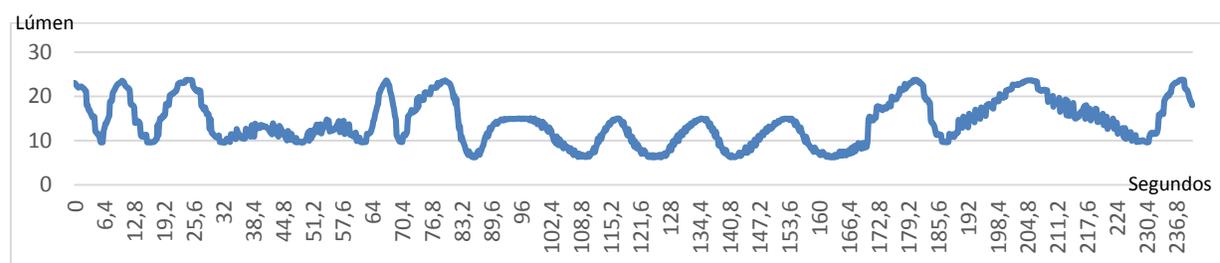
339.8 los lúmenes generados por la fuente de luz y mostrando una absorción que generaba una caída en el valor de los lúmenes a 333.1. La prueba se realizó en un tiempo de 123.2 seg.

Fuente: Autor

Interior con luz artificial, patrón artificial 3 muestra 3

En la siguiente grafica se obtuvo con la luz artificial y el patrón hace referencia a la distancia establecida del sensor y el portaobjeto, permitiendo así encontrar un pico de 23.8 los lúmenes a un tiempo de 237.6 seg

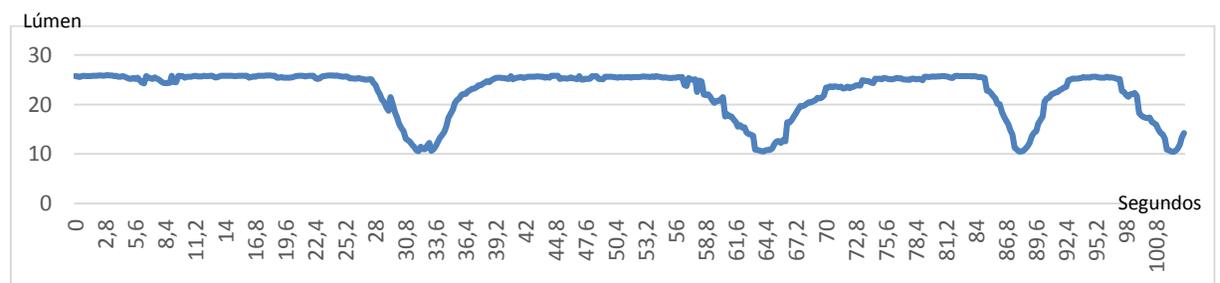
Ilustración 14



Fuente: Autor

Interior con luz artificial, patrón de medida muestra 3

Ilustración 15



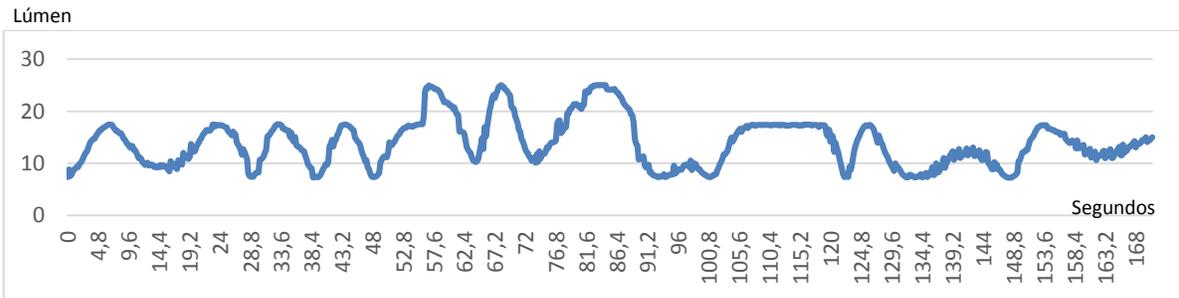
Fuente: Autor

En la siguiente grafica se obtuvo con la luz artificial y el patrón hace referencia a la distancia establecida del sensor y el portaobjeto, permitiendo así encontrar tres caidas negativas de 9.7 los lúmenes a un tiempo de 100.8 seg

Interior con luz artificial, patrón artificial muestra 1

En la siguiente grafica se obtuvo con la luz artificial y el patrón hace referencia a la distancia establecida del sensor y el portaobjeto, permitiendo así encontrar un pico de 24.8 los lúmenes a un tiempo de 168 seg

Ilustración 16

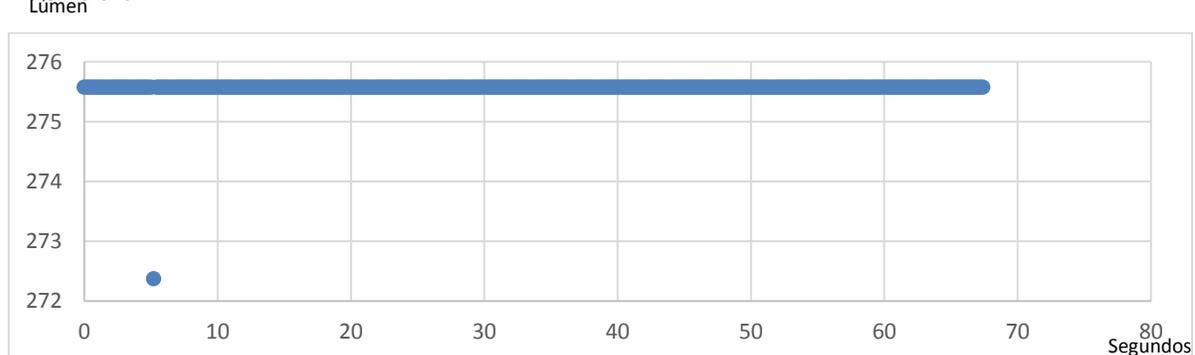


Fuente: Autor

Intensidad luminosa, patrón artificial 3 muestra 1 posición 2

En la siguiente grafica se obtuvo con la luz artificial y el patrón hace referencia a la distancia establecida del sensor y el portaobjeto, permitiendo así encontrar una luminiscencia estable en el tiempo 275.3 los lúmenes.

Ilustración 17

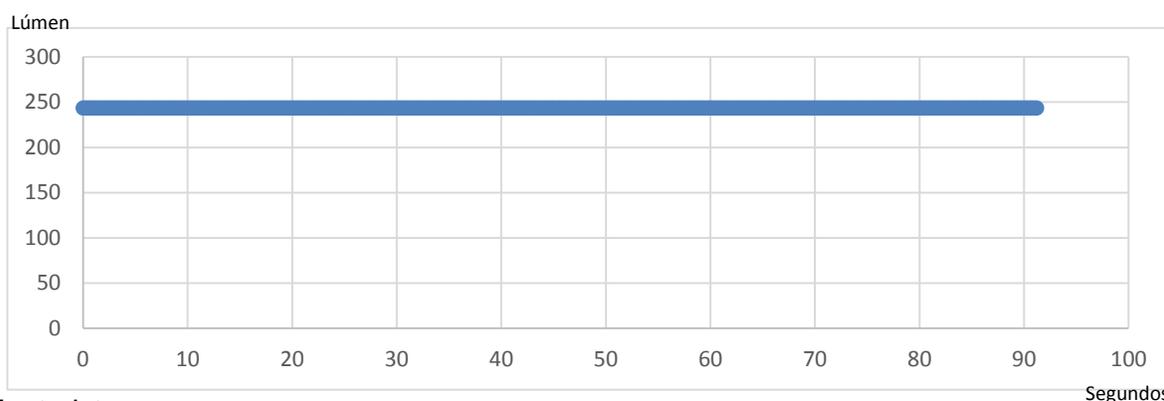


Fuente: Autor

Intensidad luminosa, patrón artificial 3 muestra 3 posición 2

En la siguiente grafica se obtuvo con la luz artificial y el patrón hace referencia a la distancia establecida del sensor y el portaobjeto, permitiendo así encontrar una luminiscencia estable en el tiempo 249.3 los lúmenes.

Ilustración 18

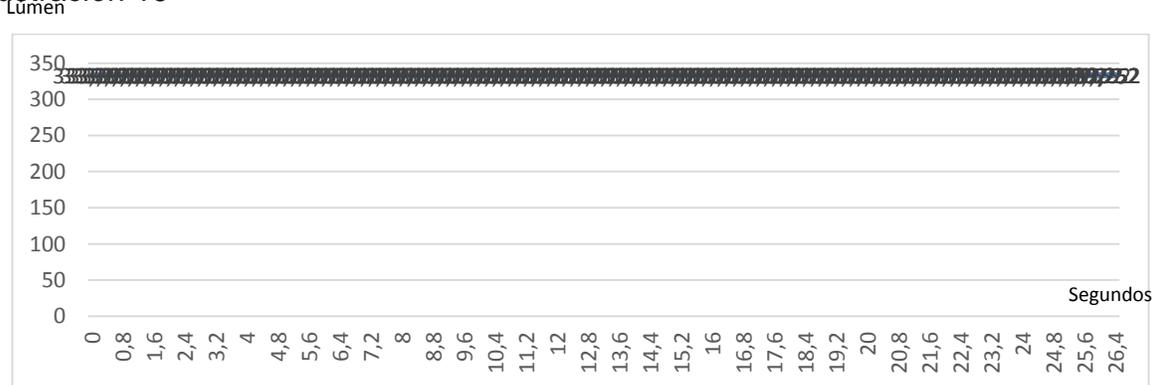


Fuente: Autor

Intensidad luminosa, patrón artificial 3 muestra 2 posición 2

En la siguiente grafica se obtuvo con la luz artificial y el patrón hace referencia a la distancia establecida del sensor y el portaobjeto, permitiendo así encontrar una luminiscencia estable en el tiempo 342.8 los lúmenes.

Ilustración 19

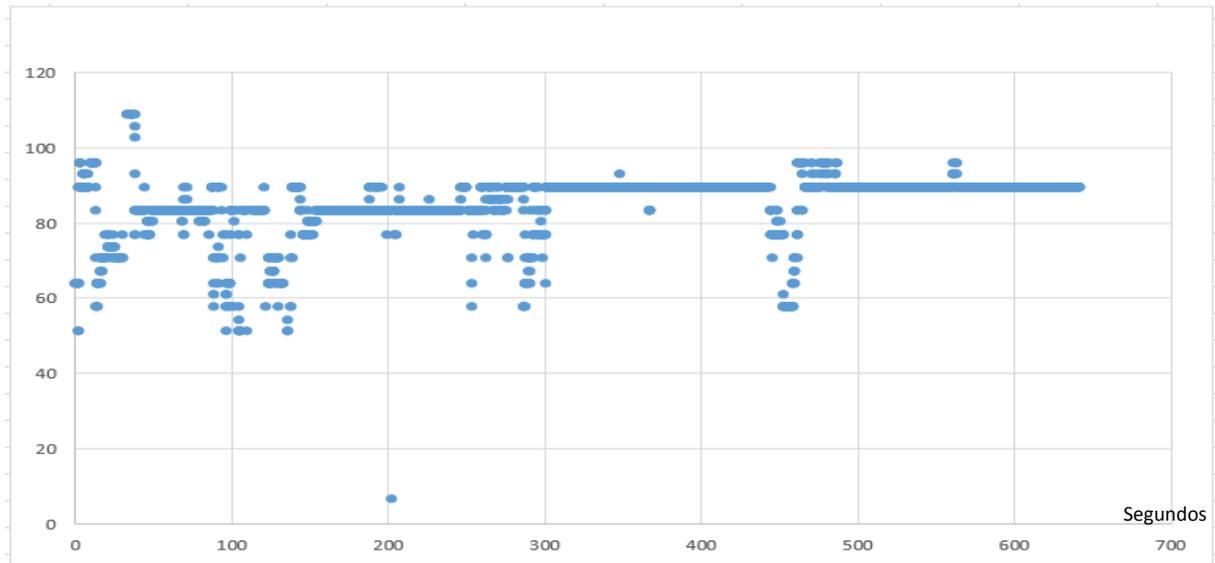


Fuente: Autor

Interior con luz natural, muestra 1

En la siguiente grafica se obtuvo con la luz natural y el patrón hace referencia a la distancia establecida del sensor y el portaobjeto en cada proceso de la coloración de Hematoxilina y Eosina, permitiendo así encontrar un pico de 96.8 los lúmenes a un tiempo de 650 seg

Ilustración 20



Fuente: Autor

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- La sensorica de referencia de luz blanca artificial de fuente fija sin atenuación o intervalos de baja luminiscencia permitió denotar un intercambio de lúmenes más efectivo a la hora de evaluar la coloración de Hematoxilina y Eosina de la muestra, siendo necesario un sensor de luminiscencia y la fuente de luz blanca fija como tecnología más confiable.
- Se obtuvo una referencia de 108.95 lúmenes, cuando la hematoxilina ha penetrado en el tiempo adecuado en el tejido se adquirió 76.90 lúmenes y al agregar eosina se alcanzó 83.31 lúmenes, concluyendo que la absorción de la coloración tiene un rango de 20 a 26 lúmenes.
- Se realizó una variación de tiempo en la hematoxilina y eosina, arrojando la siguiente conclusión; la luminosidad cuando se le aplica la hematoxilina por 2 min 10 seg es de 83.31 lúmenes y la eosina con una duración de 10 seg tiene el dato de 89.72 lúmenes, al realizar la revisión de la coloración en la realización con tiempos diferentes se observa que no permite una adecuada coloración en el tejido.
- La prueba de la eficacia de la coloración de Hematoxilina y Eosina en dos ambientes (cerrado, alumínico e in vivo natural) descarta parámetros de fiabilidad de luz natural por la variación en el ángulo de incidencia cambiando la medida en lumens, con respecto al tiempo de proceso.
- Se identificó a través de las diferentes pruebas de tiempo que la carga intensa de aniones en los ácidos no fue las más acentuada por el mínimo tiempo que se agregó dentro del reactivo, luego para intensificar el proceso se requiere hacer un estudio bioquímico con mayor profundidad para hacer más eficaz el proceso de coloración.

9.2 RECOMENDACIONES

La realización de obtención de los datos, en conjunto con el análisis de los mismo, permite concluir la primera etapa de fundamentación teórica con la cual respectivamente a través del área de investigación de Universidad ECCI permita realizar la consecución de las etapas de realización del diseño e integración del proyecto en su cabalidad, fusionando con las áreas de mecánica, bioanálisis, telecomunicaciones, industrial y otros, implementando el diseño de software y hardware respectivo y la gestión con programas afines, además el mejoramiento de la ejecución de los convenios.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Bancroft, J. D. (2013). *Theory and practice of histological techniques*. Elsevier. *Control Engineering Practice*. (December de 2011). Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066111001791>
- del Valle, C. (2012). *Tecnovigilancia: complemento del sistema de calidad de la atención en salud, en Colombia*. Obtenido de <http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/handle/10946/724>
- Diaz, F. (2010). Obtenido de <http://www.cepal.org/es/publicaciones/6169-tecnologias-de-la-informacion-y-la-comunicacion-en-el-sector-salud-oportunidades>
- Haidegger, T. (2012). *Acta Astronautica*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576512002482>
- Mahfouf. (March de 2001). *Artificial Intelligence in Medicine*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0933365700000725>
- Massone, C. (2007). Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17270240>
- Medina, A. (2005). Obtenido de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/3646/2/118647.pdf>
- Mojica, I. L. (2012). *Evaluación del rendimiento de la técnica de procesamiento histotecnológico libre de xilol versus la técnica convencional en el Laboratorio de Patología Interfacultades de la Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/6383/1/598124.2012.pdf>
- Moral, G. d. (1993). *Laboratorio de Anatomía Patológica*. Madrid: ES.
- Morales, V. (2013). Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4538369>
- Prophet, E. (1992). *Métodos Histotecnológicos*. Washington D.C.: AFIP.
- Ricur, G. (2012). Obtenido de <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/3031>
- Ruiz J, F. (2009). *Técnicas en histología y biología celular*. Madrid: Elsevier.
- Salud, M. d. (2001). *Resolución Número 434* . Bogotá D.C.
- Salud, O. P. (2002). Obtenido de http://www.comunidadandina.org/telec/Documentos/Telecomunicaciones_salud.pdf
- Varela, I. (2009). Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30415059010>
- Weinstein, R. (2009). *Human Pathology*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0046817709001282>