



UNIVERSIDAD INDOAMERICA

FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TEMA:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MICRODISPOSITIVO PARA DETECCIÓN DE
ELEMENTOS CONTAMINANTES EN LÍQUIDOS**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial.

Autor

Barroso García Santiago Joel

Tutor

PhD. Escudero Villa Pedro Fernando

AMBATO - ECUADOR

2023


**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Santiago Joel Barroso García declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “Implementación de un microdispositivo para detección de elementos contaminantes en líquidos”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 10 días del mes de febrero de 2023, firmo conforme:

Firma:.....
Autor: Barroso García Santiago Joel
Número de Cédula: 13120702440
Dirección: Pastaza, Puyo, Obrero.
Correo Electrónico: joelbarroso.sg7@hotmail.com
Teléfono: 099101450

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “Implementación de un microdispositivo para detección de elementos contaminantes en líquidos” presentado por Barroso García Santiago Joel para optar por el Título Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 17 de febrero del 2023



Firmado electrónicamente por:
**PEDRO FERNANDO
ESCUDERO VILLA**

.....
PhD. Escudero Villa Pedro Fernando

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato, 17 de febrero de 2023

A handwritten signature in blue ink that reads "Joel Barroso". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

.....
Barroso García Santiago Joel
1312702440

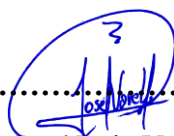
APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “IMPLEMENTACION DE UN MICRODISPOSITIVO PARA DETECCION DE ELEMENTOS CONTAMINANTES EN LIQUIDOS”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 17 de febrero de 2023

.....

Ing. Serafín Juan Cruz Villacís, Msc
LECTOR



-26(/8,6
9\$5(/\$ \$/'\$6
)LUPDGR

.....

Ing. José Luis Varela Aldás, PhD
LECTOR

DEDICATORIA

A mi padre por siempre apoyarme y confiar en mi en todo momento y a sus palabras de aliento que durante todo este tiempo fue mi fuerza de voluntad para poder cumplir con mis objetivos.

A mis amigos y seres queridos por siempre ayudarme de alguna forma y por compartir gratos momentos que de alguna manera me ayudó en el transcurso de esta preparación.

A mi pareja Solange Guevara que estuvo en los momentos más difíciles para apoyarme cuando realmente lo necesite en este transcurso de mis estudios.

AGRADECIMIENTO

A la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Indoamérica junto a todos los ingenieros que conforman parte de mi carrera por saberme impartir sus conocimientos atrás de estos años como estudiante tanto dentro y fuera de las aulas.

A los encargados de los laboratorios de ciencias generales junto con todas las personas que sumaron su grano de arena para poder culminar con este proyecto de tesis.

INDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
CERTIFICO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	v
APROBACIÓN DE LECTORES.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
INDICE DE IMAGENES.....	xiv
TABLA DE ANEXOS	xv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvi

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTE	4
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	8

CAPITULO II

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	10
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
DESARROLLO DE MODELO OPERATIVO.....	18

CAPITULO III

PROPUESTA	20
DISEÑO.....	22
SIMULACIÓN.....	26
FABRICACIÓN	26
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN	30
EVALUACIÓN	33
MEDIDAS DE PH.....	37

MEDIDAS DE ELEMENTOS METÁLICOS	40
RESULTADOS ESPERADOS	49

CAPITULO IV

CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Cuadro de contaminantes generales en Ecuador	11
Tabla 2. Características de un equipo láser.....	27
Tabla 3. Características de un equipo de impresión por fresadora	27
Tabla 4: Protocolo de evaluación	34
Evaluaciones Realizadas.....	48
Prueba de microdispositivo con elementos contaminantes reales	48
Tabla de cronograma de actividades.....	50
Tablas de análisis de costos	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Hidrografía Provincia de Pastaza (En color rojo las ciudades cercanas a los ríos).....	10
Gráfico 2.- Volumen de suelos contaminados por petróleo.....	12
Gráfico 3.- Diagrama de Modelo Operativo.....	17
Gráfico 4.- a) Modelo 1 de microdispositivo 2D b) Modelo 1 de microdispositivo en vista planta	25
Gráfico 5.- Simulación de recorrido de líquido dentro del canal.....	26
Gráfico 6.- Diagrama de fabricación de chip.....	29
Gráfico7.- Evaluación 1 de prototipo con tintas, A) Anilina de color rojo, B) Anilina color azul.....	31
Gráfico 8.- Evaluación 1 del prototipo con tinta azul, A) Prueba de tinta azul, B) Extracción de tinta azul por medio de una jeringa.....	31
Gráfico 9.- Evaluación 2 del prototipo con tinta roja	32
Gráfico10.- Evaluación 3 del prototipo con mezcla de tintas azul y roja	32
Gráfico 11.- Evaluación 4 de contaminantes con mica de hidrogel	33
Gráfico 12.- Líquidos contaminados A) Aceite de maquinaria, B) Aguas estancadas, C) Aguas del Río Puyo	35
Gráfico 13.- A) Ubicación del líquido en el dispositivo, B) Análisis de líquido, C) Limpieza del dispositivo.....	35
Gráfico 14.- A) Extracción de líquido, B) Uso del dispositivo, C) Análisis de líquido ..	35
Gráfico 15.- Líquidos contaminantes en aceites.....	36
Gráfico 16.- Análisis de chip con líquidos contaminantes	36
Gráfico 17.- Análisis de chip con líquidos contaminantes	37
Gráfico 18.- Papel tornasol medidor de pH.....	37
Gráfico 19.- Nivel de pH de agua potable Puyo	38
Gráfico 20.- Nivel de pH de aguas estancadas	38
Gráfico 21.- Nivel de pH de aguas del Río Puyo.....	39
Gráfico 22.- Variación de niveles de pH en muestras de agua	39
Gráfico 23.- Funcionamiento de imán en microdispositivo.....	40
Gráfico 24.- Partículas y granos de metal en el microdispositivo	40
Gráfico 25.- Conteo de partículas metálicas en 100nm (Nanómetros).....	41
Gráfico 26.- Tamaño de partículas en muestra de líquido contaminante en partes por millon.....	41
Gráfico 27.- Diagrama de procesos de caracterización	42
Gráfico 28.- Modelo de práctica, análisis de contaminantes en líquidos.....	43
Gráfico 29.- Diagrama de proceso de evaluación.....	44

Gráfico 30.- Diagrama de Procesos	45
Gráfico 31.- Planos de primera visión	45
Gráfico 32.- Prototipo 2.....	46
Gráfico 33.- Plano de prototipo 2	46
Gráfico 34.- Versión final de prototipo	47
Gráfico 35.- A) Dispositivos fabricados, B) Aguja, C) Ubicación mica de hidrogel D) Cámara de presión, E) Anilina color rojo y azul para pruebas	47
Gráfico 36.- Agregación de tubos en las entradas de los canales	48

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1.- Modelo de Chip.....	3
Imagen 2.- Proceso de análisis en chip	5
Imagen 3.- Electroválvula en análisis de residuos	6
Imagen 4.- Chip microfluidico	7
Imagen 5.- Causas de derrames de Hidrocarburos	13
Imagen 6.- Planos del laboratorio de ciencias básicas	14
Imagen 7.- a) Gradiente de la temperatura de Ciudad de Ambato b) Variable de temperatura en el Oriente (Puyo).....	17
Imagen 8.- Modelos de chips para análisis de líquidos.....	21
Imagen 9.- Diseño final 2D de microdispositivo	22
Imagen 10.- Representación de tipos de flujos. a) F. Laminar b) F. Turbulento	25
Imagen 12.- Impresión de microdispositivo por fresadora.....	28
Imagen 14.- Cámara de entrada de líquidos contaminantes	30
Imagen 15.- Anilina de color azul y rojo para evaluación de microdispositivos	30

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1: Microdispositivos de evaluaciones	58
Anexo 2: Anilina de color azul y rojo para evaluación de microdispositivos	58
Anexo 3: Cámara de entrada de líquidos contaminantes.....	58
Anexo 4: Lavado y limpieza de excedentes del microdispositivo.....	59
Anexo 5: Secado del microdispositivo por presión de aire	59
Anexo 6: Inicio del funcionamiento del dispositivo.....	59
Anexo 8: Final de evaluación con líquidos de colores azul y rojo	60
Anexo 9: Elementos líquidos contaminantes reales a evaluar	61
Anexo 10: Recolección de muestras en jeringas de 4ml.....	61
Anexo 11: Diseño final 2D de microdispositivo	61
Anexo 12: Diseño final 3D del microdispositivo	62
Anexo 13: Banco de trabajo	62
Anexo 14: Cámara microscópica.....	62
Anexo 15: Funcionamiento de cámara microscópica.....	63
Anexo 16: Análisis de elementos contaminantes con uso de cámara microscópica.....	63
Anexo 18: Área de trabajo con líquidos contaminantes	64

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MICRODISPOSITIVO PARA
DETECCIÓN DE ELEMENTOS CONTAMINANTES EN LÍQUIDOS”

AUTOR: Barroso García Santiago Joel

TUTOR: PhD. Escudero Villa Pedro Fernando

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de Titulación tiene como objetivo realizar una implementación de un microdispositivo para detección de elementos contaminantes en líquidos, en donde se podrá dar soluciones de maneras más rápidas a la mayoría de los laboratorios encargados de este tipo de dispositivos de detectores de contaminantes en líquidos. Este tipo de dispositivos y tecnología que se está implementando no viene a ser nueva ya que se encuentra en distintos dispositivos pero con otros propósitos en las industrias locales e utilizadas de forma frecuente a un costo de valor accesible, este tipo de equipos a desarrollar tiene una alta adquisición y no se puede obtener de manera que sea fácil por lo tanto este trabajo se encargara también de poder facilitar la obtención de este tipo de microdispositivos y de la misma forma una práctica muy fácil al momento de emplearlo,

1) El diseño de este tipo de microdispositivos se dio mediante el uso del software SolidWorks 2019, **2)** Se realizó la simulación del comportamiento de los líquidos contaminantes en los canales del dispositivo con el uso del Software, **3)** Se fabricaron 2 modelos (prototipos) de procedencia de un material aislador y conveniente para este tipo de microdispositivos (Acrílico) en 2 tipos de maquinarias por Láser y fresadora de laboratorio de ciencias, y **4)** Se tomará la caracterización de los microdispositivos en sus diferentes modelos usando tintas de distintos colores y líquidos de diferentes contaminantes. Los resultados que se han obtenido nos permitieron evaluar la funcionalidad de los microdispositivos, así como una futura mejora a estos mismos. Con estos microdispositivos que se desarrollaron se ha podido comprobar la posibilidad de

disponer de sistemas de análisis de líquidos ya evaluados y funcionales y de bajos costos utilizando equipos de fabricación en el área local.

KEYWORDS: Microdispositivos, SolidWorks, Simulación, Prototipos, Fresado.

(FIRMA Y SELLO DEPARTAMENTO DE IDIOMAS)

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

THEME: “IMPLEMENTATION OF A MICRODEVICE FOR THE
DETECTION OF CONTAMINANTS IN LIQUIDS”

AUTHOR: Barroso García Santiago Joel

TUTOR: PhD. Escudero Villa Pedro Fernando

ABSTRACT

This research aims to implement a microdevice for the detection of contaminants in liquids, where it will be possible to provide solutions in a faster way to most of the laboratories in charge of this type of device for detecting contaminants in liquids. This type of devices and technology that is being implemented is not new since it is found in different devices but with other purposes in local industries and used frequently at an affordable cost, this type of equipment to be developed has a high acquisition and can not be obtained in a way that is easy so this work will also be responsible for facilitating the procurement of this type of microdevices and in the same way a very easy practice at the time of use, 1) The design of this type of microdevices was done by using the SolidWorks 2019 software, 2) The simulation of the behavior of the contaminant liquids in the channels of the device was done with the use of the Software, 3) 2 models (prototypes) were manufactured from an insulating material suitable for this type of microdevices (Acrylic) in 2 types of machines by Laser and milling machine of science laboratory, and 4) the characterization of the microdevices in their different models was taken using different color inks and liquids of different contaminants. The results obtained allowed us to evaluate the functionality of the microdevices, as well as a future improvement of the microdevices. With these microdevices that were developed, it has been possible to purchase the possibility of having already evaluated and functional liquid analysis systems at low cost using locally manufactured equipment.

KEYWORDS: Microdevices, SolidWorks, Simulation, Prototypes, Milling.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La sociedad humana ha utilizado los ríos, las aguas subterráneas y los humedales para diversas actividades, como el desarrollo urbano, la agricultura, la industria, etc. Sin embargo, al utilizar este recurso, no tomaron en cuenta el valor de los ecosistemas acuáticos, lo que ha creado una serie de problemas ambientales como la contaminación del agua, la reducción de la escurrentía de referencia, la pérdida de biodiversidad (Jacobsen 1998, Baron et al. 2002), entre otros. Por ello, la degradación de los recursos pesqueros ha sido un tema de preocupación humana en las últimas décadas (Toro et al. 2003).

A pesar de que la contaminación del agua es intrínsecamente un problema biológico, la evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente mediante el uso de análisis químicos y bacteriológicos, que revelan debilidades en la detección de cambios en las condiciones naturales de los cuerpos de agua. en el caso de perturbaciones de origen difuso (Zúñiga de Cardoso 2001, Segnini 2003).

En los últimos años se ha fomentado el uso del monitoreo biológico (biológico), como alternativa o adicional a las pruebas químicas. La teoría de la vigilancia biológica es el uso sistemático de organismos vivos con requerimientos específicos, en el que se tienen en cuenta sus respuestas naturales y su reactividad a las perturbaciones, para determinar la calidad del ecosistema acuático, tanto en términos de sus características abióticas en relación con el organismo. (Byl et al. 1994, Merrit y Cummings 1996, Day 2000, Segnini 2003, Jones et al. 2004).

Según Edgar E González la contaminación de los cuerpos de agua naturales es un problema potencial que se presenta principalmente en países con bajo nivel de desarrollo tecnológico, donde la inversión financiera es limitada, la cultura de disposición de residuos y el reciclaje o reutilización de los desechos humanos es muy limitada. Esto significa que se genera una gran cantidad de residuos domésticos y agroindustriales, la mayoría de los cuales son vertidos directamente a los ecosistemas acuáticos sin tratamiento previo, convirtiendo al agua en un vehículo de transporte de diversos

contaminantes. Además, la creciente escasez de recursos hídricos debido al cambio climático requiere la protección y el control de calidad de las pocas fuentes de agua que quedan.

Un informe como referencia de UNICEF Colombia, luego de analizar

1.008 planes nacionales de desarrollo, 502 ciudades del país no cuentan con plantas de tratamiento de agua potable (PTAP). Como era de esperar, las áreas rurales son las más afectadas (80% y 20% respectivamente) en comparación con las áreas urbanas. En las ciudades con PTAP, el proceso de tratamiento no siempre es efectivo, en contra de la sexta meta de la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030 de las Naciones Unidas, que prevé "garantizar el acceso al agua y su gestión y el desarrollo sostenibles para todos".

Chip microfluidico en cáncer de mama

En otros campos, los chips de microfluidos también se utilizaron como detectores de cáncer de mama de la misma manera que se crearon y fabricaron dispositivos 3D utilizando fotolitografía flexible y cortadores láser. El rendimiento del sistema y la matriz magnética se evaluó utilizando células Jurkat y células de cáncer de mama que expresan diferencialmente los marcadores de superficie CD45 y EpCAM. Los anticuerpos contra los marcadores se unieron a perlas magnéticas. Además, se utilizaron nanopartículas de hierro para evaluar su confinamiento.

Además, desarrollamos un segundo dispositivo impreso en 3D utilizando ácido poliláctico (PLA). Esto se probó al mismo tiempo que el primer ejemplo de aluminio. Es esencial comentar que los dos proporcionaron resultados similares y no hicieron ninguna diferencia en los experimentos que se describen más adelante.

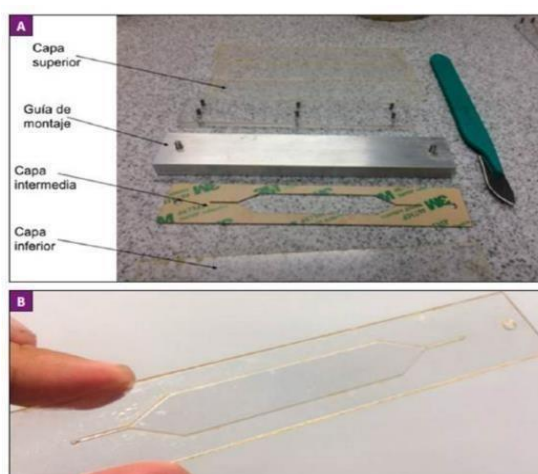


Imagen 1.- Modelo de Chip

Fuente: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php>.

Para evaluar el rendimiento del dispositivo, se analizó su capacidad para bloquear partículas magnéticas en un canal de flujo laminar y células sanguíneas cultivadas y separadas por nanopartículas. Para confirmar esto, usamos líneas de células cancerosas marcadas con anticuerpos magnéticos y determinamos mediante microscopía si estaban atrapadas en regiones específicas.

Un ejemplo de estos chips y su fabricación que nos da (Universidad de Miami; 2016) nos dice que se ha realizado un prototipo en SolidWorks se elaboró utilizando cinta 3M con una cortadora láser (Láser Trotec) ubicada en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC). Los bloques magnéticos estaban equipados con imanes de neodimio en una configuración diseñada por los autores, que fue analizada mediante simulaciones por computadora para encontrar los puntos necesarios donde el campo magnético alcanzaría la mayor fuerza.

En este prototipo se realizaron pruebas de sangre, se extrajeron pruebas de 10ml lo mismo que Para verificar la posición adecuada del canal y el flujo laminar de fluido óptimo, se utilizó una bomba de microfluidos para bombear agua con infusión de colorante (verde) a través del canal. Junto con 5 ml/h, se bombean 20 ml de líquido con una densidad de 1100 g/ml (densidad de la sangre de 1053 a 1060 g/ml).

Como resultado final para evaluar el rendimiento del dispositivo, se analizó su capacidad para bloquear partículas magnéticas en un canal de flujo laminar y células sanguíneas cultivadas y separadas por nanopartículas. Para confirmar esto, usamos líneas de células cancerosas marcadas con anticuerpos magnéticos y determinamos mediante microscopía si estaban atrapadas en regiones específicas.

Antecedente

El agua es importante en todos los puntos de nuestras propias vidas, para beber, cultivar alimentos y operar fábricas. Sin embargo, gracias a la introducción y propagación de agentes infecciosos y patologías parasitarias, puede ser causa de un mayor peligro de infecciones respiratorias, patologías cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón. La exposición a corto y largo plazo a los contaminantes del viento está asociada con efectos adversos para la salud.

Fuente de peligro para la salud y el medio ambiente. En este sentido, los contaminantes más comunes en el agua son productos químicos (pesticidas, fenoles, metales pesados) y

bacterias. Según la Agencia de Defensa Ambiental de EE. UU., existen 6 categorías de contaminación del agua potable: microorganismos, desinfectantes, subproductos del saneamiento, productos químicos inorgánicos, productos químicos orgánicos y sustancias radiactivas. En esta sección se describe el control de los valores límite, como el pH, el potencial redox, el fluoruro y el cloruro en el agua mediante ISE.

Análisis por flujo segmentado

En 1957, Skeggs introdujo el concepto de métodos analíticos automatizados asociándolo con el concepto de sustitución de una operación estática o una medida, medida manualmente operando y midiendo de forma continua o secuencial. Por lo tanto, implantó La primera técnica de análisis de flujo se denominó análisis de flujo (SFA). consta de una bomba peristáltica y un conjunto de tubos de plástico (llamados colectores en terminología anglosajona) se utiliza para dirigir el líquido hacia el detector (Fig. 1.3-1). Para asegurar la homogeneidad de la inyección, no hay riesgo contaminación cruzada entre muestras, se generan burbujas de aire, evita la dispersión de la muestra y facilita la miscibilidad con reactivos fraccionarios entre dos burbujas. Se agregan fracciones de agua para eliminar los desechos de la muestra unido a la pared de la tubería.

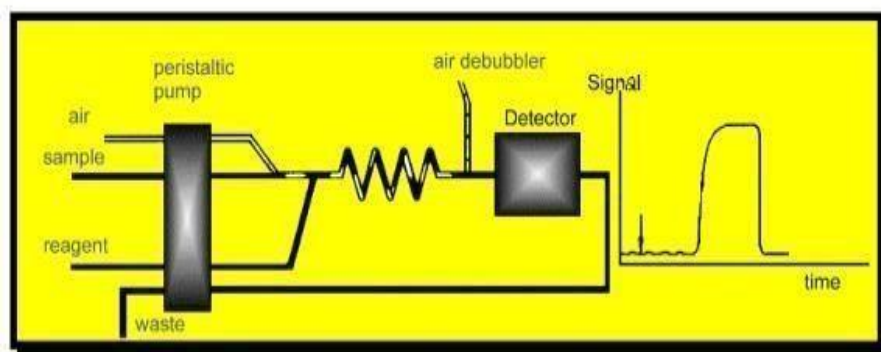


Imagen 2.- Proceso de análisis en chip

Fuente: Cerdá, V. (2006). Diagrama de introducción a análisis de flujo.

Análisis por inyección de flujo

En 1975, J. Ruzicka y E.H Hansen propusieron un estudio por técnica de inyección (FIA) [3] en el que los elementos básicos son básicamente los mismos que en SFA, pero el modo de flujo es multicapa, lo que reduce el peligro de mezcla. muestras de diferentes volúmenes agregando un cierto volumen de muestra a la corriente de líquido portador a través de la válvula de inyección. A mediados de la década de 1980, se amplió el alcance de los procedimientos de la FIA WORD realiza determinaciones simultáneas y preconcentradas en configuraciones cada vez más difíciles, pero de manera más eficiente

y con alta probabilidad de automatización [4]. Esta técnica es muy utilizada para la exploración de agua, en 1987 Luque de Castro et al [5] realizaron una determinación simultánea de pH, alcalinidad y concentración total de iones en agua potable. El pH se midió con un electrodo de pH combinado. introducido en la corriente portadora. La alcalinidad y los iones totales quedan determinados por el rango de transporte.

Análisis de flujo multiconmutado

B.F.Reis [6] introduce el uso de electroválvulas de conmutación de tres vías rápido (Figura 1.3-2). Cada válvula opera independientemente y actúa como un interruptor controlado por computadora. Consta de dos estados ON y OFF, en los que dos estados de sus tres puertos están permanentemente conectados. El análisis se realiza conmutando las electroválvulas simultánea o secuencialmente para insertar muestras y/o secciones de reactivos fusionando regiones o muestreo binario, respectivamente.



Imagen 3.- Electroválvula en análisis de residuos

Fuente: Imagen válvulas solenoides/Recuperado de <https://www.sciware-sl.com/suport/figures#Cat1.22>.

Chips

Un chip es un dispositivo de flujo monolítico que incluye una variedad de funciones en un tamaño limitado, como mezcladores, reactores y termostatos.

Esta técnica fue introducida por V. Cerdà [18] para la miniaturización de MSFIA (Multi-syringe Flow Injection Analysis) [19], [20]. La unión de chips miniaturizados tiene muchas ventajas, como la medición y la mezcla de cada resolución, la sincronización estrecha de los datos de lectura y la defensa de la mezcla de actitud contra la contaminación externa. En la figura 1.3-4 se

muestra un esquema del chip utilizado para los estudios cinéticos. en la imagen



Imagen 4.- Chip microfluidico

Fuente: Cerdá, V. (2006). Diagrama de introducción a un análisis de flujo.

El diseño del chip (Figura 3) está compuesto por dos canales de entrada, en 1 mm, el conducto de mono está conectado a la parte inferior del detector que sale a través del conducto de desechos. Otro aspecto importante de considerar está diseñado por las celdas donde el electrodo se coloca dentro del chip. Primero, se perforó un orificio con un diámetro interior de 12 mm para el electrodo plano. Una membrana de silicio con un canal en el medio también está integrada en la placa superior del chip en la parte inferior de estos electrodos para evitar el estancamiento de líquido en esta cavidad, el diseño se muestra en la Fig.

En los últimos años, el chip se ha combinado con la detección espectrofotométrica [21] y la detección espectrofluorimétrica [22] debido a su compacidad, la colocación rígida constante del canal de procesamiento de muestras, lo que garantiza la reproducibilidad de la operación microfluídica y la compatibilidad con otros instrumentos.

Justificación

Los sistemas de inspección son, sin duda, una de las áreas de investigación y desarrollo con gran **importancia** en la actualidad. Aunque son dispositivos de larga duración (termómetros, electrodos de pH, (conductímetros), ofrecen un grado importante de simplificación del proceso analítico, lo que requiere la miniaturización del dispositivo y su automatización. La tecnología de flujo utiliza un instrumento de laboratorio común conectado a una celda de flujo como detector. Sin embargo, se ha desarrollado un número creciente de detectores específicamente para estas técnicas, que van desde detectores muy simples para aplicaciones cotidianas hasta detectores muy complejos para investigación.

Los métodos electroquímicos **ofrecen** algunos aspectos muy interesantes a considerar por los químicos analíticos:

- Los instrumentos y sus costes de mantenimiento suelen ser mucho más bajos que sus competidores ópticos. - Algunos elementos con un impacto especial en el medio ambiente pueden determinarse fácilmente electroquímicamente, por ejemplo: cianuro, nitrato, plomo, cobre, cadmio.
- Muchos compuestos orgánicos como grupos aromáticos, aminoácidos, fármacos, entre otros; es más fácil de determinar por métodos electroquímicos, especialmente si se quiere evitar la separación manual o cromatografía previa.

En consecuencia, es muy **rentable** realizar esta implementación de microchips que brindaran la solución al problema de costos y mantenimiento en sus fuentes de agua con lo que resalta la facilidad de uso y el mismo valor de análisis.

La UTI con la ayuda de este trabajo de tesis se verá ayudada y muy **beneficiada** con esta implementación de dispositivos detectores de contaminación en sus elementos compuestos por agua o líquidos de manera directa con lo que todos los quienes laboran en la Universidad Indoamérica tendrán mayor seguridad se usó en sus laboratorios de ciencias, entre otras áreas de trabajo.

Por la misma razón en la que si se **utiliza** estas formas en la que en el campo de la agricultura de forma fácil se puede evaluar las condiciones de las fuentes hídricas de un campo agrícola en cualquier parte del Ecuador dando como resultado el beneficio a quien lo use.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Implementar un microdispositivo para detección de elementos contaminantes en líquidos.

Objetivo Específico

- Diseñar un microdispositivo para detección en líquidos utilizando herramientas CAD.

- Fabricar el microdispositivo utilizando herramientas CAM y materiales poliméricos.
- Caracterizar el microdispositivo utilizando líquidos de distinta densidad y características ópticas.
- Evaluar el microdispositivo con muestras reales de distintas fuentes hídricas.

CAPITULO II

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

Hidrología

Con este análisis nosotros mismos investigamos el comportamiento del agua en un área. Estas estimaciones se realizan en hidrología mediante cálculos que integran límites como la precipitación estimada, la escorrentía y los perfiles topográficos de los lotes para facilitar la recopilación de datos de Pastaza en el pueblo de Puyo.

La Provincia de Pastaza cuenta con un extenso sistema de agua que consta de una sola fuente o cuenca grande, como el río Bobonaza, que desemboca en el río Pastaza en la región Perú, y otros cuerpos de agua más pequeños que tienen grandes curvas debido a la topografía. porque están cambiando constantemente de altitud, lo que cambia su velocidad y rumbo.

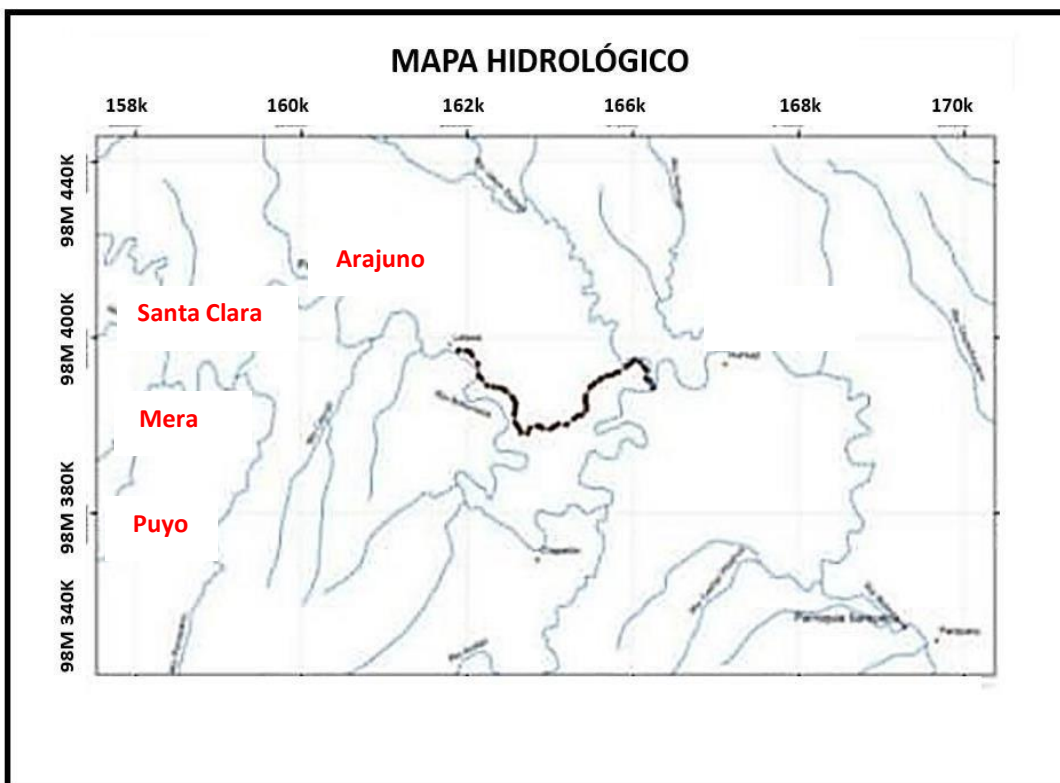


Gráfico 1.- Hidrografía Provincia de Pastaza (En color rojo las ciudades cercanas a los ríos)
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Contaminantes

Más de la mitad de los líquidos se encontraron en las redes públicas, incluso después del embotellado. Cerca del 20,7% de los tipos de fluidos vitales que se consumen en el Ecuador están contaminados con heces. Así lo refleja la primera encuesta sobre agua, saneamiento e higiene realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Ecuador. La agencia consultó a 16.722 personas y 4.442 hogares en todo el país para preparar el informe. Los entrevistadores tienen la tarea de visitar cada hogar, tomar muestras de agua e insertar reactivos para detectar E. coli. Mostró que el 15,4 por ciento de las muestras líquidas en las zonas urbanas contenían bacterias que se encuentran en las heces humanas y animales que causan problemas como la diarrea, mientras que en las zonas rurales el porcentaje llegó al 31,8 por ciento, según el estudio. , en el que también participaron UNICEF y el Banco Mundial, más de la mitad del agua contaminada pertenece a la red pública de abastecimiento de agua (55,1%). El agua embotellada o envasada ocupó el segundo lugar (17,8%). Para el director ejecutivo del INEC, David Vere, es una herramienta que se utilizará para hacer cumplir la política pública y mejor controlada por las empresas encargadas de prestar el servicio. Jorge Valles, Representante Adjunto de UNICEF en Ecuador, mencionó que la disponibilidad y calidad de agua y saneamiento son factores importantes para enfrentar la desnutrición crónica infantil y así mejorar la calidad de vida de las familias.

Tabla 1.- Cuadro de contaminantes generales en Ecuador

Tipo de contaminantes	Impacto
Elemento de traza	Salud, biota acuática, toxicidad
Metales pesados	Salud, biota acuática, toxicidad
Metales enlazados orgánicamente	Transporte de metales
Radionúclidos	Toxicidad
Contaminantes inorgánicos	Toxicidad, biótica acuática
Asbesto	Salud humana
Nutrientes de algas	Eutrofización
Sustancias que dan acidez	Calidad del agua
Contaminantes orgánicos traza	Toxicidad
Medicamentos, anticonceptivos	Calidad del agua, vida acuática
Bifenilos policlorados	Posibles efectos biológicos
Plaguicidas	Toxicidad, biota acuática, fauna
Residuos de petróleo	Efectos de la fauna, contaminación visual
Alcantarillados, residuos humanos	Calidad del agua, niveles de oxígeno
Materiales orgánicos bioquímicos	Calidad del agua, niveles de oxígeno
Patógenos	Efectos en la salud
Detergentes	Eutrofización, fauna, contaminación visual
Compuestos carcinogénicos químicos	Incidencia de cáncer

Sedimentos	Calidad del agua, vida acuática, fauna
Sustancias que dan sabor u olores	Calidad del agua, vida acuática, cont. visual

Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Ecuador ha registrado cerca de 900 derrames de petróleo entre 2015 y 2021. Algunos ni siquiera eran noticia. La historia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP), de propiedad privada, que inició operaciones en 2003, y del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE), de propiedad estatal, que abrió sus puertas en 1972, está plagada de fallas en los oleoductos.

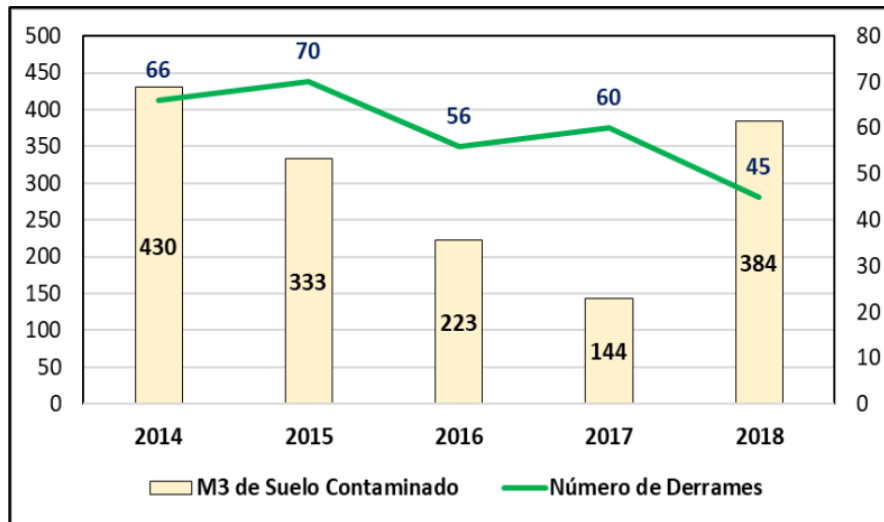


Gráfico 2.- Volumen de suelos contaminados por petróleo

Fuente: Revista Politécnica (2023).

Los hidrocarburos son considerados contaminantes persistentes debido a sus propiedades de biodegradación volátil, bioacumulación en el medio ambiente y efectos adversos para la salud cuando se exponen a ellos (Rodríguez, 2017). Los biomas fijos, como las criaturas que no pueden moverse por sí mismas, son vulnerables a los golpes. El comportamiento y las condiciones inseguras en los buques tanque son factores críticos en los derrames y marejadas de petróleo.

Se requieren cálculos de dispersión natural para evaluar la vida útil de la descarga. La tasa de dispersión depende de los límites ambientales, como las condiciones del océano y los límites del petróleo (espesor, densidad, tensión superficial, viscosidad, etc.). Las emulsiones contribuyen en gran medida a la retención de manchas, principalmente porque su viscosidad y espesor aumentan significativamente con el aumento del contenido de agua. (Aguilar Llamas, 2016).

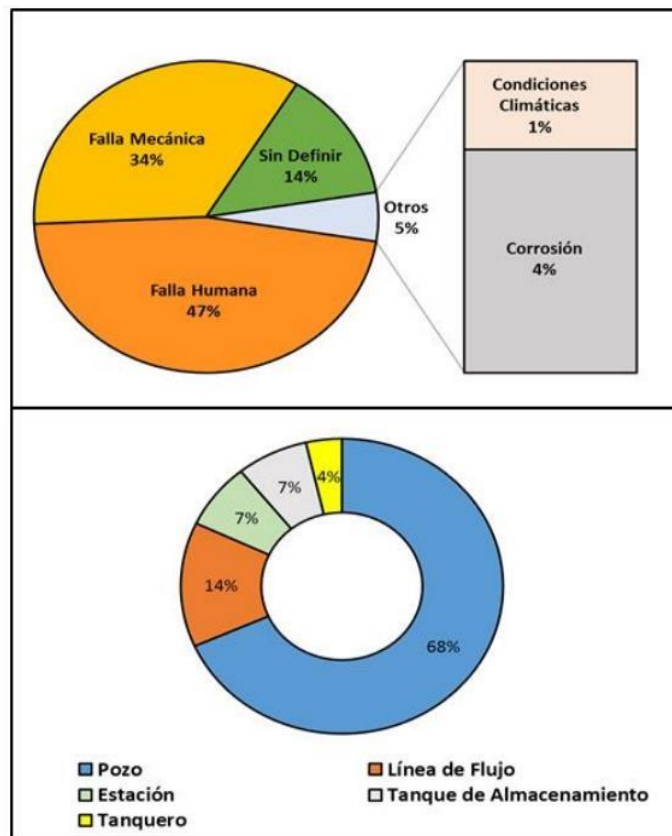


Imagen 5.- Causas de derrames de Hidrocarburos

Fuente: García López (2006).

Consecuencias

En el caso de Quito, las autoridades confirmaron que el líquido entregado a domicilio era potable, pero el gastroenterólogo Luis Basante Flores dijo que no era así. Por esta razón, los expertos recomiendan hervir el agua antes de beberla para matar las bacterias que pueden causar infecciones intestinales temporales como vómitos, dolor abdominal y diarrea. Basante dijo que la bacteria podría tener mayores consecuencias para las personas cuyo sistema inmunitario está debilitado, como las que tienen sida o diabetes avanzada.

Los laboratorios de la Universidad Indoamérica ubicada en la ciudad de Ambato se encuentra disponibles para el área de ciencias en el cual año tras año va siendo portador de equipos de alta gama tecnológica con la finalidad de brindar facilidad en el trabajo manual y técnico para sus diferentes facultades la cual dispone, mismo laboratorio que pertenece a la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y la Comunicación. Los laboratorios se encuentran bajo la supervisión de un técnico previamente designado a cargo de su mantenimiento junto a la ayuda técnica y acompañamiento a los estudiantes con sus guías o fichas de distintas prácticas experimentales.

Datos de laboratorio:

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad existen un sin número de formas en la cual se puede detectar con facilidad contaminantes en zonas hídricas o líquidos residuales en el país, el mismo que toma una gran cantidad de tiempo poder dar a conocer su contaminación y son dispositivos lavables y no desechables por lo que si tiempo de uso y muy prolongado.

Se ha propuesto implementar microchips con el propósito que sean capaces de realizar este mismo trabajo en la detección de contaminantes en líquidos y que a su vez sean desechables con el fin de reducir el tiempo de trabajo, pero sin dejar atrás el mismo nivel de resultado

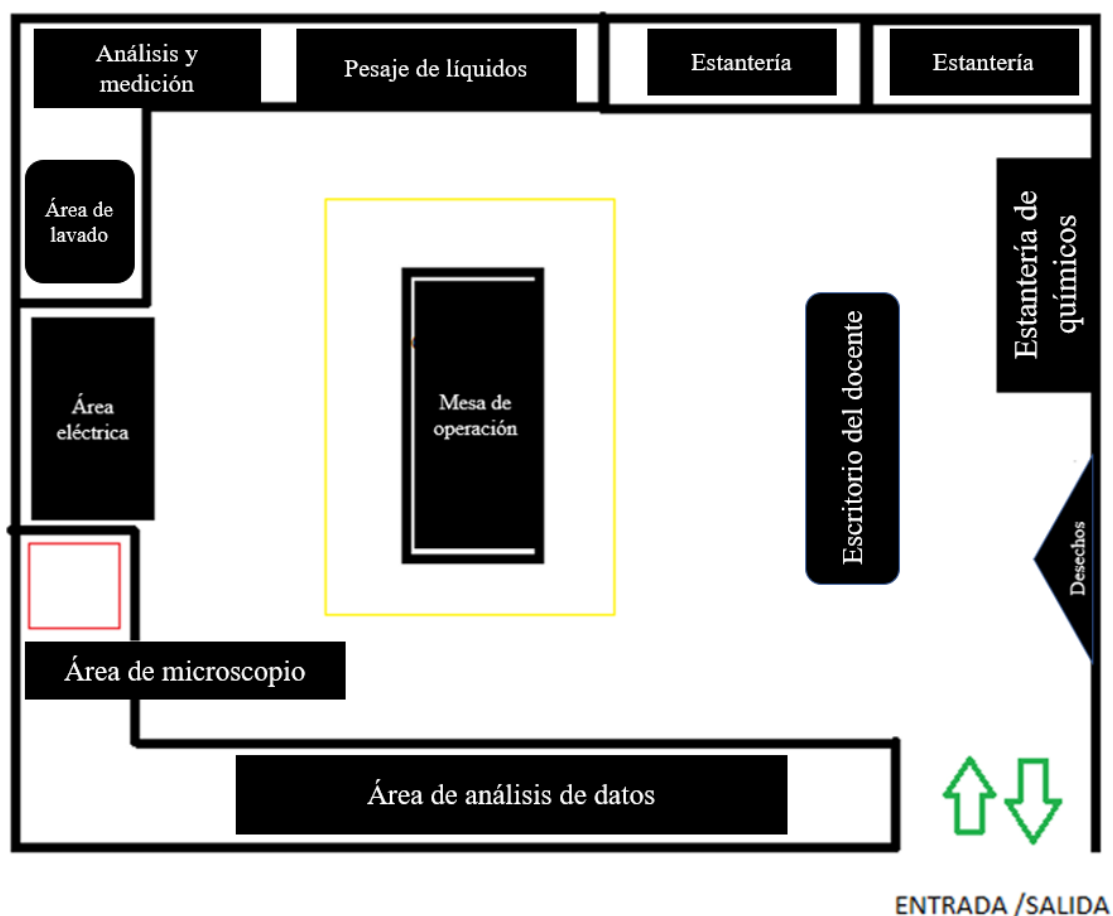


Imagen 6.- Planos del laboratorio de ciencias básicas.

Fuente: Barroso, Joel (2023).

Según un estudio realizados demuestran que se han realizado análisis de los contaminantes de agua en la provincia de Pastaza con cuatro efectos principales: minería, áreas urbanas, piscicultura y rellenos sanitarios. (Galarza, 2020)

En un estudio titulado: Uso de múltiples evidencias para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos amazónicos: El caso de las estribaciones nororientales de los Andes

En Ecuador, la calidad de la cuenca andino-amazónica en Ecuador se ve afectada por la extracción de oro (GM), las emisiones de las redes de alcantarillado ineficientes en las zonas urbanas (UA), la piscicultura de los vertederos que no funcionan (LF), las aguas residuales (FF). y varias otras amenazas (FT). Los instrumentos o líneas de prueba (LOE) utilizados fueron: calidad del agua (WQI), índice de macroinvertebrados (AAMBI) y pruebas de fitotoxicidad. El Índice de calidad del agua (WQI) utiliza límites físicos, químicos y microbiológicos para evaluar la calidad general del agua en un ecosistema. La prueba de fitotoxicidad de *Latuca sativa* L. evalúa la toxicidad potencial de muestras en ecosistemas de agua dulce, y el índice de macroinvertebrados acuáticos evalúa la calidad del agua en función de la presencia de taxones susceptibles o tolerantes. Emilija Galarza explica: “Todas estas herramientas, combinadas de manera integrada, nos permiten evaluar el alcance de la influencia de varios contaminantes en el agua dulce”.

Por su parte, Mariana Caparelli, docente y autora de los artículos en *Ikiam*, dijo: “La docente y un grupo de estudiantes evaluaron varias amenazas y varios focos de contaminación en las provincias de Tena y Napo. Hemos desarrollado algunas herramientas que se pueden usar para el monitoreo continuo a medida que aumenta la contaminación, por ejemplo, debido a la minería”.

Con respecto a algunos de los hallazgos, Emily comentó: "La publicación mostró una disminución del 30-53 % en la calidad ambiental en los sitios afectados en comparación con los sitios de control, y la ausencia de macroinvertebrados en el sitio de la mina puede ser una advertencia temprana de problemas a largo plazo por sus “efectos de actividad.”

(Lara, 2022) nos dice se cubren varios problemas ambientales en Ecuador, incluida la contaminación del aire, la contaminación del suelo y el agua, y las crecientes preocupaciones sobre el cambio climático. Hoy, el debate ya no se centra en la diferencia entre países desarrollados y en vías de desarrollo, de hecho, existe un amplio acuerdo en que todos los países deben ayudar a reducir las emisiones, aunque no necesariamente por igual. En América Latina y el Caribe, las emisiones de gases de efecto invernadero representaron el 9% de las emisiones globales en 2011. Cabe señalar que, según el quinto informe del IPCC, entre las consecuencias está la posibilidad de aumento del nivel del mar (65 o 75cm) para el año 2100, así como las reducciones en el caudal de los ríos y la contaminación, como la deforestación, están transformando los ecosistemas originales en sistemas menos diversos con una biomasa mucho menor y haciéndolos menos estables. Indirectamente, la salud humana también sufre olas de calor extremo o enfermedades

transmitidas por vectores, y los efectos de estas enfermedades son cada vez más frecuentes. Por lo tanto, este análisis destaca los problemas de la realidad del país y las posibles soluciones para un futuro cada vez más preocupante.

En la ciudad del Puyo y sus fuentes hídricas se encuentra rodeado de diversos contaminantes por medio de sus alrededores como industriales los mismo que se encuentran los productos derivados del petróleo, los pesticidas, el radón, el asbesto, los metales pesados, el arseniato de cobre y la creosota antes mencionados son contaminantes comunes del suelo, en su mayoría de origen humano, a menudo como desechos de la industrialización y la agricultura. La cantidad y el área de contaminación determina cómo se produce este proceso nocivo en el suelo y cómo se propaga. Por ejemplo, algunos contaminantes en la arena se transportan más fácilmente a la capa freática que en la arcilla, por otro lado, la arcilla de grano fino o la materia orgánica en la capa superior del suelo pueden atrapar contaminantes, lo que lleva a la acumulación y toxicidad.

En un contexto nacional, el desarrollo descontrolado de la industria petrolera ha tenido impactos sanitarios, sociales y ambientales durante los últimos 40 años (Juteau-Martineau, 2014). En Ecuador, la deforestación se aceleró significativamente durante el "boom petrolero" (1972-1982). No solo por actividades directas que incluyen la extracción de recursos, sino también por actividades indirectas como la construcción de caminos y la expansión territorial provocada por el crecimiento poblacional en estas áreas (Fontaine, 2004). Desde el inicio de la campaña petrolera, se han talado aproximadamente más de 1 millón de hectáreas de bosque y se han derramado accidentalmente 400.000 barriles de crudo en agua y suelo. (Giordano, 2002)

Práctica acorde a la temperatura (Ambato)

A medida que se va realizando las distintas practicas con los microchips en la detección de líquidos se pueden notar ciertas variables como la temperatura de ciudades y climas diferentes con lo que se ha tornado diferentes dificultades en el uso del chip.

Anteriormente se trabajó con el material en la ciudad de Ambato con muestras de agua previamente manipuladas con el fin de ver cómo trabaja los chips a cierta densidad del agua.

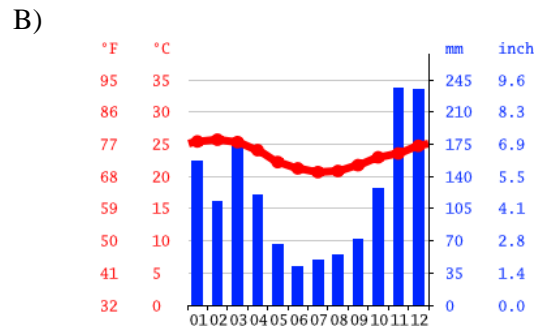
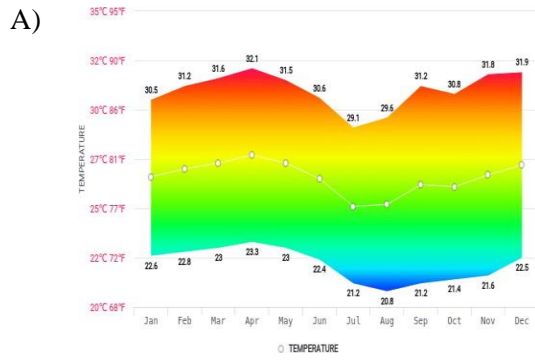


Imagen 7.- a) Gradiente de la temperatura de Ciudad de Ambato b) Variable de temperatura en el Oriente (Puyo)

Fuente: a) <http://hikersbay.com/> (2022) b) <https://es.climate-data.org> (2022).

Modelo Operativo

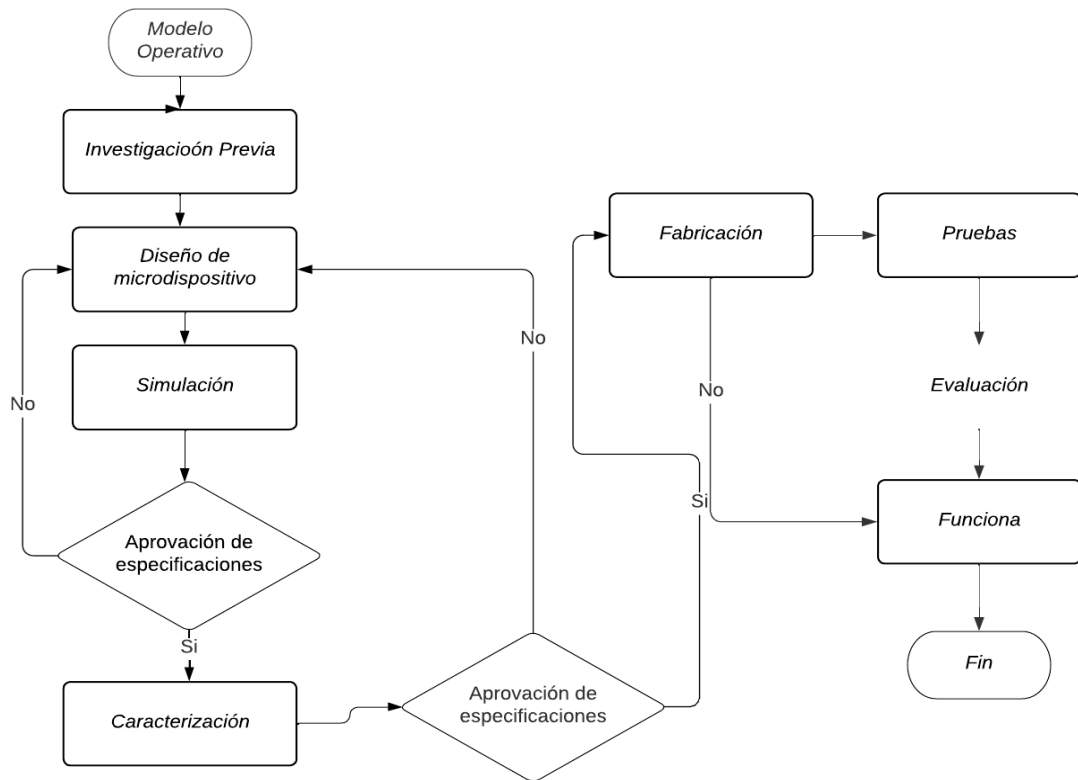


Gráfico 3.- Diagrama de Modelo Operativo
Elaborado por: Barroso, Joel (2023)

DESARROLLO DE MODELO OPERATIVO

Investigación Previa

Mediante distintas fuentes bibliográficas se realizó un estudio minucioso respecto a los sistemas de microfluidica en artículos científicos, repositorios universitarios entre otros, en los cuales dan a conocer que no existen muchos estudios de referentes a este tema en el país. Se busco distintas formas de poder realizar estos sistemas de microfluidica tanto diseño como materiales los cuales no hace referencia a polímeros (acrílico) o a su vez con material de vidrio, cartón, papel entre otros.

Diseño de Microdispositivo

Para las pruebas de simulación de sistemas microfluídicos se desarrolló utilizando el software SolidWorks, que nos permite diseñar prototipos CAD 3D en la computadora para modelar las piezas y utilizar el software ANSYS para simular su funcionamiento con márgenes reducidos errores en la implementación de mezcladores microfluídicos.

Simulación

Con el software SolidWorks 2018, simula el comportamiento de un fluido en una geometría de canal diseñada que proporciona diferentes presiones. Consigue la velocidad que necesitas los líquidos utilizados en las pruebas (agua y aceite biodegradable) se pueden combinar suavemente para producir gotas.

Aprobación de especificaciones

En este punto resalta que las características que se pide para el chip de microfluido se cumpla acorde al diseño para que no exista errores en su fabricación ni en los campos anteriores a este, posterior a estos realizar las respectivas pruebas y una fabricación exitosa.

Caracterización

Se describe el proceso de diseño y fabricación en cuanto a los materiales, herramientas y equipos necesarios para obtener el dispositivo fabricado, así como se revisan las referencias, parámetros y propiedades físicas requeridas para el diseño del canal. Los ingredientes químicos mínimos necesarios para mezclar y crear gotas en nuestro dispositivo.

Fabricación

El prototipo se fabricará por medio de la tecnología CAM las mismas que mediante el software SolidWorks se diseñará y evidenciará el prototipo de análisis de microfluidos, y mediante la herramienta de fresadora y una máquina de corte a laser se empezará a fabricarla.

Pruebas

Después de fabricar el dispositivo, se realizaron pruebas de unión entre dos láminas acrílicas de la misma manera que se utilizó un molde hecho de PDMS para unirlo al vidrio. Las pruebas de rendimiento utilizaron líquidos de diferentes densidades, como agua mezclada con tinta y aceites biodegradables.

Evaluación

Una vez que se tiene el microdispositivo se pone en práctica con el líquido a analizar por lo que se tiene que cubrir con la lámina de hidrogel para cerrar los canales y se hará la introducción del líquido con por medio de los canales, una vez que el líquido realiza su recorrido en el canal de hace la evaluación de elementos contaminantes por medio de uso del microscopio y diagnosticamos los elementos que se encuentran allí y en cantidad los encontramos.

Funciona

Realizando el análisis y encontrando residuos de contaminantes en los dispositivos detectores de contaminantes, se observa el análisis que el microscopio y como resultado nos dará que el microchip si logra obtener residuos de elementos contaminantes con lo que se puede deducir que la practica en este dispositivo fue realizada con éxito, posterior a ello de dan los resultados y se prepara el dispositivo para una nueva práctica.

CAPITULO III

PROPUESTA

Descripción de la propuesta

Durante varios años, los problemas de gestión del agua se limitaron a la gestión de embalses, canales de riego, drenaje, cursos de agua, sistemas de agua potable y sistemas de alcantarillado. En otras palabras, se enfocan en proporcionar agua para diferentes ocupaciones y el porcentaje de agua que se puede proporcionar a un equipo particular de personas o una ocupación en particular. Pagué mucho dinero para hacerlo. Especialmente para aguas residuales de ocupaciones industriales, domésticas y agrícolas.

El agua está contaminada y se han formado algunos ríos, el agua fluye por sus cauces, pero el agua no se puede utilizar para riego, ganado o generación de electricidad. Esto conduce a una escasez de agua, reducida no por su cantidad, sino por su calidad. Esto tiene implicaciones para la gestión de los recursos hídricos. Esto se debe a que la escasez de agua en zonas bajas aumenta la presión sobre Palamós y los ecosistemas de altura para proporcionar agua de alta calidad a sus habitantes.

Disponemos de datos actualizados sobre la contaminación del agua en el Ecuador. Como tal, el debate sobre la contaminación del agua está más inspirado en anécdotas, percepciones o narrativas que en datos reales. Debido a los esfuerzos dedicados de universidades, cuerpos de agua y organizaciones no gubernamentales, hay pocos datos que muestren niveles elevados de contaminación orgánica asociados con coliformes fecales y sedimentos de áreas deforestadas.

Se propone utilizar chips junto a método para su respectiva caracterización de elementos contaminantes de fuentes de agua en la Provincia de Pastaza, la misma que consiste en unidades de flujo monolíticas que integran diversas funciones como mezclas confluentes, bobinas de reacción y termostatos en un tamaño reducido, reduciendo así el tamaño del analizador sin perder su precisión. La necesidad de ahorrar tiempo y reactivos para los análisis en sí y el desarrollo de la química verde justifica los avances en la automatización, que hoy en día se alimentan de diversos avances tecnológicos.

Por otra parte, Ramírez habla sobre el conocimiento sobre la calidad del agua es fundamental para su disposición, tratamiento y gestión. La Organización Mundial de la

Salud (OMS) ha desarrollado pautas para la calidad del agua potable como un punto de referencia internacional para determinar los estándares y la seguridad del agua. Para el análisis de laboratorio, estos parámetros de calidad son muy detallados, pero los métodos reglamentarios suelen ser tediosos. Por ello, el proyecto pretende ofrecer una alternativa a los métodos tradicionales de análisis de laboratorio. Para ello, diseñamos y construimos un sistema microfluídico (chip) conectado a un sistema multibomba que puede medir pH, cloruro, fluoruro y potencial redox en muestras de agua mediante lecturas potenciométricas. (Ramírez, 2021)



Imagen 8.- Modelos de chips para análisis de líquidos

Fuente: <https://cicese.repositorioinstitucional.mx>.

Según Crison en el año 2004 nos dice que normalmente se espera en centros agrícolas que exista una calidad de tierra y fuentes de agua de alta calidad con el fin de obtener calidad y no solo hablando en el campo de la agricultura sino también Las aplicaciones prácticas de la microfluídico y la microfluídica van desde versiones simplificadas de pruebas médicas hasta proyectos de investigación avanzados. Como verá en la gama de aplicaciones a continuación, la microfluídica están ayudando a dar forma al futuro, y el futuro es realmente emocionante.

Los científicos tienen más control sobre los microfluidos, especialmente cuando hablamos de cómo se mezclan e interactúan los fluidos. Tienen la capacidad de dispersar líquidos poco a poco, haciéndolos fluir en paralelo o rompiéndolos en diminutas gotitas de tamaño microscópico. Los científicos e ingenieros también pueden usar cargas eléctricas y bombas de jeringa, e incluso bombear líquidos acústicamente a través de microcanales.

Estas ventajas de costo y control hacen de la microfluídica un área de creciente interés para los pioneros en farmacología y biotecnología. Los innovadores de microfluidos continúan desarrollando formas más rápidas y económicas de evaluar a los pacientes en busca de virus e identificar sustancias químicas nocivas en el suelo. Además, es posible que día a día las pruebas de cualquier tipo de fluido o contaminante queden obsoletas de formas mucho más sencillas y en menos tiempo, siendo los resultados igual de precisos, y por otro lado, la reducción de costes también. Esto es mucho más barato con esta clase de dispositivos.

DISEÑO

Mediante el uso del software de SolidWorks 2020 a diferencia de trabajar con AutoCAD se rediseño uno modelo con caracteres diferentes al primer prototipo para el mejoramiento del microdispositivo microfluidico el mismo que constara de dos puertos de entrada, una plataforma circular en el centro del microdispositivo con rugosidades con el fin de realizar una evaluación de mejor manera sin problemas una vez que se introduzca el elemento contaminante y al final de esta consta una salida.

Este microdispositivo consta también de un canal de 1mm junto a rugosidades en la base de este.

El presente estudio se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Indoamérica en los laboratorios de FITIC donde se realizaron análisis de la razón del fluido en la parte interna de un microchip de fluidica, se realizaron pruebas respectivas para analizar y caracterizar de mejor manera al material (chip de microfluídica) por lo que se vio que la mejor forma de trabajar con este material es si el flujo dentro del chip se encuentra en Flujo Laminar ya que se tiene en consideración que la velocidad es constante para que genere una muestra clara y no sea vea afecta la parte de la superficie.

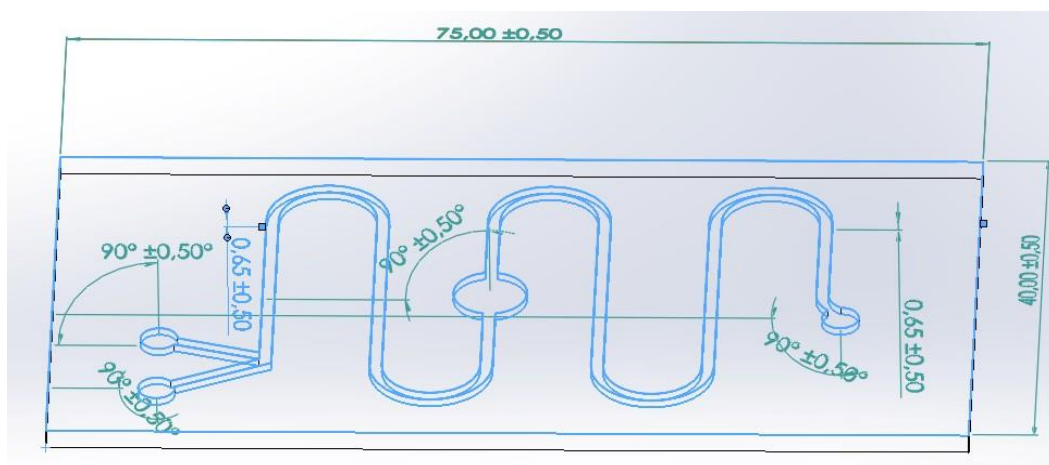


Imagen 9.- Diseño final 2D de microdispositivo

Elaborado por: Barroso, Joel (2023).



El diseño final del dispositivo se lo a diseñado por medio del software SolidWorks en el cual se trabajó con dimensiones en milímetros, consta de un lado de 75mm y un ancho de 40mm posterior a ellos las entradas de los canales tiene una circunferencia de diámetro 6mm, el dispositivo tiene un espesor de 5mm y unos canales de 0.1mm por donde recorrerán los líquidos contaminantes una vez dejando listo el microdispositivo para su evaluación.

Selección de materiales

El acrílico es uno de los materiales plásticos más utilizados porque se utiliza principalmente en: arquitectura, óptica, arquitectura, publicidad, decoración, exposiciones, imprenta, aplicaciones técnicas, artes gráficas y artes plásticas.

Para este tipo de diseños y microdispositivos he tomado en cuenta el siguiente material con el fin de que su fabricación se la realice con este material y sea muy favorable para el uso al que se le dará al microdispositivo.

Tabla 2.- Propiedades del Acrílico

ACRÍLICO (PDMS)		
Propiedades químicas	Propiedades físicas	
<p>Tiene buenas propiedades como aislante y resistencia al paso de corriente y resistencia al agua o alcalinos entre otros</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión de la luz del 92-95%. • Peso: 1.2g/cm³ • No se opaca con el tiempo • Resistente a temperaturas 	
PDMS		
Propiedades		
<p>Material termoplástico con gran estética y alta calidad de uso, transparente y antioxidante fácil en su limpieza, trabajo de alta calidad en estados térmicos.</p>		

Elaborado por: Barroso, Joel (2023)

Este tipo de material es muy fácil de utilizarlo y en la elaboración de este dispositivo es muy conveniente a su vez su costo es muy bajo en el mercado, por la misma razón su fabricación y su costo de material es bastante conveniente a comparación de otros materiales u otras pruebas, también es muy buen material cuando trabaja con el agua, su lavado es realmente fácil por más que se utilice cualquier tipo de líquidos contaminantes solo se necesita agua y jabón para poder limpiar este dispositivo, también es tan transparente a un 97% que es fácil de detectar pequeñas imperfecciones o manchas en el dispositivo.

Actualmente existen 3 tipos: los más comunes son laminares y turbulentos. Pero hay una tercera situación, una transición, que es un clásico juego de suerte y no se puede medir.

Por un lado, el flujo de aire laminar en las salas limpias Ecofred es un elemento esencial para la eliminación efectiva de los contaminantes del aire en las salas blancas, ya que se caracterizan por flujos laminares y de baja velocidad.

El flujo laminar estático ocurre cuando cada pequeño volumen de fluido se detiene para siempre a la misma velocidad en cada punto a lo largo del camino. Es decir, las trayectorias de las partículas en él no cambian. Si hay cambios que interrumpen esto, existe un riesgo significativo de oler el aire contaminado.

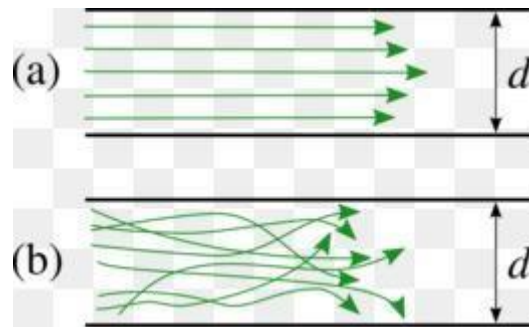


Imagen 10.- Representación de tipos de flujos. a) F. Laminar b) F. Turbulento

Fuente: (Freenpng, 2017).

La interacción entre la pared y el flujo central en el flujo laminar está respaldada por las llamadas líneas de corriente, que representan trayectorias de partículas. La velocidad media del aire debe ser de 0,45 m/s. En un flujo turbulento, por otro lado, las partículas de aire describen una trayectoria arremolinada a alta velocidad.

Diseño de microdispositivo para detección en líquidos

El diseño del dispositivo se es realizado gracias a software AutoCAD con el mismo que se realizó ciertas características diferentes con el motivo de darle un plus a su proceso de prácticas. Las dimensiones del modelo se encuentran por acomodarse, pero la idea de cómo será el chip sus 2 entradas y su 1 salida netamente planificadas buscan como resultado darnos el mejor análisis en lo que refiere a líquidos contaminantes.

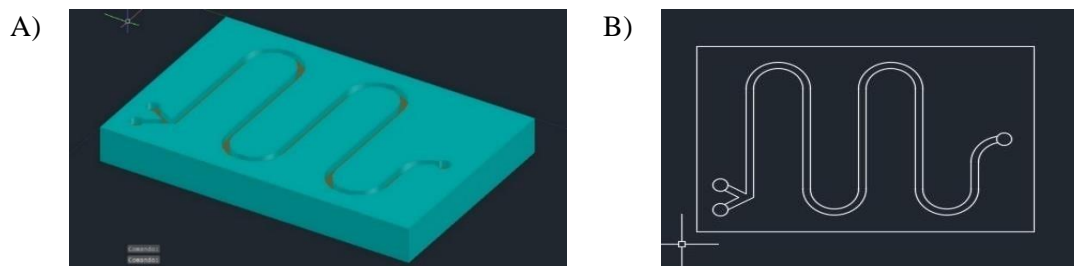


Gráfico 4.- a) Modelo 1 de microdispositivo 2D b) Modelo 1 de microdispositivo en vista planta
Elaborado por: Joel, Barroso (2023).

SIMULACIÓN

Con la ayuda del software SolidWorks 2020 se hizo una simulación con respecto al líquido contaminante fluyendo por los canales en los que se toma en cuenta su presión usada y su velocidad del líquido con lo que no da la facilidad de deducir si no existe algún tipo de problema al momento de poner en práctica el microdispositivo sin ver que este se vea afectado por errores de fabricación al usarlo o por errores al momento de trabajar con el mismo dispositivo.

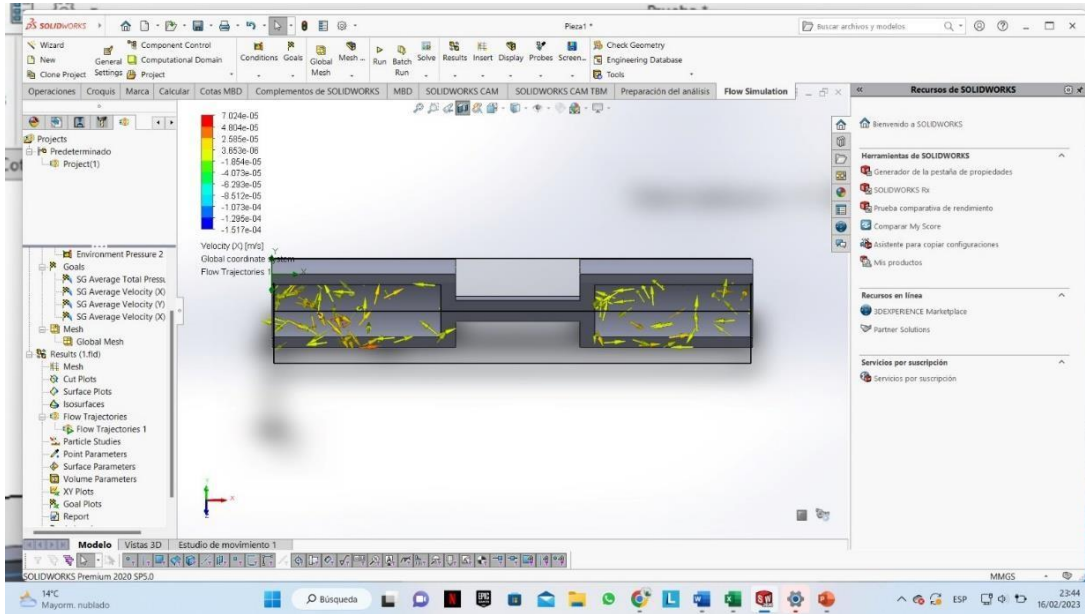


Gráfico 5.- Simulación de recorrido de líquido dentro del canal
Elaborado por: Joel, Barroso (2023).

FABRICACIÓN


En la fabricación de estos dispositivos se hace por prototipado rápido en el cual se tiene dos opciones como el fabricado por Láser o por Fresadora.

Se realizará la fabricación de este microdispositivo por medio de la técnica de laser mismo que nos dan resultados totalmente efectivos en anteriores usos por su rapidez y precisión al momento de la fabricación. El primer modelo que se empleará será fabricado de esta forma y en acrílico transparente como material principal.

Para realizar el procedimiento se necesita un instrumento con las siguientes características:

Características

Tabla 3. Características de un equipo láser

Características del Equipo	Equipo
<p>Potencia de láser: 70 - 80w</p> <p>Tipo de láser: C02</p> <p>Velocidad máxima: 700 mm/seg</p> <p>Software diseño: Adobe ilustrator, Corel DRAW, Inscap.</p>	

Fabricación por láser

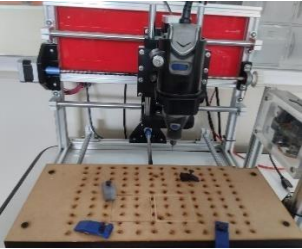


Imagen 11.-Impresión de microdispositivo por láser

Elaborado por: Joel, Barroso (2023).

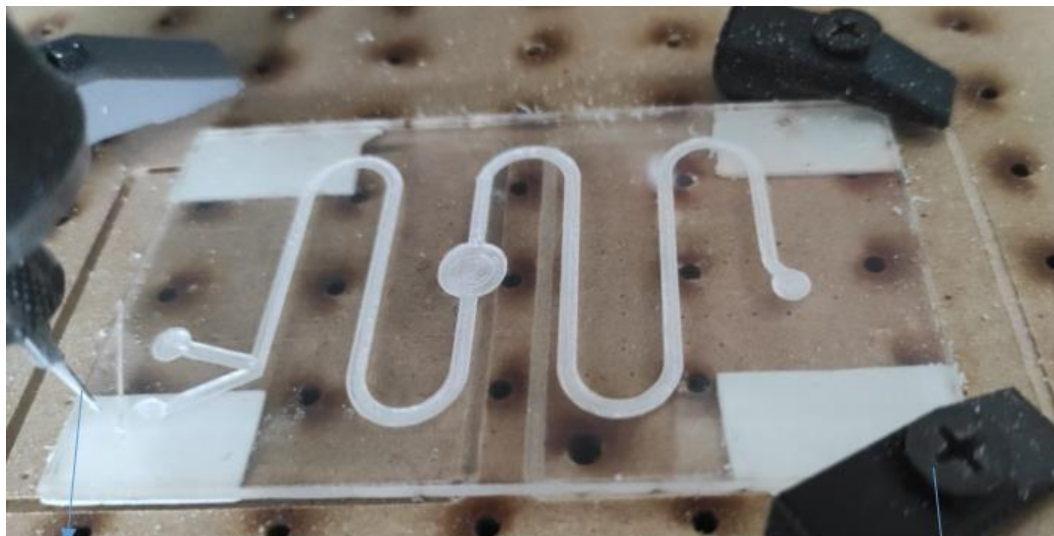
Fabricación por fresadora

Tabla 4. Características de un equipo de impresión por fresadora

Características de mecanizado	Equipo
<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje: 110 V • Velocidad de trabajo: 600 mm/min • Herramientas: fresas de 0.1mm, 0.24mm, 0,6mm. • Tiempo de mecanizado: 1 hora 30 minutos 	 <p>Fresadora (UTI) Laboratorios</p>

Como alternativa a la segunda construcción, existe la construcción con fresado que consiste en una máquina industrial multitarea que consta de un eje horizontal o vertical alrededor del cual gira una herramienta de corte llamada fresa, la máquina tiene una mesa horizontal sobre la cual se posiciona o se agarra la pieza de trabajo. para darle una forma específica, este método es: Consistente cuando se cortan materiales con herramientas rotativas que pueden tener uno o más filos. El corte del material se realiza combinando la rotación de la herramienta con el movimiento de la misma herramienta o de la pieza a trabajar.

Fabricación por fresadora (UTI)



Fresa

Sujetadores de microdispositivo

Imagen 12.- Impresión de microdispositivo por fresadora

Elaborado por: Joel, Barroso (2023).

Diagrama de fabricación

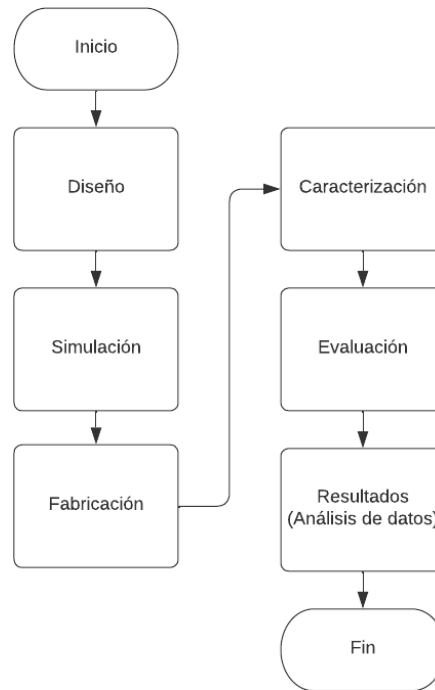


Gráfico 6.- Diagrama de fabricación de chip
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Montaje

El montaje consta de una mica de hidrogel esta es compuestas por resinas con el fin de mantener una protección y una fuerte adherencia a la parte superficial de algún material, a simple vista se puede pensar que es algo simple y o débil, pero en realidad estos cristales se encuentran de forma templada en la mica de hidrogel por lo tanto es fuerte y una adherencia al microdispositivo al momento de proceder a las evaluaciones.

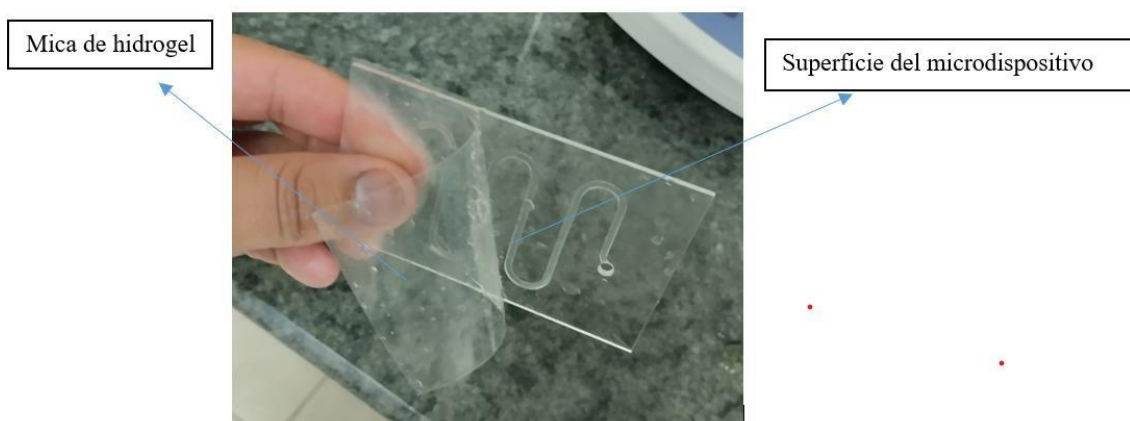


Imagen 13.- Colocación de la mica de hidrogel en el microdispositivo.
Elaborado por: Barroso Joel (2023).

Montaje de puertos

Con la finalidad de trabajar con el dispositivo por medio de presión de líquidos y con la mica de hidrogel pegada al dispositivo se implementó unas salidas de aire para que no existan problemas en la evaluación del dispositivo, una vez que se comienza a introducir el líquido contaminante me percate de que existe posibilidad de introducir aire por medio de las jeringas teniendo la posibilidad de abrir orificios en la mica de hidrogel o llegar a despegarla de la superficie por lo que se tuvo la idea de instalar este dispositivo.

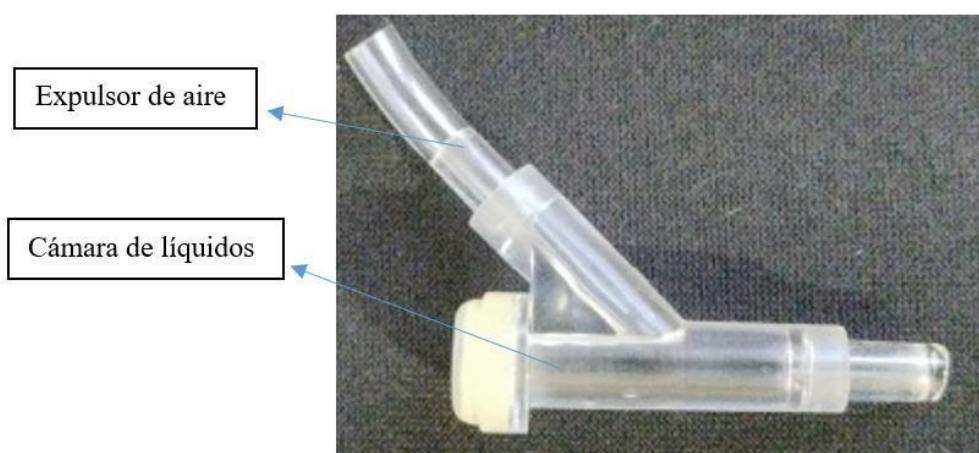


Imagen 14.- Cámara de entrada de líquidos contaminantes

Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN

Se ha usado líquidos de diferentes colores rojo y azul con el fin de demostrar el funcionamiento del dispositivo si se tiene fujas de líquido o errores en su impresión por lo que con agua se mezcló lo que es anilina disolviendo 5gramos de anilina en un total de 50ml de agua se mesclo de igual manera las 2 soluciones y se procedió a ubicar en las jeringas para realizar las muestras.



Imagen 15.- Anilina de color azul y rojo para evaluación de microdispositivos

Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

En las evaluaciones que se detallan a continuación se realizaron con líquidos de agua como pruebas, junto con una mezcla del agua y anilinas de color azul y roja teniendo en cuenta la densidad del agua de $997 \frac{kg}{m^3}$. También se realizaron otras distintas evaluaciones con líquidos de densidades distintas como el agua contaminada de ríos que cruzan por la ciudad teniendo una densidad de $1027 \frac{g}{cm^3}$.

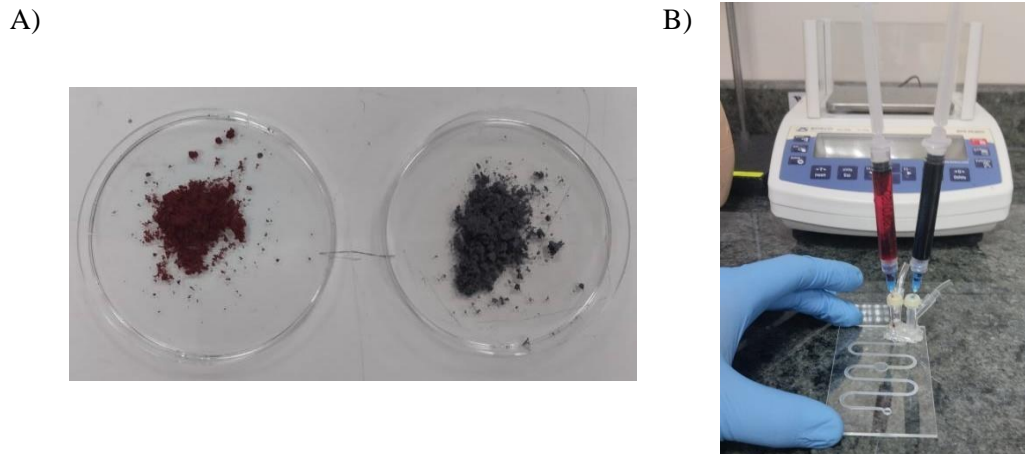


Gráfico 7.- Evaluación 1 de prototipo con tintas, A) Anilina de color rojo, B) Anilina color azul
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Las evaluaciones realizadas, prototipo 1 en el gráfico 19 como se muestra en el gráfico 18 se mecanizaron dos capas de acrílico en la fresadora, se unieron y atornillaron. Después de sellar el dispositivo, comenzamos a mezclar (20 ml) de tinta verde en un recipiente con agua, vertiendo la mezcla en una jeringa (20 ml) para inyectar el líquido a través de la entrada del sistema.

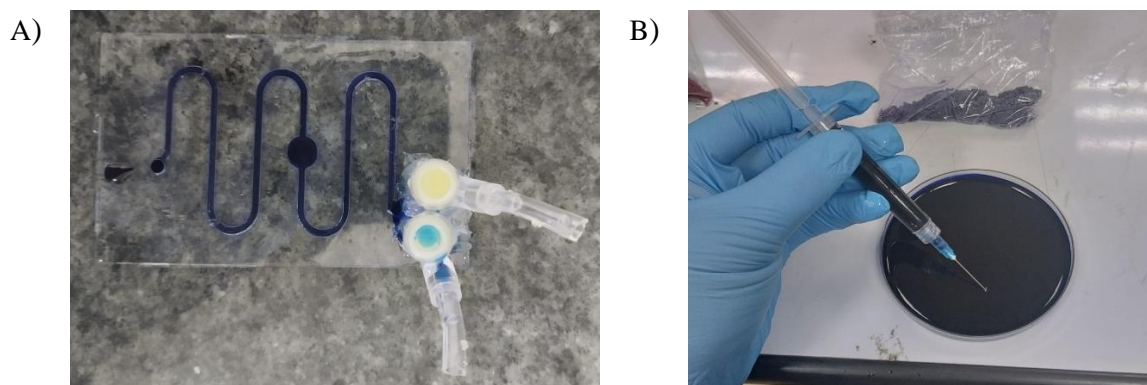


Gráfico 8.- Evaluación 1 del prototipo con tinta azul, A) Prueba de tinta azul, B) Extracción de tinta azul por medio de una jeringa
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

En la segunda prueba se mezclaron en agua con tinta roja de (20 ml) la mezcla y se utilizó el mismo diseño reemplazando una de las bases por mica de vidrio y con cinta adhesiva a la tapa que contenía el motivo para mejorar la adherencia de mejora manera al prototipo hecho con máquina fresadora. A su vez también se agregaron 2 entradas de tubos fijamente ubicados en cada entrada de los canales evitando que se cree un vacío en los canales mejorando la presión en los mismos.

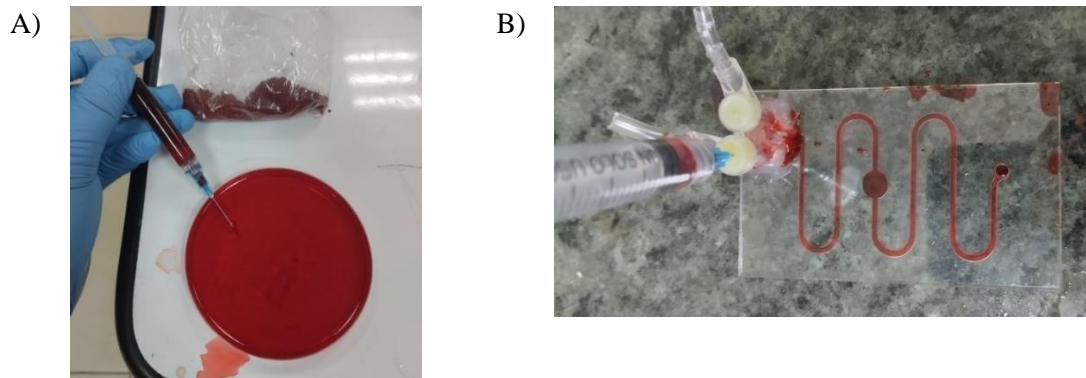


Gráfico 9.- Evaluación 2 del prototipo con tinta roja
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

En esta última evaluación se realizó una mezcla de los 2 tipos de tintas mezclándolas en una cantidad de (20ml) se utilizó el mismo prototipo fabricado por fresado de la misma forma con el uso de una mica de hidrogel y con la tapa que contiene el diseño, dando uso de los tubos de entrada de los canales de vertió el líquido rojo en el tubo (a) a diferencia del líquido azul en la entrada del tubo (b) para ingresar estos líquidos con tinta se utilizó jeringas de 20ml.

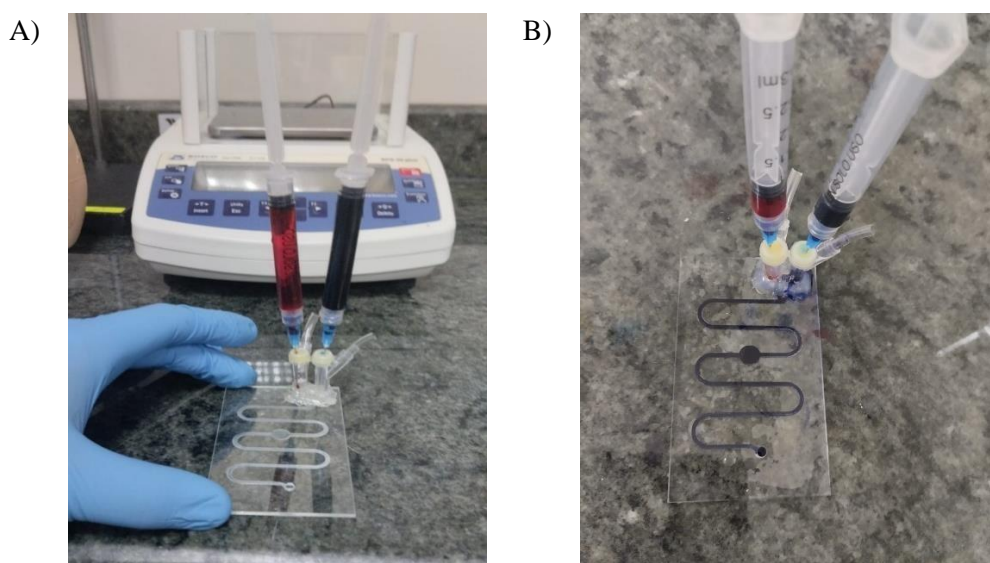


Gráfico 10.- Evaluación 3 del prototipo con mezcla de tintas azul y roja.
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

En las evaluaciones se refleja que la aplicación de micas de hidrogel sobre los canales de los microdispositivos dio buenos resultados teniendo en cuenta que sello los canales de excelente manera y ayudo a la circulación del líquido evitando fugas durante las evaluaciones, por lo tanto, es considerado como eficiente en las evaluaciones de líquidos.

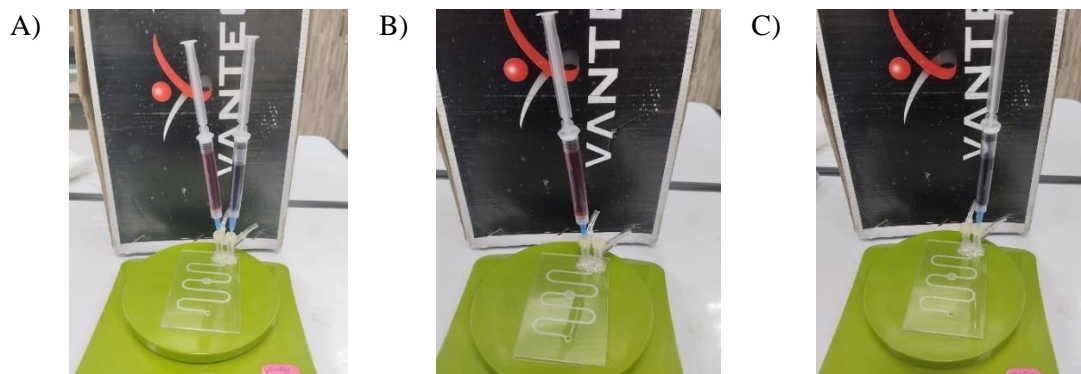


Gráfico 11.- Evaluación 4 de contaminantes con mica de hidrogel
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

La prueba final utilizó mica de hidrogel junto con elementos líquidos contaminantes que tiene una mejor adherencia al acrílico. Su aplicación es más fácil, primero hay que limpiar la base sobre la que se va a colocar la mica, y luego ir pegando poco a poco la mica con un poco de fuerza para que no se formen burbujas de aire que interfieren por completo en la adherencia. Luego de colocada la mica, se realizó una prueba como se muestra en el gráfico 22, donde se aplicó una tinta a base de agua y se pudo apreciar el cambio de color a simple vista. En el gráfico 21, se puede observar la formación del recorrido usando líquidos contaminantes, el número y la longitud de las gotas no se pueden controlar ya que estas pruebas se realizaron en jeringas manuales (20ml) usando presiones aproximadamente diferentes.

EVALUACIÓN

Se ha elaborado un protocolo en el cual muestra detalladamente el uso practico para realizar evaluaciones de líquidos contaminantes con los microdispositivos mismo pasos que se encuentran divididos en 6 partes tal cual lo muestra en la siguiente tabla de uso del microdispositivo.

Tabla 5.- Protocolo de evaluación

N.º	Proceso
1	Una vez que se fabrica el microdispositivo se debe de lavar bien con agua y cepillo con cerdas suaves, posterior a eso por medio de una secadora de forma suave procedemos a secar por completo y dejarlo reportar un tiempo determinado entre 2 a 3 minutos.
2	Se prepara el líquido contaminante que se utilizara teniendo en cuenta el canal que se tiene para que fluya de manera correcta sin forzar presión y asegurarse la cantidad que se necesita para la práctica.
3	Se prepara el microdispositivo cubierto por la plancha de hidrogel y se vierte con una presión constante y ayuda de jeringas para que el líquido fluya en su respectivo recorrido por el canal
4	Con el líquido dentro del microdispositivo se examina con ayuda de un microscopio para verificar y examinar el elemento contaminante al que se quiere encontrar y tomar apuntes de todos los datos que se obtienen.
5	Una vez obtenido los datos se procede a realizar la limpieza del dispositivo, cuidadosamente con una pinza levantar el hidrogel sin generar rupturas o fallas en los canales ni en el microdispositivo
6	Procedemos a limpiar el microdispositivo con agua y cepillo con cerdas suaves cuidadosamente retirando todo tipo de residuos, posterior a eso secamos completamente el dispositivo y ubicamos una nueva capa de hidrogel para su próximo uso.

Elaborado por: Joel Barroso, (2023)

Una vez que se conoce como funciona el protocolo y el funcionamiento del dispositivo se pone en evaluación con muestras reales de contaminantes en líquidos tomadas de distintas fuentes hídricas en la provincia de Pastaza.

Se ha propuesto realizar prácticas reales con contaminantes de distintos tipos de caracterización en los cuales trata de tres líquidos los cuales son:

- Agua de Rio Puyo
- Aguas estancadas
- Aceites

En las evaluaciones con contaminantes reales que se realizara se utilizaran líquidos de distintas densidades con se tiene el aceite con una densidad que se encuentra entre los 0.84 a 0.97(g/ml) dependiendo de su volumen y masa. También se aplicarán líquidos con

menos densidad como aguas estancadas de balnearios o aguas de cursan la cuidad del puyo y otros como aguas que desembocan al rio Pastaza como lo que es el Rio Puyo.



Gráfico 12.- Líquidos contaminados A) Aceite de maquinaria, B) Aguas estancadas, C) Aguas del Río Puyo

Elaborado por: Barroso, Joel (2023)

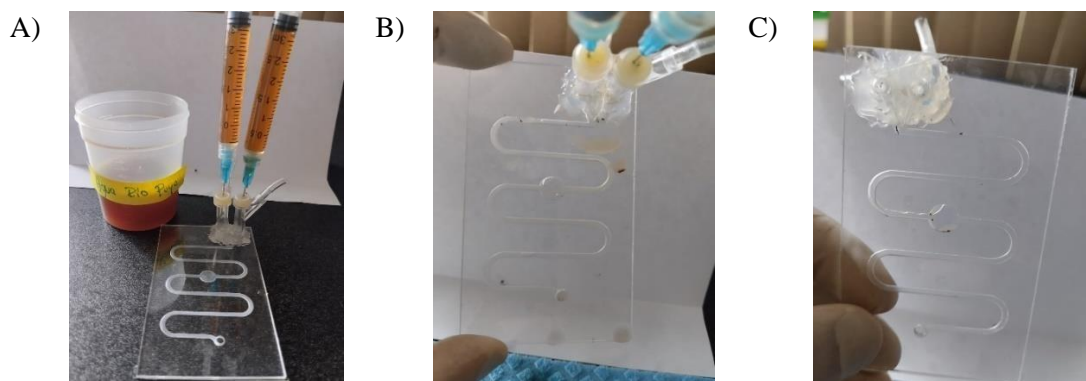


Gráfico 13.- A) Ubicación del líquido en el dispositivo, B) Análisis de líquido, C) Limpieza del dispositivo

Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

En esta primera prueba con agua del Rio Puyo se empleó lo descrito anteriormente en el (Grafico 18) lo cual se aplicó 5 ml de líquido contaminante en cada jeringa, se colocó el líquido dentro del conducto y posterior a ello con una presión constante el líquido recorrido el canal dejando pequeñas partículas de contaminantes en su parte base rugosa del microdispositivo.

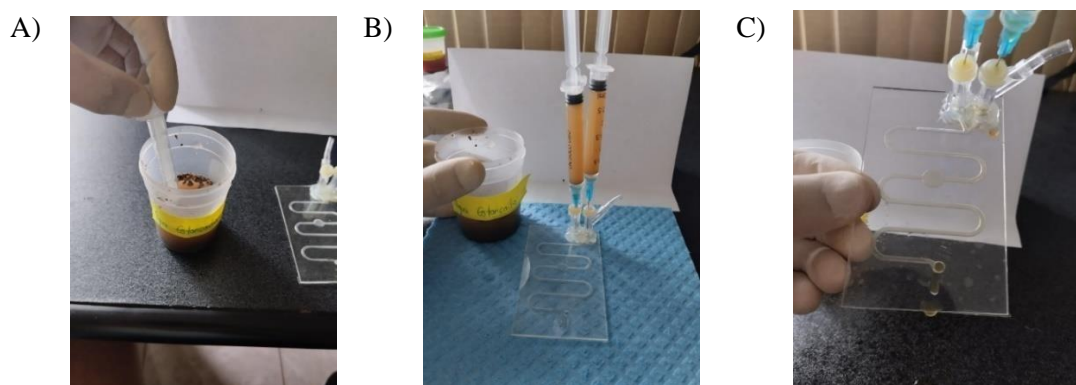


Gráfico 14.- A) Extracción de líquido, B) Uso del dispositivo, C) Análisis de líquido

Fuente: Barroso, Joel (2023).

Como segunda evaluación de contaminantes se trabajó con un total de 50ml de líquido de aguas estancadas con exactitud no se puede decir la densidad de este tipo de líquidos debido al ambiente en el cual se encuentran y la cantidad de caracterizas que manejan, se tiene como referencia el agua una vez en la práctica que coloco un total de 10ml del contaminante en la cámara de entrada de líquidos y se realizó presión constante con el fin de que su recorrido sea sin turbulencias y su asentamiento de contaminantes sea de mayor grado.

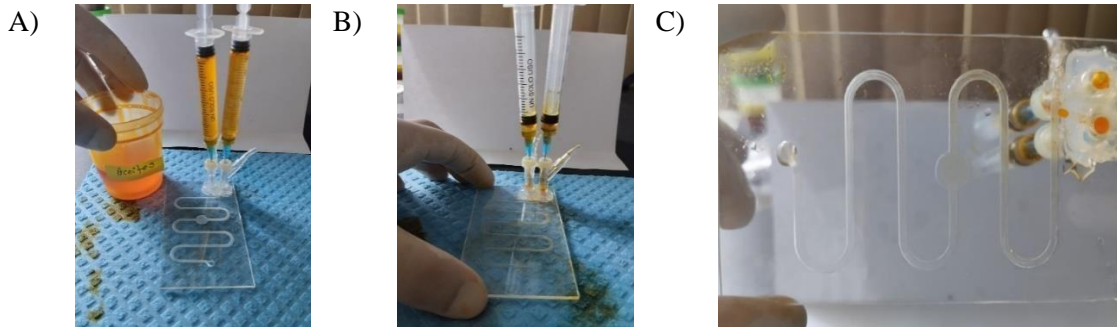


Gráfico 15.- Líquidos contaminantes en aceites
Fuente: Barroso, Joel (2023).

En la aplicación de contaminante en aceites debido a su densidad la cual se trabajó con densidades superiores a la de 0.87g/ml, se colocó un total de 8ml de líquido contaminante en aceite y por medio de una presión constante se introdujo el líquido en el microdispositivo por medio de sus cámaras de entrada y se realizó el análisis de este.



Gráfico 16.- Análisis de chip con líquidos contaminantes
Fuente: Barroso, Joel (2023).

MEDIDAS DE PH

En esta etapa de las evaluaciones de pH de los líquidos contaminantes del cantón Pastaza se usarán tira de papel tornasol el cual es una manera muy rápida y fácil de realizarla, se colocará el papel en el líquido contaminante con lo cual el papel cambiará de color dependiendo de si la sustancia o líquido se encuentra contaminado por sustancias ácidas o básicas.

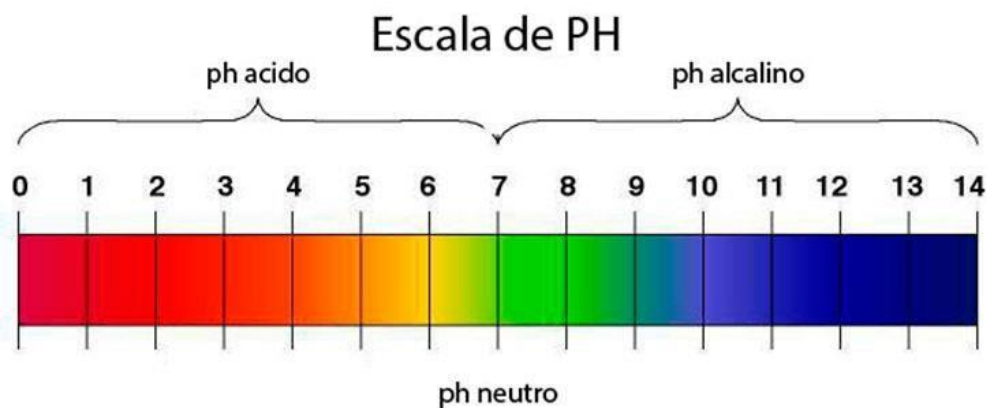


Gráfico 17.- Análisis de chip con líquidos contaminantes
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Una forma de medir qué tan ácida o alcalina es una sustancia o solución. En una escala de 0 a 14, se calcula el pH. En esta escala, una sustancia o solución no es ni ácida ni básica si su pH es 7, que se considera neutro.

Se computaron las mediciones de pH del agua potable, agua estancada y agua del río Puyo para determinar ciertas variaciones de pH dependiendo del clima y las horas en que se transporta el líquido contaminante.



Gráfico 18.- Papel tornasol medidor de pH
Fuente: Barroso, Joel (2023).

Niveles de pH de agua potable Puyo

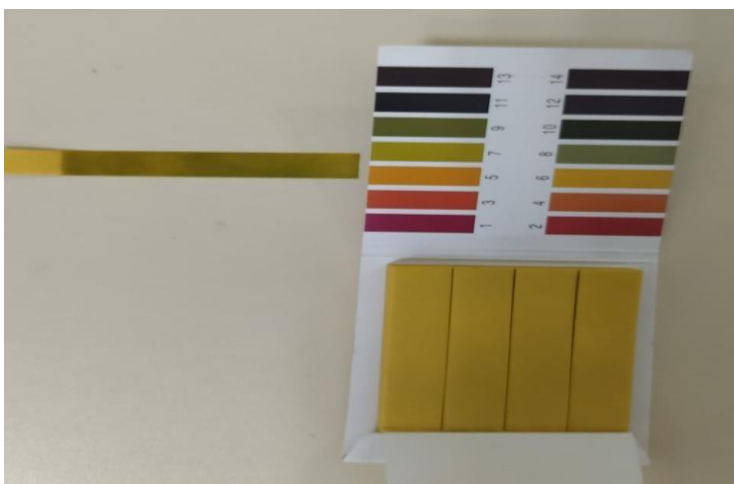


Gráfico 19.- Nivel de pH de agua potable Puyo
Fuente: Barroso, Joel (2023).

Realizando el estudio de pH de agua potable se colocó el papel tornasol en el líquido y se esperó un aproximado de dos minutos con el fin de que el papel tornara color dependiendo de la escala que corresponda por lo que nos dio un nivel de evaluación de 6.5 que se encuentra el agua potable en un nivel neutro totalmente apto para el consumo humano sin indicios de acides ni sustancias alcalinas.

Niveles de pH de aguas estancadas

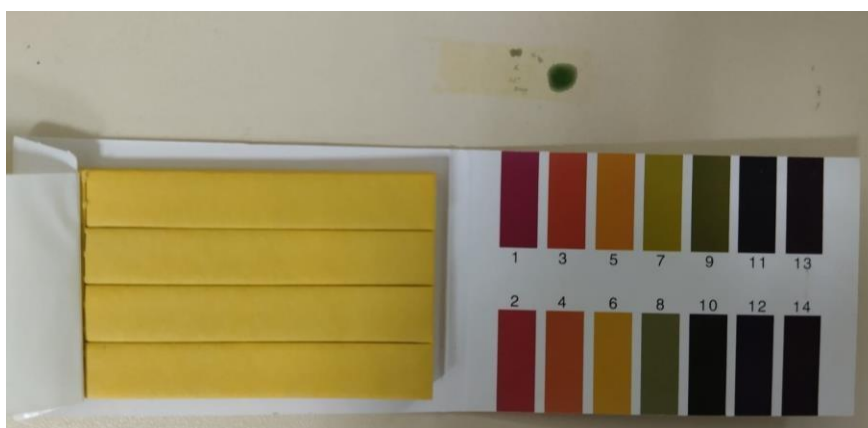


Gráfico 20.- Nivel de pH de aguas estancadas
Fuente: Barroso, Joel (2023).

Colocando el papel tornasol en el líquido contaminante de aguas estancadas nos dio un nivel de pH de 9 por lo cual este se caracteriza por tener cierto porcentaje de alcalinos en su composición y no presentar una normalidad de pH con lo que no es apto para el consumo humano teniendo en cuenta que puede afectar a su salud.

Niveles de pH de aguas del Río Puyo



Gráfico 21.- Nivel de pH de aguas del Río Puyo

Fuente: Barroso, Joel (2023).

En esta parte de evaluación de pH de aguas del Río Puyo se dio como resultado un nivel de pH de 8 en la escala por lo que no es 100 por ciento un agua en estado neutro por lo que tiene ciertos aspectos contaminantes que la hacen ligeramente alcalino sin hacen daños instantáneos a la salud de los seres humanos.

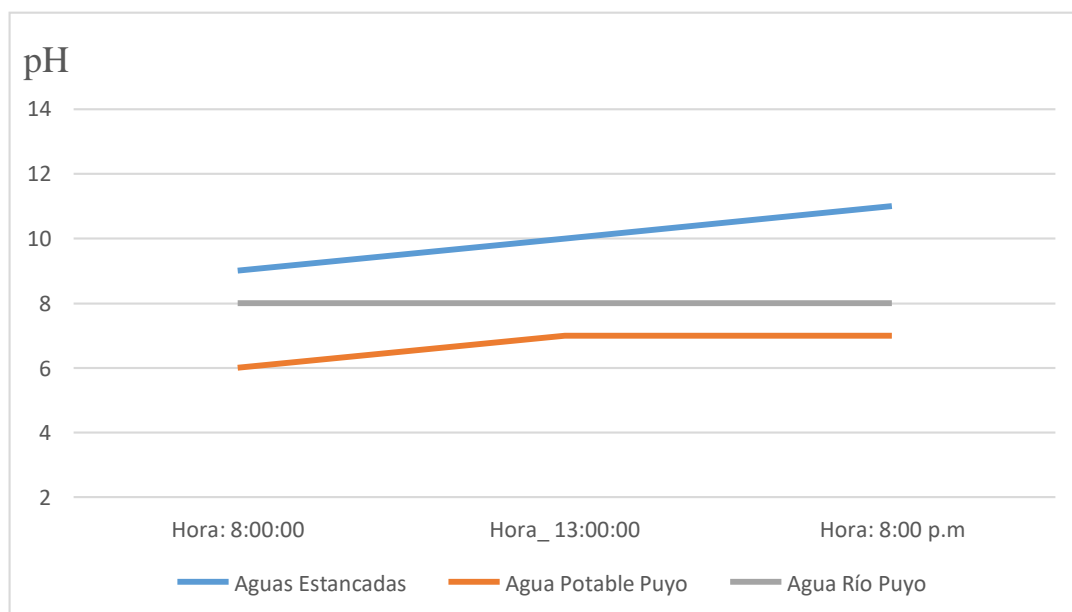


Gráfico 22.- Variación de niveles de pH en muestras de agua.

Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

La variación de pH depende del lugar y de las acciones industriales en las que esta provincia se encuentra como aserraderos o lugares en las que por normativa general se ocupa maquinaria pesada, dando como resultado ligeras contaminaciones a las fuentes hídricas en la provincia de Pastaza, existen lugares en los que el agua no se puede ni usar debido a que su nivel de acides o su nivel de líquidos alcalinos se mezclan con las aguas limpias con la que se usa por forma general en el área de trabajo.

MEDIDAS DE ELEMENTOS METÁLICOS

En la provincia de Pastaza se encuentra rodeada de variedad de industrias en las que usan metales entre otros las aguas y fuentes hídricas se encuentran contaminadas por lo que se ha puesto en la evaluación mediante agua con material metálico con ayuda del microscopio nos ayudara a ver qué tipo de tamaño son los metales que se encuentra.

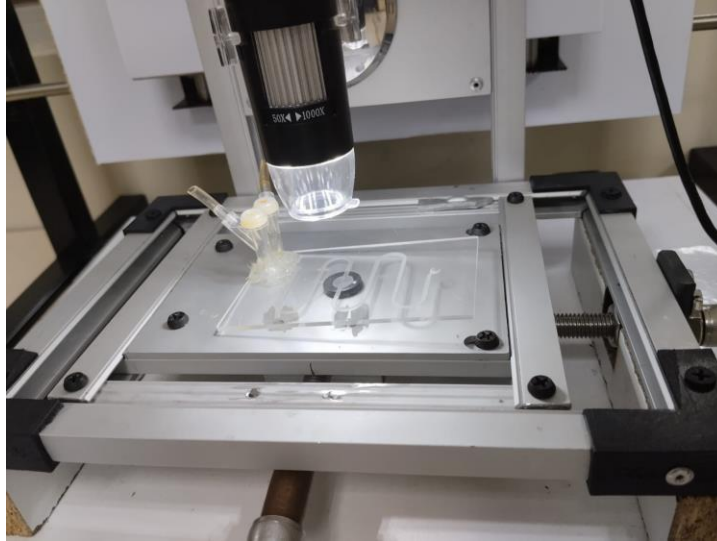


Gráfico 23.- Funcionamiento de imán en microdispositivo
Fuente: Barroso, Joel (2023).

Las regiones cristalinas individuales conocidas como "granos" forman la estructura interna de los metales. La composición de este material (aleación) y el método de formación (por ejemplo, aleación) tienen un impacto en la estructura, el tamaño y la orientación de sus granos. Por ejemplo: forjado, fundido o aditivo). El material fundido se solidifica e interactúa con otros elementos, incluidas las fases y los contaminantes, a medida que forma los granos. Normalmente, la estructura granular se ajusta a la aplicación técnica.

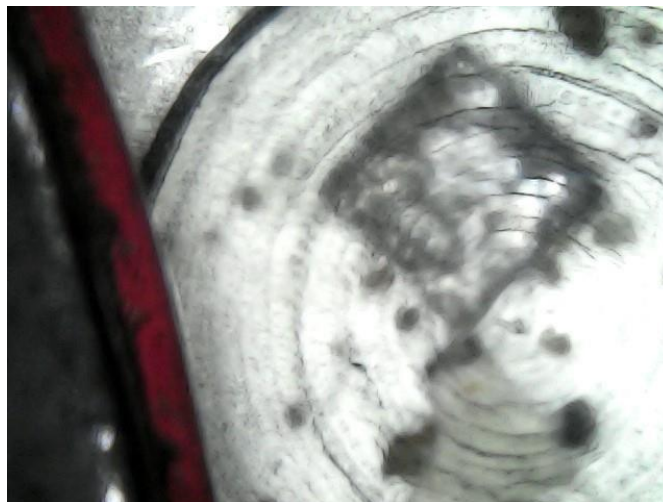


Gráfico 24.- Partículas y granos de metal en el microdispositivo
Fuente: Barroso, Joel (2023).

Se uso un microscopio de 160mm en el cual con ayuda del imán se pudo detectar ciertas partículas metálicas en el microdispositivo, con ayuda de otro imán de mayor magnitud se puedo ayudar de mejor manera a separar las partículas metálicas con el fin de poder tomar en consideración el tamaño en las que se encuentran en el agua.

Conteo de partículas metálicas en líquidos contaminantes

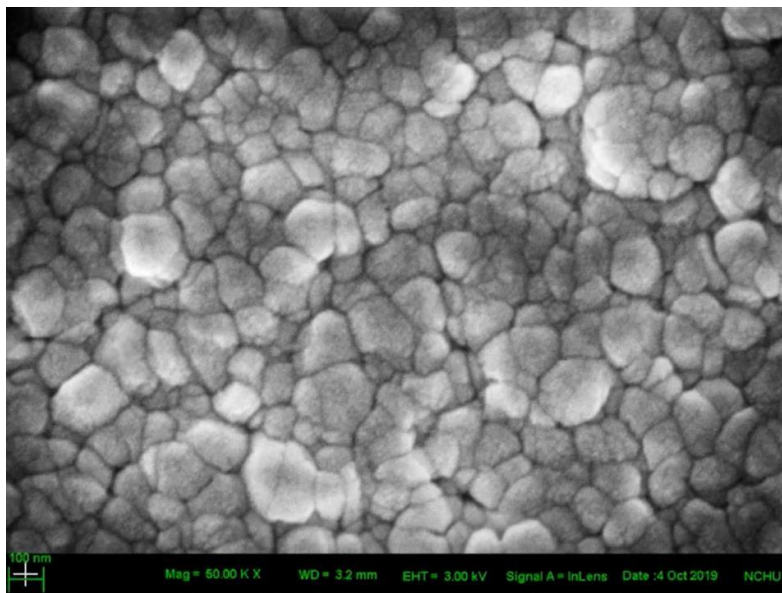


Gráfico 25.- Conteo de partículas metálicas en 100nm (Nanómetros)

Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Con el uso de ImageJ se puede analizar las partículas metálicas que se encuentran en un líquido contaminante con el que se trabaja con la finalidad de realizar un conteo de nanopartículas y porcentualmente se da a conocer cuando de estas se encuentra en la muestra ocupada acorde a su tamaño y a su cantidad en la que se encuentran.

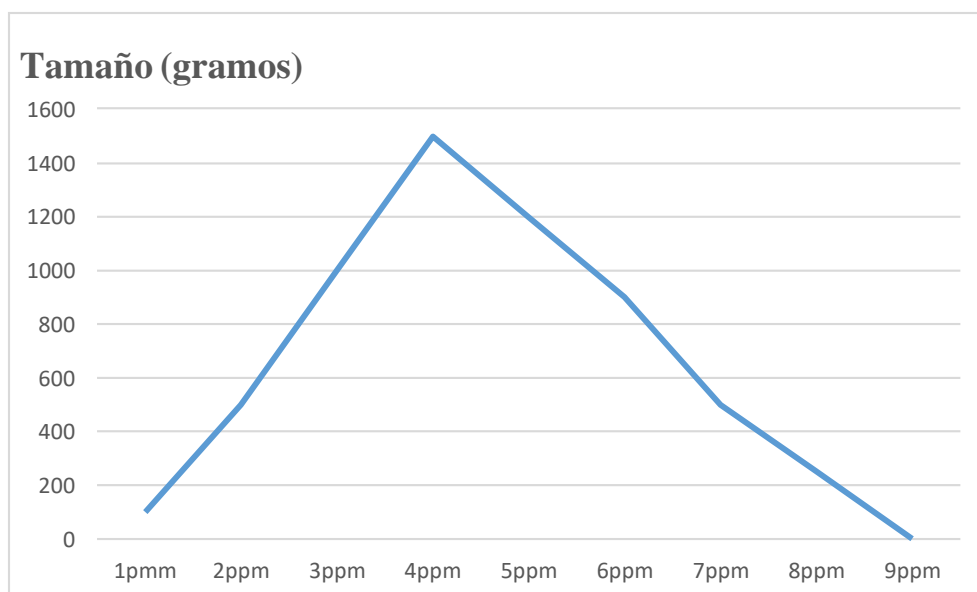


Gráfico 26.- Tamaño de partículas en muestra de líquido contaminante en partes por millon

Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Para elaborar este diagrama se tomó en cuenta la cantidad de muestras de partículas metálicas que existe que el microdispositivo por lo que se un aproximado de cuanto metal se cuenta en un total de 10ml de agua contaminada, esto quiere decir que el tamaño aproximado de estos son de 800 nanómetros de elementos metálicos por partes de agua.

Práctica acorde a la temperatura del Oriente (Puyo, Arajuno)

En la ciudad de Puyo y en la Cantón Arajuno existe una gran diferencia de temperaturas en su día a día debido a que ubicación geográfica estas tienden una variante grande y muy diferente a la ciudades de la Sierra estas que poseen un clima mucho más caluroso, mismo motivo que dificulta las practicas realizadas dando fallas con la plata de hidrogel dañando su capacidad de adherencia al chip por su calor y peor aún en estas fechas de temperatura más elevada que proporciona entre noviembre a febrero, provocando climas entre 29°C a 31°C.

Variables de chip acorde a temperatura

Las practicas realizadas en la ciudad de Ambato se tornaron de manera más fácil debido a que por el frio y las variables de temperatura en la ciudad y en la ubicación la lámina de hidrogel se sujeta de mejor manera teniendo en cuenta que se trabaja en una temperatura de 26°C con una variante entre 25°C a 27°C el pegamento de hidrogel se adhiere de mejora manera con lo que como resultado se puede trabajar de mejor manera sin fallas en la superficie del chip debido a la presión que se ejerce de forma que los contaminantes encontrados en los líquidos se quedan filtrados en la parte base de los canales del chip.

Diagrama de caracterización

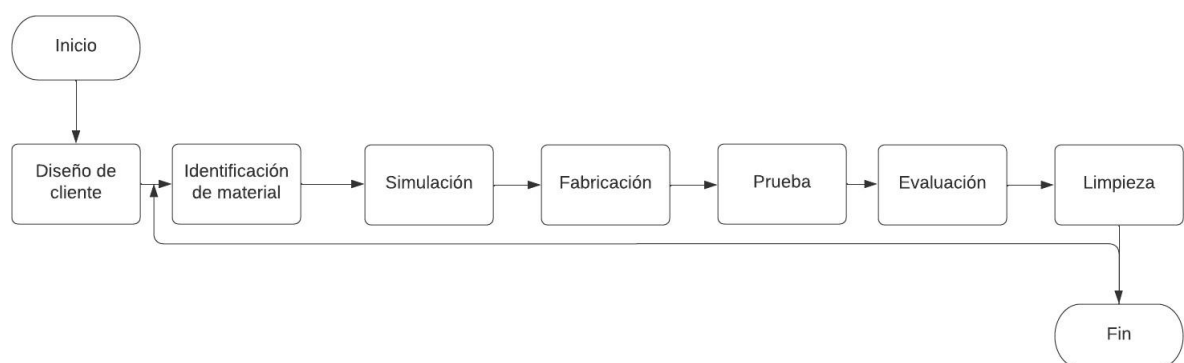


Gráfico 27.- Diagrama de procesos de caracterización
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Evaluación del microdispositivo con muestras reales

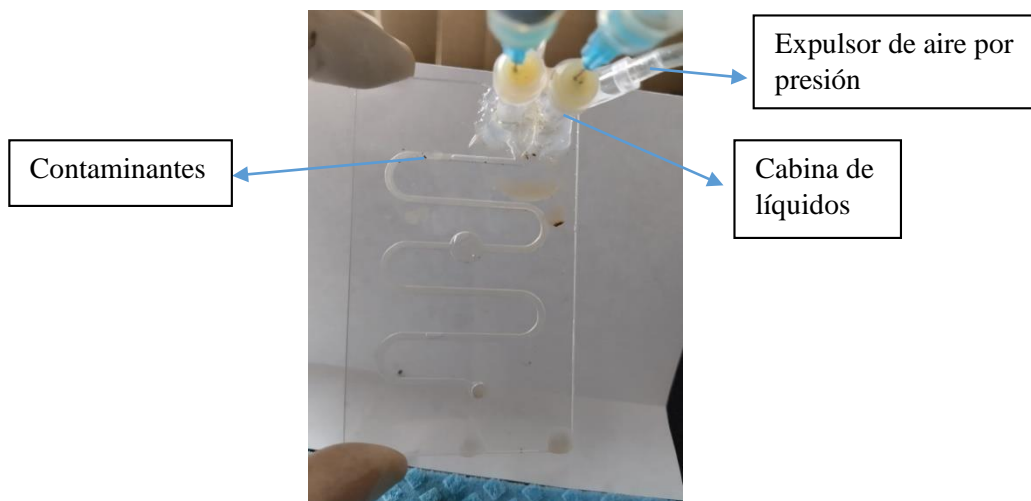


Gráfico 28.- Modelo de práctica, análisis de contaminantes en líquidos
Fuente: Barroso, Joel (2023).

Los contaminantes que se puede visualizar se tratan de una que fue manipulado, la mezcla de agua fuentes hídricas de pantano con “machica” usada por su forma tan útil de esta, por su sedimentación y comportamiento con los líquidos y bajo espesor dando como resultado facilidad de transportarse por las jeringas y canales en el dispositivo.

Como se puede visualizar al momento de generar la practica con líquidos contaminantes en el modelo 1 se puede dar a conocer que el motivo por el cual este chip funciona es que en sus canales deja residuos contaminantes en su base del canal mientras que el líquido transcurre con normalidad. En estas prácticas realizadas la presión ejercida junto con el líquido que transcurre por el canal no generó fallas ni en el chip ni en su lamina de hidrogel que se encuentra adherida a la parte superficial del chip con lo que como resultado nos dio una práctica con existo.

Diagrama de Evaluación

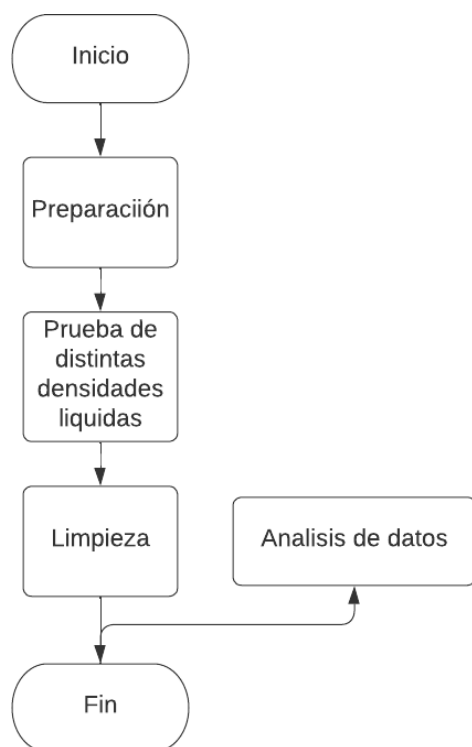


Gráfico 29.- Diagrama de proceso de evaluación
Elaborado por: Barroso, Joel (2023)

Diagrama de flujo del proceso

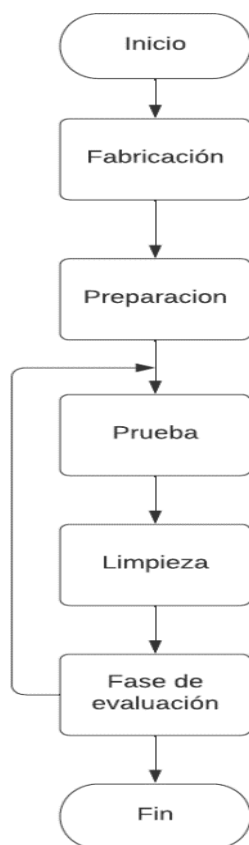


Gráfico 30.- Diagrama de Procesos
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

SOFTWARE / DISEÑO

Prototipo 1

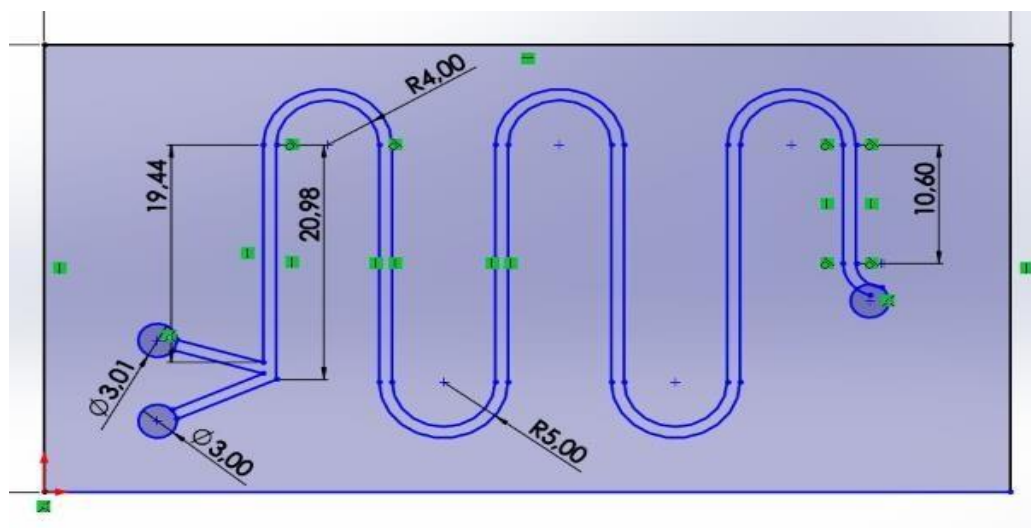


Gráfico 31.- Planos de primera visión
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

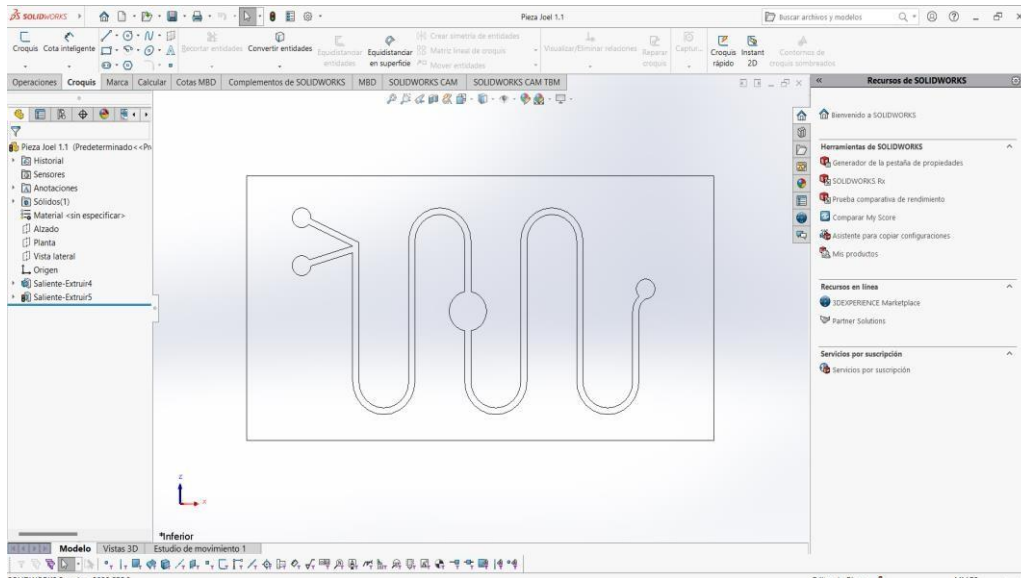


Gráfico 32.- Prototipo 2
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Las primeras dimensiones constan en milímetros una estructura conformada por (75mmx40mm). Los primeros puntos de entrada constan de una radio de 0.5mm respectivamente uno del otro de igual manera el punto de salida el punto centro de análisis de esta compuesta por un diámetro de 1.5mm como se puede ver en el siguiente anexo.

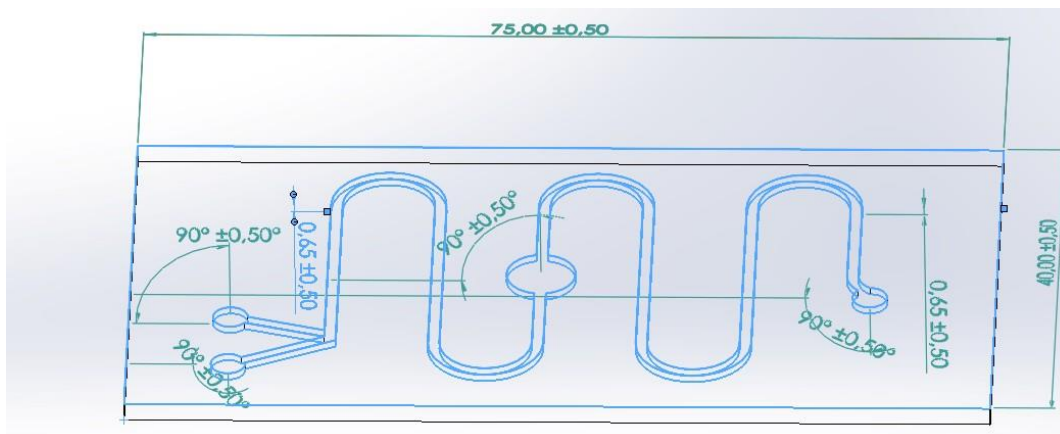


Gráfico 33.- Plano de prototipo 2
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

En este último prototipo se mantienen las mismas dimensiones que en la anterior versión por con la diferencia que existe el aumento de la plataforma circular de muestro y que su impresión será por fresado. Una vez que se imprima esta microdispositivo será cubierto por una placa de hidrogel el cual dará la facilidad y firmeza al microdispositivo evitando que se salga del canal y realizar la práctica correctamente. Misma como se indica en la siguiente imagen.

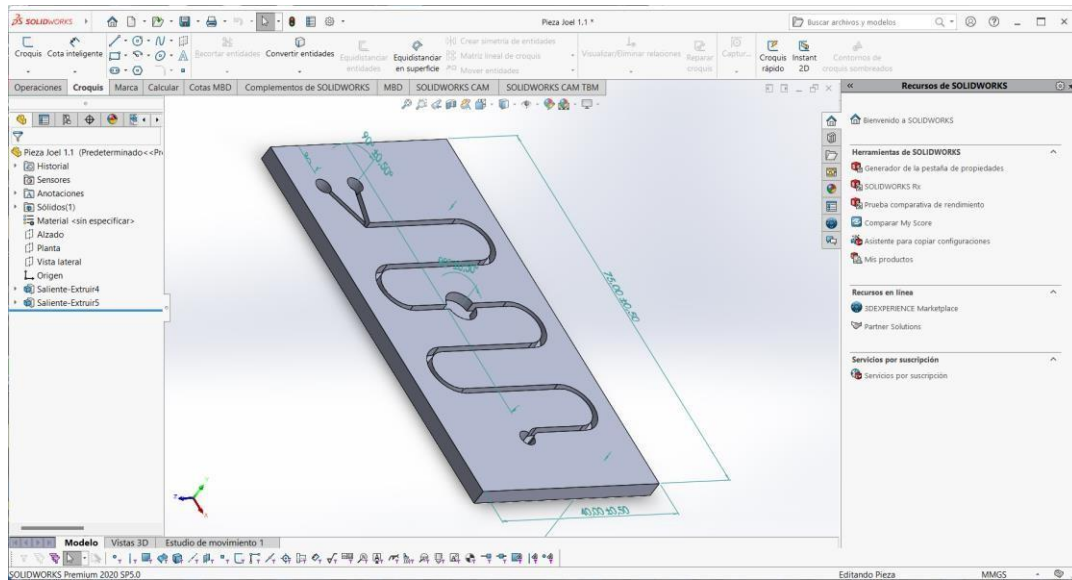


Gráfico 34.- Versión final de prototipo
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

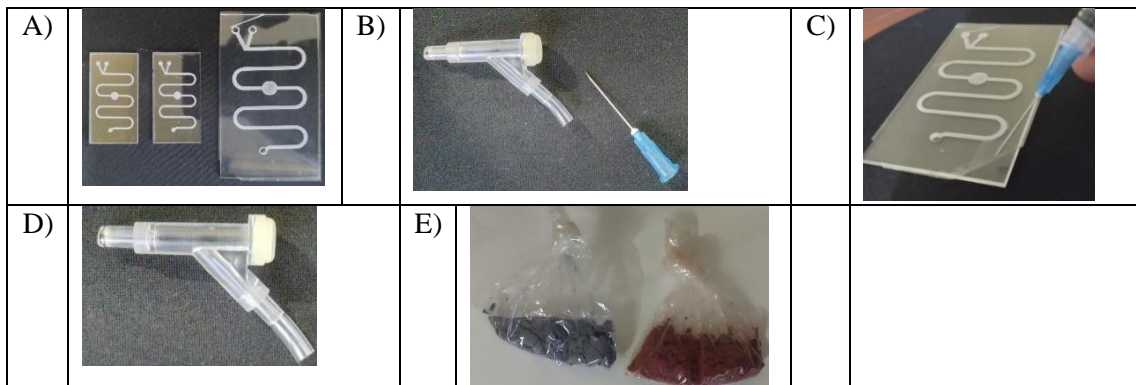


Gráfico 35.- A) Dispositivos fabricados, B) Aguja, C) Ubicación mica de hidrogel D) Cámara de presión, E) Anilina color rojo y azul para pruebas
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Cuando se han realizado todos los pasos descritos en la Tabla 4, se puede obtener una copia del molde, que presenta pequeños canales debido al tratamiento láser, lo que afecta de alguna manera al PDMS, que es más pequeño o asimétrico con respecto al vidrio, aumentado por el hecho de que no tiene suficientes cámaras de ozono con las propiedades adecuadas para formar este enlace químico. Debido a estos resultados, la fabricación con polímeros, que según la bibliografía revisada es el método más utilizado en otros estudios de fabricación de sistemas de microfluídicos, no arrojó los resultados esperados.

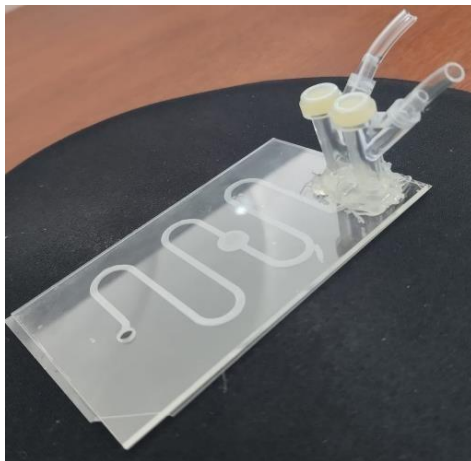


Gráfico 36.- Agregación de tubos en las entradas de los canales.
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Evaluaciones Realizadas

Prueba de microdispositivo con elementos contaminantes reales

USO DEL LABORATORIO CON LOS MICRODISPOSITIVOS

Se ha acondicionado y acondicionado la zona de trabajo, se ha instalado un cartel informativo, se diseñará una mesa de trabajo, que contará con toboganes para colocar dispositivos microfluídicos y también contará con un soporte donde se instalará la cámara, que nos dará la oportunidad para enviarlo directamente a las imágenes para su posterior análisis en la computadora. habrá estantes

Almacene los equipos e instrumentos que se utilizarán durante el experimento de la misma manera que se muestra en la Grafico 16. También se elaboró un manual de instrucciones para el dispositivo microfluídico, en el que se incluyeron los parámetros de uso, limpieza, desinfección, almacenamiento y reutilización del dispositivo y se encontraron todos los pasos en detalle la Tabla 4.

RESULTADOS ESPERADOS

Una vez realizada esta propuesta se esperará haber culminado de inicio a fin con las siguientes actividades:

- Se aplico los objetivos dados en esta propuesta de investigación en la cual se puso en marcha la fabricación de los microdispositivos y a su vez se dio sus primeras evaluaciones y practicas en estos meses de trabajo y una vez que se aplico se pudo lograr el objetivo de beneficiar con la reducción de tiempos en análisis de líquidos con estos microdispositivos, dando como resultado un gran beneficio a quien lo ponga en práctica.
- Se espera que el microdispositivo fabricado cumpla con su función de controlar los fluidos contaminantes y a su vez poner a realizar una detección de contaminantes en el mismo. Lo que quiere decir que este microdispositivo tiene que en sus análisis de resultados reflejar con exactitud pruebas de contaminantes en los líquidos a evaluar a su vez notarse la facilidad de uso un mejor control de líquidos contaminantes en el proceso.
- Que el microdispositivo logre su detección de contaminantes como se quedó acordado con líquidos de distintas densidades con un control de flujo en el canal controlado, esto quiere decir que cuando se cambie el líquido para su análisis no genere problemas ni se desbordara del microdispositivo, brindando un resultado controlado y específico.
- La implementación de estos dispositivos tiene que generar una facilidad en el trabajo en distintas áreas laborales de forma que al emplearlos de forma constante tengo mucha facilidad y rapidez en su uso, también sea 100% eficaz al momento de mostrar resultados y también facilitando el trabajo a estudiantes en experimentos prácticos o prácticas de laboratorio como experimentos principales hacemos referencias a básicos de mecánica en fluidos o caracterizaciones de líquidos y sus propiedades.

Tabla 6.- Cronograma de actividades

Cronograma de actividades

Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Actividad 1: Plan de actividades Cronograma de actividades	x											
Permisos	x								x			
Compro de material		x										
Obtención de guía		x										
Uso de protección adecuada			x									
Actividad 2: Aplicación del Chip microfluidico Conseguir muestras					x		x					
Analizar muestras de contaminación					x		x			x	x	x
Clasificar muestras y resultados						x		x				x

El cronograma de actividades consta con una iniciativa de dar como primera instancia el idealizar todo tipo de actividades con el fin de cubrir futuras evaluaciones y muestreos comenzando desde:

Primer Mes / Semanas

- 1.- Permisos a la universidad para usar sus laboratorios.
- 2.- Compra de materiales a usar en evaluaciones y prácticas y obtención de guías de práctica.
- 3.- Verificar que se tengan sus respectivas protecciones al momento de recolectar y realizar las evaluaciones.
- 4.- No se registran actividades.

Segundo Mes / Semanas

- 1.- Obtención de microdispositivos junto con muestras.
- 2.- Análisis de muestras y clasificación de resultados.
- 3.- Aplicación del microdispositivos con muestras y análisis de sus contaminantes.
- 4.- Clasificación de muestras y resultados.

Tercer Mes / Semanas

- 1.- Permisos de uso de laboratorio.
- 3.- Análisis de muestras de líquidos.
- 4.- Clasificación de muestras y resultados.

Tabla 7.- Análisis de costos

Análisis de costos

Actividades	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Subtotales
	S1 / S2	S3 / S4	S1 / S2	S3 / S4	S1 / S2	S3 / S4	
Actividad 1: Plan de Actividades -Cronograma de Actividades -Computador -Permisos	15,00	20,00	N/A	N/A	N/A	N/A	\$ 40,00
*Compra de material *Protección adecuada *Guía o ayudante de muestreo *Recolección de muestras	25,00	30,00	20,00	20,00	20,00	20,00	\$ 135,00
Actividad 2: Aplicación de chip -Conseguir las muestras -Analizar muestras de contaminación -Clasificar muestras y resultados	10,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	\$10,00 TOTAL: \$185,00

Primer Mes / Semanas

1-2.- Gastos que se generan la primera semana en permisos para recolección de aguas en la ciudad de Arajuno junto con la licencia de software SolidWorks 2020, un total de 15 dólares.

3.4.- Compra de materiales o contenedores para muestras líquidas, protecciones adecuadas a la práctica junto con recolección de muestras de distintas fuentes hídricas en Pastaza. (viajes)

Segundo Mes / Semanas

1.2.- Compra de materiales, protectores y envases para la recolección de muestras líquidas.

3.4.- Compra de materiales, protectores y envases para la recolección de muestras líquidas.

Totales de gastos

El total de gastos que se tiene en cuenta para esta propuesta de investigación consta de un total aproximado de 185\$ dólares mismos que serán administrados durante este tiempo de trabajo de titulación.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- El propósito de este trabajo es investigar el diseño de dos mezcladores microfluídicos, considerando la geometría de los canales para producir la mezcla suficiente, utilizando el software de diseño SolidWorks 2020, se diseñan un prototipo del sistema, el prototipo 1 es el canal principal en su diseño con espirales en todas sus curvas, para el prototipo 2, se maneja de las mismas entradas con un círculo geométrico en el centro teniendo en su mitad de su recorrido, circunferencia geometría que ayuda a que el líquido se mezcle de manera eficiente maneja un canal principal de 1.6 mm, dos entradas y una salida para reactivos de 3mm de diámetro de la circunferencia de salida.
- La forma más eficiente de hacerlo es con una fresadora aprovechando que la universidad pose una, porque su procesamiento deja algunas grietas en la base de los canales, lo que nos ayuda a que se ubica en estos restos de contaminantes en sus grietas, también se utilizó una mica de hidrogel de 3mm de espesor el cual se ocupó para sellar el microdispositivo sin dejar residuos de aire o contaminantes dentro del chip para conseguir la existo en la evaluación.
- El diseño del prototipo 2 en su tercera evaluación es muy eficiente para la preparación de mezclas y obtención de restos de contaminantes por el método de gritas en su base gracias a su fabricación por fresado. Como característica principal del prototipo, la base es de acrílico, la ranura principal es curvilínea, y en su interior hay una sección en el centro del dispositivo un círculo de 5 mm de diámetro, ligeramente rugosa en su base y con propiedades hidrofílicas, que permite que el líquido circule sin resistencia. El dispositivo es capaz de generar un recorrido con una cantidad de líquido de 20 ml si generar turbulencias o aberturas en su mica de hidrogel por más presión con la que se trabaje, y también se puede observar que se pueden utilizar líquidos como el agua para obtener mezclas, y en el caso de los generadores de gotas, líquidos de mayor viscosidad.

Recomendaciones:

- Se recomienda antes de comenzar a trabajar con este tipo de temáticas realizar un estudio y análisis con respecto a este tema con el fin de tener idea de cómo poder empezar a trabajar con estos procesos de microdispositivos.
- Tener siempre maquinaria adecuada y apta para este tipo de trabajos con el fin de facilitar el trabajo y que la fabricación de este material sea más precisa y fácil de adquirir.
- A diferencia de fabricación por láser se recomienda trabajar con la fabricación por fresadora debido a que los resultados de las medidas de canales y del dispositivo son más exactos y tiene un tiempo de elaboración más rápido y preciso.
- Como se muestra en la Gráfico 18 el trabajar primero con muestras de tinta en sus microdispositivos puede ayudar en la detección de errores o fallas de este evitando pérdidas de elementos contaminantes o fallos al querer emplearlos en el área de trabajo.
- Priorizar las áreas cerradas sin circulación de aire al momento de comenzar con las evaluaciones de los microdispositivos con el fin de evitar bombas de aire en la mica de hidrogel entre otros contaminantes como piedrillas o arena para unos resultados más efectivos.
- Trabajar con maquinaria que ayude a la expulsión de líquidos que genere un flujo constante al tiempo de ubicar el líquido dentro del microdispositivo de tal forma se evite turbulencia en el agua o aberturas en la mica de hidrogel.

BIBLIOGRAFÍA

L. Skeggs, “Automatic method for colorimetric analysis,” *Am. J. Pathol.*, vol. 28, pp. 311–322, 1957.

J. Ružička and E. H. Hansen, “Flow injection analysis,” *Anal. Chim. Acta*, vol. 78, no. 1, pp. 145–157, Aug. 1975

P. Cañizares, “Análisis por inyección en flujo: herramienta clave para la automatización analítica,” *J. Mex. Chem. Soc.*, vol. 46, pp. 167–174, 2002.

M. Valcárcel and M. D. L. de Castro, “Flow injection analysis: A useful alternative for solving analytical problems,” *Fresenius. J. Anal. Chem.*, vol. 337, pp. 662–666, Jan. 1990.

B. F. Reis, M. F. Giné, E. A. G. Zagatto, J. L. F. C. Lima, and R. A. Lapa, “Multicommutation in flow analysis. Part 1. Binary sampling: concepts, instrumentation, and spectrophotometric determination of iron in plant digests,” *Anal. Chim. Acta*, vol. 293, pp. 129–138, Jul. 1994. • Petrova *et al.*, “A miniaturized stepwise injection spectrophotometric analyzer,”

Anal. Sci., vol. 31, pp. 529–533, 2015.

“Parámetros de control del agua potable.” [Online]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>. [Accessed: 19Jul-2017].

R. M. Rowell, “Removal of Metal Ions from Contaminated Water Using Agricultural Residues,” 2006.

J. Alpizar, A. Crespí, A. Cladera, R. Forteza, and V. Cerdà, “Simultaneous determination of chloride and fluoride ions in waters by sequential injection analysis,” *Electroanalysis*, vol. 8, no. 11, pp. 1051–1054, 1996.

CRISON, “Electrodos ion selectivo. Un poco de teoría,” 2004.

Cerdà, V. (2006). An introduction to flow analysis

Giordano, E. (2002). Las guerras del petróleo - Geopolítica, Economía y Conflicto. Barcelona: Icaria Editorial S.A. Recuperado de <https://bit.ly/3KHup1z>.

Juteau-Martineau, G., Becerra, S., & Maurice, L. (2014). Ambiente, petróleo y vulnerabilidad política en el Oriente Ecuatoriano

Rodríguez, A. (2017). Biorremediación de aguas contaminadas con hidrocarburos mediante sistemas bio-absorbentes [Universidad de Granada, España]. In Universidad de Granada. <https://hera.ugr.es/tesisugr/2844369x.pdf>.

Aguilar Llamas, R. F. (2016). Derrames de petróleo en el océano. Aplicación preliminar al estuario del Guadalquivir. 93. <https://idus.us.es/handle/11441/53560#.YD8PBByuMJkk>. Mendeley

RAMÍREZ, Carlos Alberto Sierra. Calidad del agua: evaluación y diagnóstico. Ediciones de la U, 2021.

Chern, JH, Huang, J., Arledge, L., Li, PC y Yang, P. (1992). Modelos de capacitancia de metal multinivel para sistemas de síntesis de diseño CAD. Cartas de dispositivos de electrones IEEE, 13 (1), 32-34.

Bringas-Burgos, B., Mendoza-Muñoz, I., Navarro-González, C., González-Ángeles, Á., & Jacobo-Galicia, G. (2020). Análisis de sistemas de riego por gravedad y goteo subsuperficial basada en una encuesta de muestra de conveniencia en el valle de Mexicali. Revista Vínculos ESPE, 5(3), 13-32.

López Ponce, J. A. (2016). Diseño Top-Down y primeros pasos de fabricación de un chip microfluídico como biosensor para el diagnóstico de virus del papiloma humano: desarrollo del mecanismo de manipulación analito (Master's thesis).

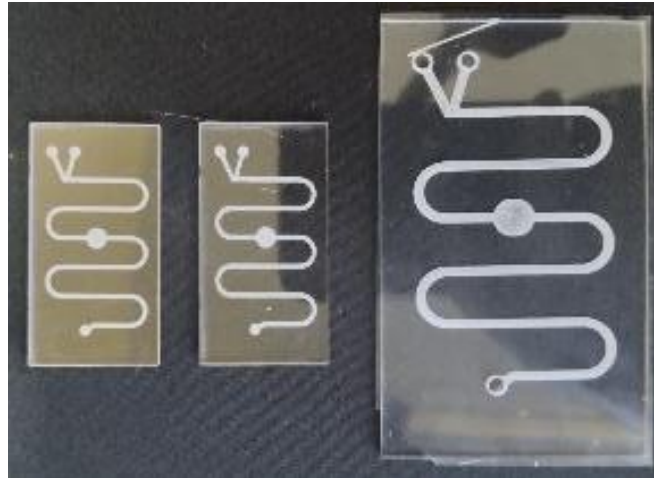
Ab Hamid, S. y Md Rawi, C.S. 2014. Ecology of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) in Rivers of the Gunung Jerai Forest Reserve: Diversity and Distribution of Functional Feeding Groups. *Tropical Life Sciences Research* 25(1): 61-73.

Revista Politecnica Freire, E. J. S., & Pico, F. P. (2022). Sucesión en las Empresas Familiares: Análisis de los factores estratégicos que influyen en la dinámica familia-empresa. *Revista Politécnica*, 35(2), 113-113.

García-López, E., Zavala-Cruz, J., & Palma-López, D. J. (2006). Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrames de hidrocarburos. *Terra Latinoamericana*, 24(1), 17-26.

ANEXOS

Anexo 1: Microdispositivos de evaluaciones



Elaborador por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 2: Anilina de color azul y rojo para evaluación de microdispositivos



Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 3: Cámara de entrada de líquidos contaminantes



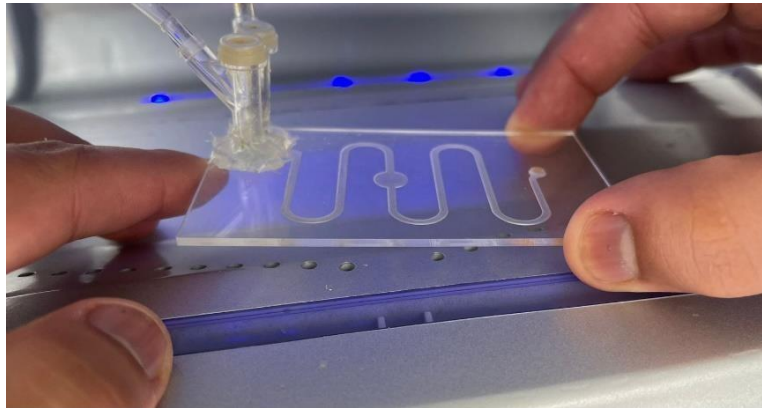
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 4: Lavado y limpieza de excedentes del microdispositivo



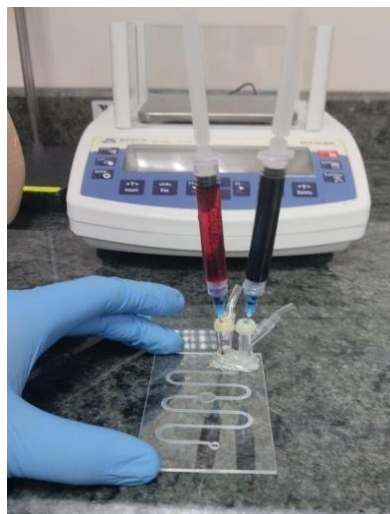
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 5: Secado del microdispositivo por presión de aire



Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 6: Inicio del funcionamiento del dispositivo



Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 7: Recolección de muestra a evaluar



Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 8: Final de evaluación con líquidos de colores azul y rojo



Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 9: Elementos líquidos contaminantes reales a evaluar



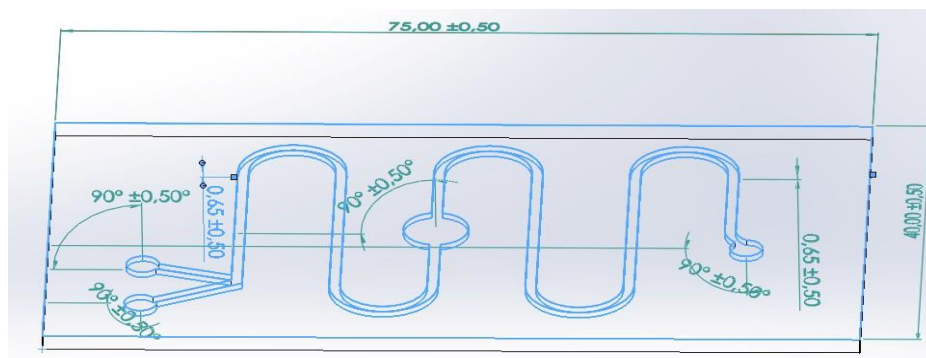
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 10: Recolección de muestras en jeringas de 4ml



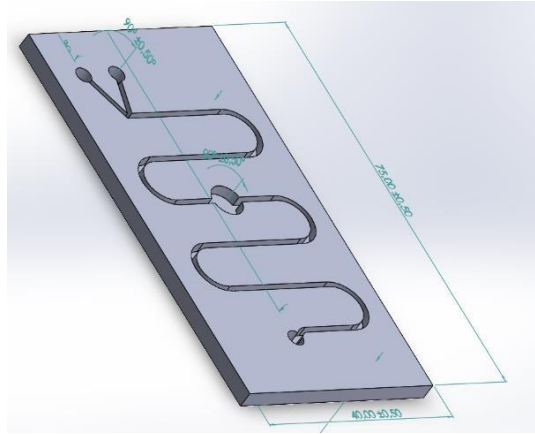
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 11: Diseño final 2D de microdispositivo



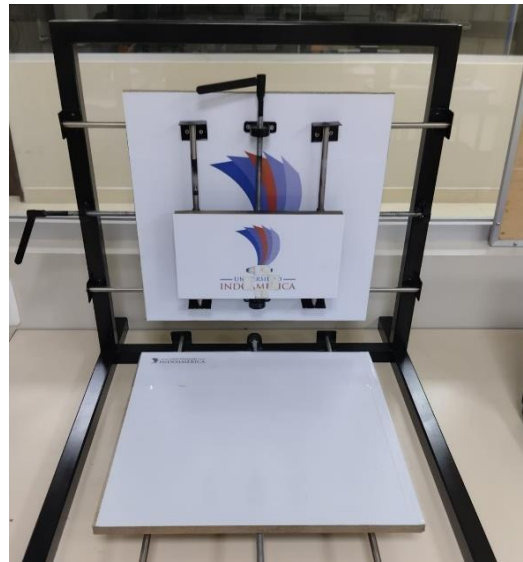
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 12: Diseño final 3D del microdispositivo



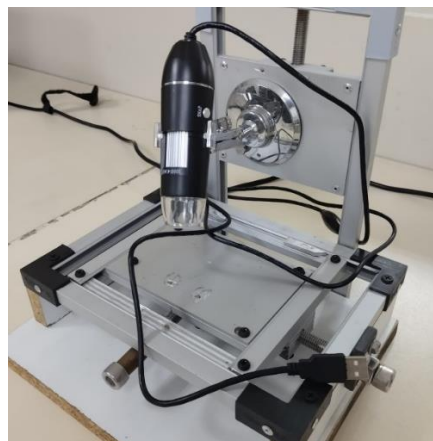
Elaborado por: Barroso, Joel (2023).

Anexo 13: Banco de trabajo



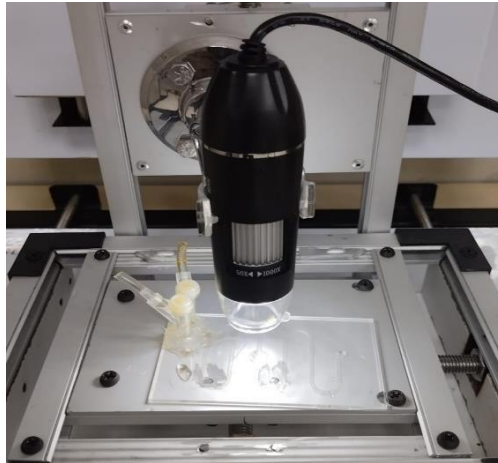
Elaborado por: Barroso Joel (2023).

Anexo 14: Cámara microscópica



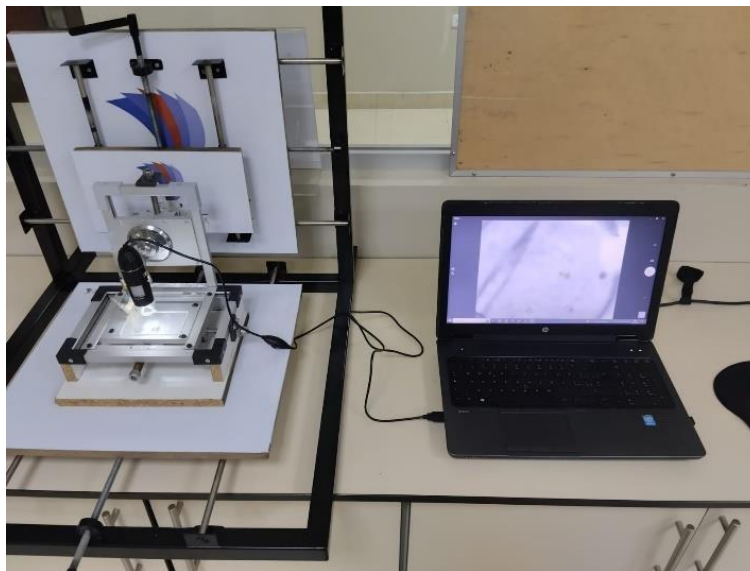
Elaborado por: Barroso Joel (2023).

Anexo 15: Funcionamiento de cámara microscópica



Elaborado por: Barroso Joel (2023).

Anexo 16: Análisis de elementos contaminantes con uso de cámara microscópica



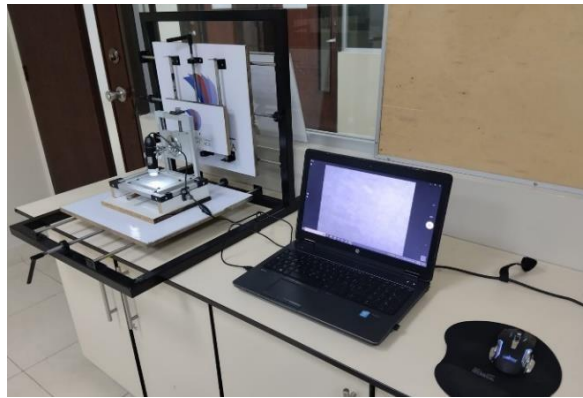
Elaborado por: Barroso Joel (2023).

Anexo 17: Retiro de placa de hidrogel para proceder a limpiar el chip



Elaborado por: Barroso Joel (2023).

Anexo 18: Área de trabajo con líquidos contaminantes



Elaborado por: Barroso Joel (2023).

Ambato 25 de abril del 2023

Señor:

Ing. Fernando Saá Tapia

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

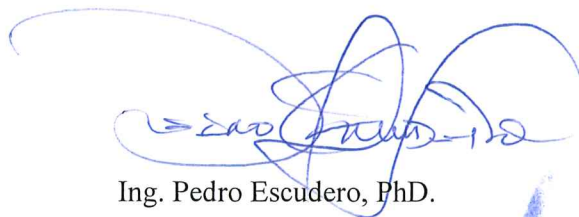
Presente.

De mi consideración:

Yo, Pedro Escudero, portador de la cédula de identidad número 0603612524, en mi calidad de Coordinador e investigador principal del Proyecto de Investigación Titulado “Sistemas de microfluídica como herramientas de caracterización”, emito esta carta de **conformidad del trabajo de titulación terminado** “Implementación de un microdispositivo para detección de elementos contaminantes en líquidos” desarrollado por el señor **SANTIAGO JOEL BARROSO GARCÍA** portador de la cédula de identidad número **1312702440**, en su calidad de estudiante de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**, bajo mi dirección como tutor individual.

Particular que informo para los fines pertinentes.

Atentamente,



Ing. Pedro Escudero, PhD.

Docente – Investigador FAINPRO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA



25/04/2023