

**DESARROLLO DE SISTEMA MULTISENSORIAL PARA LA MEDICIÓN DE
SEÑALES VOLÁTILES Y CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS MEDIANTE EL
RECONOCIMIENTO DE PATRONES EN LICORES**

**CRISTIAN DAVID PINEDA SANDOVAL
HEYLLER FABIEN FLOREZ VASQUEZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BARRANQUILLA - COLOMBIA**

2020

**DESARROLLO DE SISTEMA MULTISENSORIAL PARA LA MEDICIÓN DE
SEÑALES VOLÁTILES Y CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS MEDIANTE EL
RECONOCIMIENTO DE PATRONES EN LICORES**

**CRISTIAN DAVID PINEDA SANDOVAL
HEYLLER FABIEN FLOREZ VASQUEZ**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
Ingeniero Mecatrónico**

**ASESORES DISCIPLINARES:
ING. KELVIN BELEÑO SAENZ, MSc.
ING. CARLOS DIAZ SAENZ, MSc.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BARRANQUILLA - COLOMBIA
2020**

Nota de aceptación

Firma del jurado 1

Firma del jurado 2

DEDICATORIA

Primeramente dar gracias a Dios por suplir los conocimientos y herramientas que hicieron posible este proyecto, a nuestras familias que con mucho esfuerzo nos brindaron apoyo y sustento durante todo el proceso lectivo, a los docentes que nos enseñaron como aplicar los conocimientos y tecnologías a favor para hacer posible cada idea y a cada compañero que con mucho esmero siempre tendió la mano para no dejar caer a un colega.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABLAS.....	9
GLOSARIO.....	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. ANTECEDENTES	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.2. OBJETIVO GENERAL	19
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. MARCO DE REFERENCIA	20
3.1. ESTADO DEL ARTE	20
3.2. MARCO TEÓRICO.....	23
3.2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	42
3.2.2 MARCO LEGAL.....	46
4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	48
4.1. METODOLOGÍA	48
4.2. TIPO DE ESTUDIO	48
4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO.....	48
5. PRESUPUESTO.....	51
5.1. PRESUPUESTO GENERAL.....	51
5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO	52
5.3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA	53

5.4. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS	54
6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
6.1. DISEÑO DEL PROTOTIPO	56
6.1.1. CODIGO DE PRUEBAS PARA SENSORES MQ	57
6.2. DISEÑO DISPOSITIVO FINAL	58
6.2.1. DIMENSIONES DEL DISPOSITIVO	61
6.3. MATERIALES	67
6.3.1. ABS	67
6.3.2. SENSORES MQ	68
6.3.3. LCD	69
6.3.4. ARDUINO MEGA.....	69
6.3.5. TECLADO DE MEMBRANA 4X4	70
6.3.5. VENTILADOR 4CM X4 CM 5V	70
6.3.6. CIRCUITO MATRIZ	71
6.4. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	72
6.4.1. MUESTRA POBLACIONAL	72
6.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	72
6.5.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO	74
6.5.2. CODIGO PARA EL MUESTREO Y ANALISIS DE VOLATILES	80
6.5.3. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL	81
6.6. MANUAL DE USUARIO	92
CONCLUSIONES (Debe dar respuesta al objetivo general) Y RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Configuración de sensor MQ	28
Figura 2. Sensor MQ.....	29
Figura 3. Configuración sensor MQ-2	30
Figura 4. Sensibilidad sensor MQ-2	30
Figura 5. Configuración sensor MQ-3.....	31
Figura 6. Sensibilidad sensor MQ-3	31
Figura 7. Configuración sensor MQ-4.....	32
Figura 8. Sensibilidad sensor MQ-4	32
Figura 9. Configuración sensor MQ-5.....	33
Figura 10. Sensibilidad sensor MQ-5.....	33
Figura 11. Configuración sensor MQ-6.....	34
Figura 12. Sensibilidad sensor MQ-6.....	34
Figura 13. Configuración sensor MQ-7.....	35
Figura 14. Sensibilidad sensor MQ-7.....	35
Figura 15. Configuración sensor MQ-8.....	36
Figura 16. Sensibilidad sensor MQ-8.....	36
Figura 17. Configuración sensor MQ-9.....	37
Figura 18. Sensibilidad sensor MQ-9.....	37
Figura 19. Configuración sensor MQ-135	38
Figura 20. Sensibilidad sensor MQ-135.....	38
Figura 21. Sistema embebido.....	39
Figura 22. Arduino Mega.....	40
Figura 23. Vista frontal y superior del prototipo (propia autoría).	56
Figura 24.vista de la cámara en el prototipo (propia autoría).....	56
Figura 25. 2da versión de prototipo (propia autoría).	57
Figura 26. Vista isométrica Dispositivo final (Propia autoría)	59
Figura 27. Vista frontal dispositivo final (Propia autoría).....	60
Figura 28. Vista alzado dispositivo final (Propia autoría)	60
Figura 29. Pieza A.....	61
Figura 30. Pieza B.....	62
Figura 31. Pieza C.....	63
Figura 32. Pieza D.....	64
Figura 33. Pieza E	65
Figura 34. Pieza F	66
Figura 35. ABS.....	67
Figura 36. Familia MQ	68
Figura 37. LCD.....	69
Figura 38. Arduino Mega.....	69
Figura 39. Linealización alcohol etílico MQ3.....	75
Figura 40. Linealización Ron Medellín MQ3	75
Figura 41. Linealización Alcohol etílico MQ5	76
Figura 42. Linealización Ron Medellín MQ5	76

Figura 43. Linealización alcohol etílico MQ6.....	77
Figura 44. Linealización ron Medellín MQ6.....	77
Figura 45. Linealización alcohol etílico MQ8.....	78
Figura 46. Linealización Ron Medellín MQ8	78
Figura 47. Linealización alcohol etílico MQ135	79
Figura 48. Linealización ron Medellín MQ135	79
Figura 49. Diagrama de codificación.....	80
Figura 50. Buchanans Master buena - 3 minutos de muestreo	82
Figura 51. Buchanans Master adulterada - 3 minutos de muestreo	82
Figura 52. Buchanans Master buena VS Buchanans Master adulterada - 3 minutos de muestreo	83
Figura 53. Buchanans Master buena - 5 minutos de muestreo	83
Figura 54. Buchanans Master Adulterada - 5 minutos de muestreo.....	84
Figura 55. Buchanans Master buena VS Buchanans Master adulterada - 5 minutos de muestreo	84
Figura 56. Aguardiente Antioqueño Bueno - 3 minutos de muestreo	85
Figura 57. Aguardiente Antioqueño Adulterado - 3 minutos de muestreo	86
Figura 58. Aguardiente Antioqueño Bueno VS Aguardiente Antioqueño Adulterado - 3 minutos de muestreo	86
Figura 59. Aguardiente Antioqueño Bueno - 5 minutos de muestreo	87
Figura 60. Aguardiente Antioqueño Adulterado - 5 minutos de muestreo	87
Figura 61. Aguardiente Antioqueño Bueno VS Aguardiente Antioqueño Adulterado - 5 minutos de muestreo	88
Figura 62. Old Parr Bueno - 3 minutos de muestreo.....	89
Figura 63. Old Parr Adulterado - 3 minutos de muestreo.....	89
Figura 64. Old Parr Bueno VS Old Parr Adulterado - 3 minutos de muestreo	90
Figura 65. Old Parr Bueno - 5 minutos de muestreo.....	90
Figura 66. Old Parr Adulterado - 5 minutos de muestreo.....	91
Figura 67. Old Parr Bueno VS Old Parr Adulterado - 5 minutos de muestreo	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Entregable 1	48
Tabla 2. Entregable 2	49
Tabla 3. Entregable 3	49
Tabla 4. Entregable 4	49
Tabla 5. Entregable 5	50
Tabla 6. Entregable 6	50
Tabla 7. Total	50
Tabla 8. Presupuesto general.	51
Tabla 9. Costo personal científico.	52
Tabla 10. Costo personal de apoyo.....	53
Tabla 11. Costo consultoría especializada.....	53
Tabla 12. Costo materiales e insumos.	54
Tabla 13. Costo trabajo de campo.	55
Tabla 14. Costo equipos usados	55
Tabla 15. Alcohol etílico MQ3.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16. Ron Medellín MQ3.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 17. Alcohol etílico MQ5.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 18. Ron Medellín MQ5.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 19. Alcohol etílico MQ6.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 20. Ron Medellín MQ6.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 21. Alcohol etílico MQ8.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 22. Ron Medellín MQ8.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 23. Alcohol etílico MQ135.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 24. Ron Medellín MQ135.....	¡Error! Marcador no definido.

GLOSARIO

Multisensorial: es conjunto de dos o más sensores dispuestos en un solo dispositivo electrónico con un propósito común.

Patrón: Respuesta repetitiva a un análisis secuencial monitoreado que determinan los ciclos igualitarios de un compuesto según su integración química.

Señal: es una variación de la corriente eléctrica o de otra magnitud que se utiliza para transmitir información.

Compuesto: la noción de compuesto menciona a la sustancia creada a partir de la conjunción de, al menos, un par de elementos.

Concentración: es la cantidad en que se encuentran las sustancias que se disuelven (solute) con relación a la o las sustancias que lo disuelven (solvente). En este sentido, la cantidad de soluto siempre será menor al solvente para que se considere una solución.

Interacción: es aquella acción que se desencadena entre dos o más cuerpos y su medio.

Transducción: Serie de situaciones en las que las células de la nariz se unen con moléculas que producen perfume y envían señales eléctricas al cerebro donde se perciben como olores. También se llama transducción olfatoria

RESUMEN

El presente documento obedece al cumplimiento de criterios teóricos, característicos y físicos que se conforman para la elaboración de un sistema multisensorial que se usará para medir señales volátiles y clasificar las muestras mediante el reconocimiento de patrones en alcoholes para consumo, con el propósito de determinar si las concentraciones de sus compuestos químicos son aptos para el consumo humano previniendo así las repercusiones que conlleva el consumo de alcohol con altas contracciones de etanol entre otros.

Partiendo de criterios y estándares médicos establecidos ante autoridades como el Invima, empleando la combinación sinérgica de herramientas de software y hardware que hacen posible la integración de un sistema complejo como lo es este, empleando la identificación de patrones que se denotan como un común denominador dentro de las características simples del licor distribuido usando aplicativos del software MATLAB como herramienta de desarrollo y análisis de control para la composición de la interface lógica de análisis multisensorial integrado por el cual se monitorea la respuesta de cada sensor ante la exposición libre a un compuesto.

Gracias a la versatilidad y aplicación del software libre en el desarrollo de microcontroladores y la experticia de control de sistemas embebidos por los cuales se concibe el desarrollo de la matriz multisensorial, compuesta por un conjunto de sensores de aplicación específica, mediante las bases electrónicas que permiten a estos dispositivos identificar compuestos volátiles que en algunos casos pueden no ser susceptibles a los sensores naturales del ser humano, lo que hace pertinente la elaboración de un dispositivo que pueda inferir en un análisis práctico de la composición de dichos elementos entramados dentro del licor.

Palabras claves: Multisensorial, Alcohol, Concentración, Volátiles.

ABSTRACT

The present document complies with the theoretical, characteristic and physical criteria that are established for the elaboration of a multisensory system that will be used to measure volatile signals and classify the samples by recognizing standards in alcohols for consumption, in order to determine whether the concentrations of its chemical compounds are suitable for human consumption, thus preventing the repercussions of alcohol consumption with high concentrations of ethanol, among others.

Starting from criteria and medical standards established before authorities such as Invima, using the synergistic combination of software and hardware tools that make possible the integration of a complex system such as this, using the identification of patterns that are denoted as a common denominator within of the simple characteristics of the distributed liquor using MATLAB software applications as a development and control analysis tool for the composition of the integrated multisensory analysis logical interface by which the response of each sensor to free exposure to a compound.

Thanks to the versatility and application of free software in the development of microcontrollers and the expertise of embedded systems control for which the development of the multisensory matrix is conceived, consisting of a set of sensors of specific application, using the electronic bases that allow these devices identify volatile compounds that in some cases may not be susceptible to natural human sensors, which makes the development of a device that can infer in a practical analysis of the composition of these elements embedded in the liquor pertinent.

Keyword: Multisensory, Alcohol, Concentration, Volatile.

INTRODUCCIÓN

Como cada elemento creado por el hombre a lo largo de la historia la destilación para la obtención de alcoholes y derivados compuestos aromáticos, las constantes iteraciones e intentos de la humanidad por innovar en productos subyacentes del medio en el que convivían y evolucionaron, se permitió la creación de los licores que rápidamente se convirtieron en vienes preciados y gustos que solo podían poseer aquellos que se levantaban por encima de los grupos populares de una sociedad.

Al transcurrir del tiempo la valoración del compuesto quizás ha cambiado creando esto diferentes gamas, estilos y metodologías para la extracción de sabores, olores y texturas marcando la historia de la industria licorera como hoy la conocemos, cada una con una característica especial.

En algunos casos aquella sensación favorable de alicoramamiento que es seductora y llamativa para muchos que induce al cuerpo en un estado de euforia y éxtasis y en otros poco usuales la pérdida del sentido, razón y propiedades cognitivas del individuo.

A pesar de la influencia positiva del licor en diferentes escenarios y puntos de integración, la ejecución de malas prácticas sin tener en cuenta los efectos que puede causar, ha creado nuevos riesgos para la sociedad como lo son la pérdida de la visión entre, memoria temporal, cáncer y más, que son consecuencia de la concentración de niveles altos de compuestos tóxicos en el organismo.

Y aunque se considere socialmente como una actividad que va en contra de las conductas éticas de la industria, vista desde otra parte por los aspectos culturales que en algunas regiones del mundo no tiene mayor relevancia, dado que persevera la costumbre sobre muchos otros aspectos que pueden influir sobre las distintas comunidades y grupos étnicos sociales.

Dependiendo de su procedencia puede llegar a causar incluso faltas a la economía que se sostiene dentro de todo el marco legal que encierra la producción y distribución de licores que contribuye a otros sectores económicos y sociales con sus regalías que influyen e impulsan año tras año el sistema sobre el cual se sostiene la sociedad actual, como cualquier otro contribuyente económico. Significa que de un modo u otro se considera al licor como un producto de alto impacto, que requiere de mejores sistemas de control para continuar satisfaciendo la necesidad de sus usuarios y contribuir a la calidad de distribución y reducir los caracteres de economía informal que se entranan dentro de todo el sistema que se encuentra detrás de la industria licorera.

Con esto, se busca implementar una ayuda al sistema de salud y seguridad de la sociedad al diseñar un dispositivo capaz de medir volátiles y clasificar sus muestras partiendo desde el punto inicial donde se tome la muestra y esta sea captada por una variedad de sensores los cuales estarán a disposición de realizar un diagnóstico de esta, permitiendo a la autoridad publica el uso fácil del dispositivo y teniendo un veredicto casi instantáneo sobre el licor que se estará consumiendo.

Se espera que con este dispositivo una gran disminución en el consumo de licor adulterado enfocado en el departamento del atlántico y teniendo como prioridad las fechas especiales, ya que en estas se ve un aumento del consumo de este licor.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

En un estudio realizado por la Federación Nacional de Departamentos (FND), en alianza con la Universidad Eafit y de la firma consultora Invamer, el tequila de procedencia mexicana es el licor que tiene el porcentaje de ilegalidad más alto al momento de ser comercializado. Una de las cifras contempladas en el reporte y una de las más preocupantes es la que señala que el 70% corresponde a licor adulterado y el otro 30% a licor de contrabando.

Según Diego León Caicedo, director del programa de Anti-contrabando de la Federación de Departamentos, los datos traducen que el 17% del trago que se consume es adulterado, estableciendo que el contrabando de los licores hace que los departamentos dejen de recibir un promedio de 1.5 billones de pesos al año que estarían destinados a invertir en la salud, recreación y deportes de dichos departamentos [1]. Actualmente en Colombia se pierde un aproximado de (650 millones US anuales) [2], debido al contrabando y creación de licores adulterados, dispuestos para venta y consumo de los usuarios del común, adicional a esto se desencadenan múltiples consecuencias que parten del mismo origen, como lo son las personas que llegan a padecer efectos como la pérdida parcial y total de la visión por ingerir sustancias de esta índole [3], las cuales llegan a ser catalogadas como catastróficas para su salud.

El motivo de que este tipo de casos siga incurriendo en la sociedad Barranquillera se relaciona estrechamente con el impacto cultural, social y económico que afecta a los distintos sectores sociales. La promoción, influencia y facilidad de obtención de licores adulterados, se convierte en una actividad del común, tanto en establecimientos, como en puntos de distribución independiente donde no se tienen a disposición información o métodos para certificar un garante que permita diferenciar la procedencia y composición de distintos licores.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El consumo de licor se reconoce como una de las actividades más comunes dentro de la sociedad en los diferentes escenarios, principalmente constituida por festividades o momento alegórico que incita a compartir o degustar de un trago de licor. Cabe destacar que está compuesto por las múltiples denominaciones en las que se encuentran, el whisky, vodka, tequila, entre otros.

La OMS (organización mundial de la salud), presentó un informe en el que señala que 1 de cada 20 muertes en el mundo es causada por el consumo de licor, lo cual, en comparación con enfermedades venéreas y ETS, afirman genera mayor número de muertes que van hasta un aproximado de 3.000.000 tres millones de muertes por año como consecuencia del consumo de licor [4].

¿Cómo se puede incurrir en el análisis de volátiles y reconocimiento de patrones de manera eficiente en los licores?

1.3. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE

Teniendo en cuenta la problemática planteada, analizando el conjunto múltiple de consecuencias que posee y cómo influye directamente sobre los componentes sociales, económicos, salud pública y los mecanismos de supervisión, control de importación y circulación de los diferentes productos que entran en la gama de licores, se hace necesaria la creación e implementación de una herramienta capaz de mitigar o aportar una solución directa y eficaz, que permita reducir de manera importante los daños causados a la sociedad y el desarrollo económico que se ve fuertemente afectado por el porcentaje de ingresos perdidos por las distintas actividades que se encierran detrás de la venta y suministro de licor adulterado.

Por medio de las tecnologías vigentes, se puede plantear la solución pertinente a la problemática haciendo uso de las herramientas electrónicas y su combinación con métodos de programación, que se encuentran disponibles dentro del conjunto de herramientas al alcance para la propuesta de un dispositivo capaz de realizar la medición de señales volátiles y análisis de los diferentes patrones resultantes del proceso de investigación.

Dentro de los campos en los que interactúa el ingeniero mecatrónico, el planteamiento de posibles soluciones a problemáticas existentes hace parte del proceso de pensamiento lógico, que le supe de las herramientas disponibles dentro de los campos de investigación, se tiene en cuenta los factores que influyen directa e indirectamente dentro de los márgenes del proyecto, como son la influencia social o impacto que tiene la proyección del problema y como puede ser un factor de cambio dentro de la sociedad al plantear una solución posible a la problemática.

La sustentación económica de la propuesta en forma y su factibilidad dentro el campo de la investigación no requiere un valor elevado de financiación, debido al costo comercial de los componentes que conforman la matriz multisensorial a desarrollar en comparación a otros dispositivos con funciones similares como lo son las narices electrónicas.

A partir de esto, podemos determinar que el impacto social de la propuesta sería positivo ya que se constituye como un aporte de investigación, que propone suplir una nueva herramienta que aporte a la reducción de problemáticas relacionadas con el licor adulterado.

La intención de este dispositivo es llegar a las entidades y establecimientos que son víctimas de falsificación y adulteramiento de bebidas embriagantes, y suplir de mejor manera la necesidad de una herramienta capaz de sensor e identificar los compuestos correspondientes a dicha bebida,

Es bueno resaltar que la matriz en este caso se especializa en la identificación de licores adulterados, pero también posee la capacidad de adaptarse a los compuestos identificables por concentración por el sistema multisensorial.

2. OBJETIVOS

2.2. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema multisensorial que permita la medición de volátiles para la clasificación de muestras mediante el reconocimiento de patrones en licores.

2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la matriz multisensorial para el análisis de diferentes muestras volátiles.
- Caracterizar los componentes de la matriz multisensorial para obtener los rangos y voltajes adecuados a la característica del diseño.
- Desarrollar algoritmo que permita mediante reconocimiento de patrones la identificación y caracterización de los licores adulterados.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. ESTADO DEL ARTE

El dispositivo que se desarrollará ha estado en el campo para otras acciones las cuales han aportado mucho a nuestra investigación de manera que podamos implementar la teoría y los procedimientos a nuestro objetivo final, teniendo nuestras variaciones y adecuaciones.

- **Implementación y evaluación de una nariz electrónica para la detección de alcoholes lineales:** Está basada en cuatro sensores de gas de SnO₆, un sistema neumático irregular, un hardware y software para adquisición de datos y un software de reconocimiento de patrones [5].
- **La nariz electrónica, una novedosa herramienta para el control de procesos y calidad en la industria agroalimentaria:** Diseñada para determinar, reconocer e identificar niveles muy bajos de sustancias químicas volátiles. Un arreglo de sensores electroquímicos crea una huella única digital del alimento, haciendo posible el control de calidad, el desarrollo de productos, la caracterización, clasificación y diferenciación por origen y por estado de madurez, la evaluación de su tiempo de vida útil y también como herramienta de control para identificar problemas que amenazan la comercialización, como la falsificación y la adulteración [6].
- **Matriz de sensores, Fundamento de la nariz electrónica:** En este artículo se presenta el concepto y funcionamiento de una nariz electrónica basada en una fusión de sensores químicos, que permiten detectar y clasificar olores [7].

- **Nariz electrónica ¿Herramienta de calidad para la industria agroalimentaria?:** Este artículo revisa las posibilidades de aplicación de las narices electrónicas en el ámbito agroalimentario desde un punto de vista realista, en función de los parámetros que caracterizan los sensores que constituyen las matrices sensitivas de estos equipos, como de la selección de la aplicación correcta [8].
- **Utilidad de la nariz electrónica para el diagnóstico de enfermedades de la vía respiratoria:** Se describe como un instrumento que comprende una matriz de sensores químicos con sensibilidades solapadas que, al ser expuestos a partículas volátiles, experimentan cambios específicos en su resistencia eléctrica [9].
- **Desarrollo de Nariz Electrónica personal para Smartphones para la Medida de Olores en el Medio Ambiente:** se presenta una nueva nariz electrónica miniaturizada (60x60 mm) conectada con un teléfono inteligente a través de una conexión Bluetooth. Este dispositivo tiene un diseño electrónico similar a otros prototipos anteriores, pero con un menor tamaño y consumo [10].
- **Diseño y realización de nariz electrónica para la maduración de quesos:** Plantea un sistema multisensorial para el reconocimiento de patrones, que determina el estado de las diferentes mezclas de quesos [11].

- **Nariz electrónica para determinar el índice de madurez del tomate de árbol (*Cyphomandra Betacea* Sendt):** Este artículo presenta el desarrollo de una nariz electrónica para el monitoreo no destructivo del proceso de maduración del tomate de árbol. Una matriz de 16 sensores de gases químicos fue acondicionada para la detección de tres índices de madurez del tomate de árbol (verde, maduro y sobre maduro) [12].
- **Estandarización y validación para el método de análisis del perfil aromático por nariz electrónica:** El objetivo de este trabajo fue el de estandarizar y validar el método de análisis del perfil aromático por nariz electrónica para la diferenciación de productos apícolas: miel, polen y propóleo. La estandarización se logró modificando las condiciones de preparación de la muestra y las variables del sistema, mientras que la validación se realizó mediante el análisis de la repetibilidad, la repetibilidad intermedia del método y el cálculo de la incertidumbre [13].
- **Origin identification of Chinese Maca using electronic nose coupled with GC-MS:** Maca (*Lepidium meyenii* Walp.), sufre trastornos de comercialización debido a la limitación de la investigación básica. Debido a la estrecha relación entre la calidad de la Maca y el origen del lugar, es de importancia científica, económica y social establecer un método rápido, confiable y eficiente para identificar el origen de la Maca. En el presente estudio, se recogieron 303 muestras de maca de 101 aldeas de la principal zona productora en China. Usando la nariz electrónica y el algoritmo de red neutral de BP, se creó una base de datos de olores de Maca para rastrear el origen [14].

3.2. MARCO TEÓRICO

La graduación alcohólica se expresa en grados y lo que mide es el contenido de alcohol absoluto en 100 cc o, lo que es lo mismo, el porcentaje de alcohol que contiene una bebida. Es decir, que un vino tenga 13 grados significa que 13 cc de cada 100 cc = 13 % es alcohol absoluto. El grado alcohólico viene expresado en los envases como (°) o bien como VOL%.

Teniendo en cuenta que hay amplias variaciones respecto a la concentración de las bebidas alcohólicas utilizadas en diferentes países. En el informe Alcohol y atención primaria de la salud (OMS, 2008), se indica que la cerveza contendrá entre el 2 % y el 5 % de alcohol puro, los vinos contendrán entre el 10,5 y el 18,9 %, los licores variaban entre el 24,3 % y el 90 %, y la sidra entre el 1,1 % y el 17 %. Desde la perspectiva sanitaria tiene mayor relevancia determinar los gramos de etanol absoluto ingerido, que el volumen de bebida alcohólica. Para calcular el contenido en gramos de una bebida alcohólica basta con multiplicar los grados de esta por la densidad del alcohol (0,8) [15].

Se puede agregar que, El consumo nocivo de alcohol ocupa el tercer lugar entre los principales factores de riesgo de muerte prematura y discapacidad a nivel mundial. Se estima que anualmente mueren en todo el mundo unos 2,5 millones de personas, incluidos más de 300 mil jóvenes de 15 a 29 años, por causas relacionadas con el alcohol. Casi 4% de todas las muertes en el mundo son atribuibles al alcohol, más que las muertes causadas por el VIH/SIDA, la violencia o la tuberculosis. El alcohol es un factor causal en 60 tipos de enfermedades y lesiones, y un componente de causa en otras 200. El alcohol también está asociado a muchos problemas sociales graves, incluyendo la violencia, el abandono o el abuso infantil, y el ausentismo laboral (WHO/ OMS, 2011) [16].

Para lo cual se aplica que un diagnóstico integral representa un punto de partida para diseñar acciones que permitan hacer frente a necesidades detectadas en la problemática. Según FISAC (Fundación de investigaciones sociales A.C), El licor adulterado contiene por lo general, una sustancia extremadamente tóxica llamada metanol, esta sustancia podría ser fatal incluso en pequeñas dosis. Esto puede causar ciertas afecciones que van desde un fuerte dolor de cabeza hasta producir la muerte.

Se estima que de cada 10 botellas presentes en el mercado, cuatro son de licor adulterado y resultan ser mucho más atractivas por el consumidor por su bajo precio. La mayor localidad en la cual se ingiere este tipo de licor viene siendo en las discotecas e incluso los bares, ya que son sitios los cuales presentan un mayor número de informalidad al momento de tener en cuenta las precauciones que se deben tomar [17].

Al momento de hacer el diagnóstico se tomaron referencias las cuales fueron hechas por estudios de casos reales y particulares acerca de las problemáticas que contiene el consumir este tipo de licor, se tuvo en cuenta la tasa de mortalidad que genera anualmente en el mundo el ingerir el licor adulterado.

Cabe resaltar que el alcohol es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica en un 90%, de ahí que se le atribuye un efecto directo, logrando incluso interferir en los potenciales de acción nerviosa; su influencia sobre la conducta se origina en la alteración de la corteza cerebral (Souza y Macharro, 1988) [18].

Cuando el alcohol se ingiere produce cambios bioquímicos hasta ser convertido en una sustancia llamada acetaldehído, que pasa a la sangre y se convierte en compuestos inertes; una vez el alcohol ha sido metabolizado en acetaldehído, produce el cuadro de intoxicación; algunos teóricos sostienen que éste actúa sobre los neurotransmisores cerebrales para producir tetraisoquinolinas que interfieren en el funcionamiento neuronal. Sin embargo, los datos disponibles sobre su acción

cerebral hablan de modos de acción específicos. Lo mismo sucede con la acción de otros depresores del SNC.

Otro efecto conocido es la alteración del metabolismo de la aldosterona, que produce retención de sodio, potasio y cloro; el poderoso efecto del alcohol en el gasto urinario ocurre, en parte, debido al resultado del efecto de la hipófisis posterior sobre la hormona antidiurética (Souza y Machorro, 1988). El 95% del alcohol ingerido permanece en el organismo hasta ser metabolizado a nivel hepático, en anhídrido carbónico (CO₂) y agua (H₂O). Del 1 al 5% se elimina por el aire respirado y del 1 al 15% se elimina por la orina.

Debido a lo anterior y evaluando esta metodología implementada en el agro y teniendo en cuenta otro tipo de base teoría como es la medicina e incluso cierta rama de ingeniería de sistemas, se tomó la decisión de implementar este dispositivo capaz de detectar si el licor se encuentra en un estado óptimo de consumo o si este es adulterado mediante el reconocimiento de patrones. Esta metodología no es fácil de implementar ya que los licores cuentan con una capa de sello que no permite que el envase emita gases para poder detectar estos sin necesidad de destapar el envase [19].

La Secretaria Distrital de la Salud Pública de los departamentos de Colombia, dicta una serie de recomendaciones en las cuales implica el tratamiento de sanidad que deben cumplir fabricación, venta y exportación de licores, las cuales son comúnmente rotas por el sistema de ventas colombiano el cual sólo se enfoca en lo monetaria sin determinar la salud del consumidor.

Otro aspecto por considerar en este campo de licores adulterados o fraudulentos es la identificación de los factores de riesgos que incumplen las personas que hacen fraude a este sistema como lo son:

- El incumplimiento de documentos legales y sanitarios que deben presentar los establecimientos como mínimo para poder funcionar públicamente.

- La revisión de los aspectos del interesado con el fin de aclarar y definir aspectos relacionados con la representación legal, la ubicación y destinación que esto tendrán.
- Verificación y control de los diferentes factores de riesgos que estos licores pueden inferir a la sociedad.

Para darle solución a la problemática se empleó una metodología que usaban en campo agrario para determinar si ciertos frutos como el tomate o el café se encontraban en sus estados óptimos, a estos dispositivos les llamaron “Narices electrónicas”. Estas narices cuentan con un sistema capaz de detectar la fermentación que emiten los frutos, y de esta manera mediante el reconocimiento de patrones se determina si el fruto está en su estado de madurez óptimo para el consumo.

Teniendo todo esto, podemos realizar mediante los estudios pertinentes y con bases teóricas previamente planteadas, el dispositivo capaz de detectar estos licores, en este caso un tipo de licor. Mediante un procedimiento el cual consta de evaluar un lote de fabricación o exportación de este tipo de licor. La Parte de medición y evaluación de este tipo de licor será un poco exhaustiva ya que se procederá a destapar el envase para así poder ser medido, es decir, las botellas donde vienen almacenados estos licores será medida una a una, generando una respuesta rápida por el sistema, eficiente y precisa la cual arrojará si el licor es o no es apto para el consumo con responsabilidad.

Para lograr desarrollar una metodología que permita contrarrestar lo anteriormente mencionado es necesario entender el principio de transducción que se denomina a la conversión de un tipo de señal de energía en otro, visto desde el punto de vista de la electrónica se enfoca en la lectura de variables físicas (fuerza, velocidad, volumen, masa, distancia, etc.), que pueden ser interpretadas o convertidas en una medida de señal eléctrica en sus diferentes unidades según su denominación, en

este caso los sensores. Son dispositivos que tienen la capacidad de captar diferentes estímulos del exterior y transformarlos en energía eléctrica, estos impulsos eléctricos son posteriormente analizados, procesados y transformados por el dispositivo obteniendo una respuesta final [20].

Todo esto se puede procesar gracias a la señal modulada por ancho de pulso la cual tiene como objetivo la modulación por pulsos, se basa en modular una señal sinusoidal con una señal moduladora formada por pulsos obtenidos mediante el muestreo de la señal original [21] .

El PWM necesita de un circuito que cuenta con partes que cumplen distintas funciones, en dicho circuito el comparado trabaja como nexo y está compuesto por una salida y dos entradas una distinta de la otra. Al momento de hacer la configuración, hay que tener presente que una de las dos entradas se ocupará de dar espacio a la señal del modulador. La otra entrada tiene que estar unida al oscilador del tipo “dientes de sierra” para que la función pueda ser llevada a cabo de manera adecuada [22].

Según se hace necesaria la aplicación lecturas de pulso pasa bajas o altas, que luego a su vez son utilizadas en el diseño de controladores, por medio de dispositivos capaces de realizar la interpretación de pulsos que luego son aplicados al desarrollo de funciones usando mecanismos de transducción y actuadores que se ejecuten bajo el rango de señal, dependiendo de la duración del pulso los sistemas complejos digitales interpretan las señales continuas de tiempo como bits dentro de una red de flujo de señales que puede ser traducida dentro de sistemas robustos electrónicos. Cabe agregar que estas señales son interpretadas y codificadas por un microcontrolador que es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos. Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador [23], y en conjunto forman lo que se le conoce como microcomputadora. Se puede decir con toda propiedad que un

microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado, al cual se suman un conjunto de sensores de gas encargados de realizar la transducción de una variable volátil a una señal eléctrica que es captada por el microcontrolador, dicha transducción tiene en cuenta los parámetros bajo los cuales el sensor de gas identifica la presencia de un volátil, según la precedencia obtenida por la caracterización del sensor [24]. En este caso hablaremos de los sensores que se usaran en este proyecto, Los sensores de la familia MQ. Los sensores de gas de la serie MQ son sensores analógicos, haciendo esto que si implementación sea fácil con cualquier microcontrolador. Estos sensores son electroquímicos y varían su resistencia cuando se exponen a determinados gases internamente cuenta con un calentador encargado de aumentar la temperatura interna y con esto los sensores puedan reaccionar con los gases provocando un cambio en el valor de la resistencia. El calentador puede necesitar un voltaje entre 5 y 2 voltios, el sensor se comporta como una resistencia y necesita una resistencia de carga (R_L) para cerrar el circuito y con esto hacer un divisor de tensión y poder leerlo desde el microcontrolador.

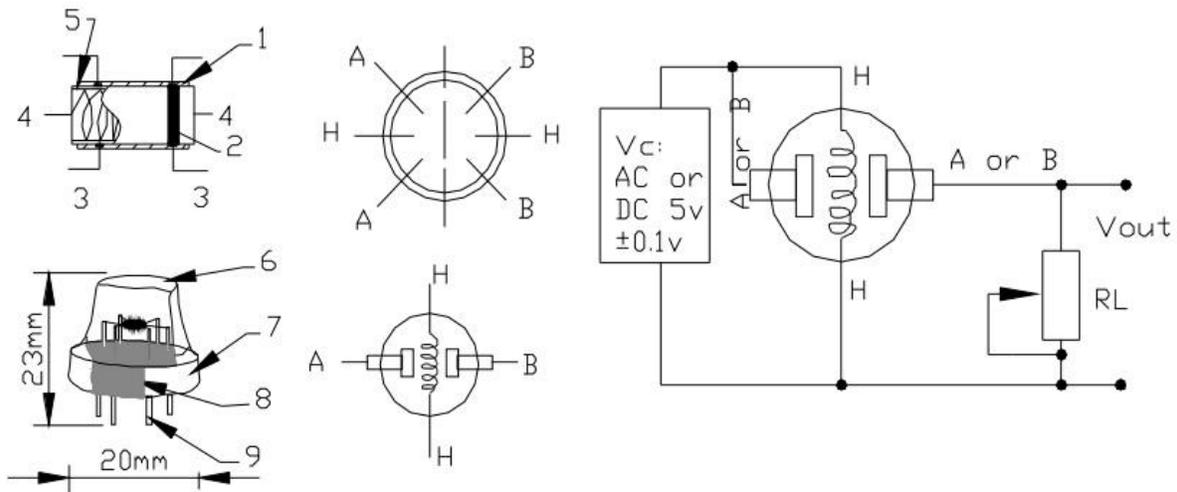


Figura 1. Configuración de sensor MQ

Debido al calentador es necesario esperar un tiempo de calentamiento para que la salida sea estable y tenga las características que el fabricante muestra en sus datasheet, dicho tiempo varía dependiendo del modelo, puede ser entre 12 y 48 horas.

En el mercado generalmente los sensores MQ se encuentran en módulos, lo que nos facilita la parte de las conexiones y su uso, solo basta con alimentar el módulo y empezar a leer con el sensor. Los módulos también cuentan con una salida digital la cual internamente trabaja con un comparador y con la ayuda de un potenciómetro podemos calibrar el umbral y así poder interpretar la salida digital como presencia o ausencia de gases.

La diferencia entre los distintos tipos de sensores MQ es la sensibilidad a tipos de gases, es decir, unos son más sensibles a otros gases que a otros, pero por lo general detectan a más de un gas, por esto es necesario revisar los datasheet para escoger el sensor adecuado para nuestra aplicación. Cabe resaltar que la mayoría de datasheet son parecidos, aún más en los primeros sensores que conforman esta familia [25].

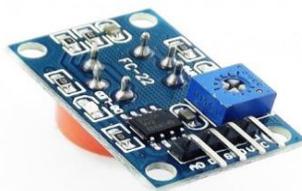


Figura 2. Sensor MQ

Sensor MQ-2: El material sensitivo del sensor MQ-2 es SnO₂ (Dióxido de estaño), el cual tiene una conductividad menor en aire limpio. Utiliza un circuito eléctrico simple que convierte el cambio de conductividad a la señal de salida correspondiente a la concentración de gas [26].

Este sensor tiene una alta sensibilidad al GLP (Gas licuado de petróleo), Propano e Hidrogeno, también podría usarse para el metano y otro vapor combustible.

- **Características:**

- Buena sensibilidad al gas combustible en un amplio rango.
- Alta sensibilidad al GLP, Propano e Hidrogeno.
- Larga vida y bajo costo.
- Circuito de accionamiento simple.

- **Aplicaciones:**

- Detector de fuga de gas doméstico.
- Detector de gas combustible industrial.
- Detector de gas portátil.

- **Configuración y sensibilidad característica:** Muestra la sensibilidad característica del MQ-2, la ordenada es la relación de medida del sensor (R_s/R_o), y la abscisa es la concentración de los gases. R_s es la resistencia en los diferentes gases y R_o es la resistencia del sensor en 1000ppm de hidrogeno, todas las pruebas se hicieron bajo las condiciones deseadas.

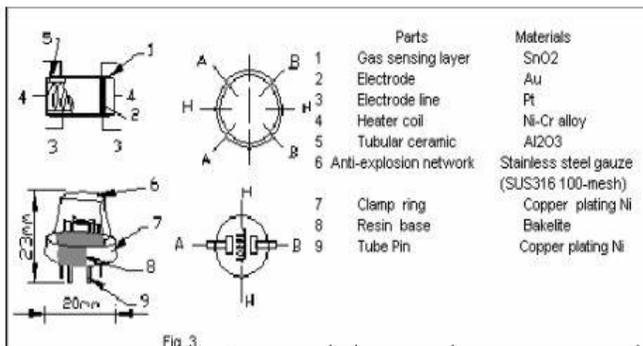


Figura 3. Configuración sensor MQ-2

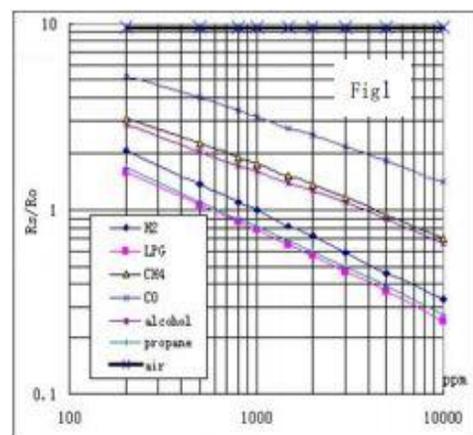


Figura 4. Sensibilidad sensor MQ-2

Sensor MQ-3: Es un sensor compuesto por tubo de cerámica micro AL203, posee una capa sensible al SnO₂ (Dióxido de estaño), además cuenta con un electrodo de medición y un calentador que se fijan en una corteza hecha de plástico y red de acero inoxidable.

El calentador proporciona las condiciones de trabajo necesarias para el funcionamiento de los componentes sensibles. Los MQ-3 tienen 6 pines y 4 de ellos se usan para buscar señales, los otros dos se usan para proporcionar corriente [27].

- Características:

- Alta sensibilidad al alcohol y baja sensibilidad al benceno.
- Respuesta rápida y alta sensibilidad
- Estable y larga vida
- Circuito de acondicionamiento simple.

- Aplicaciones:

- Son adecuados para el alcoholímetro.

- Configuración y sensibilidad característica: Se muestra las típicas características de sensibilidad del MQ-3 para varios gases. Su temperatura es de 20°C, Humedad del 65%, 21% de concentración de O₂, su RL de 200Kohm.

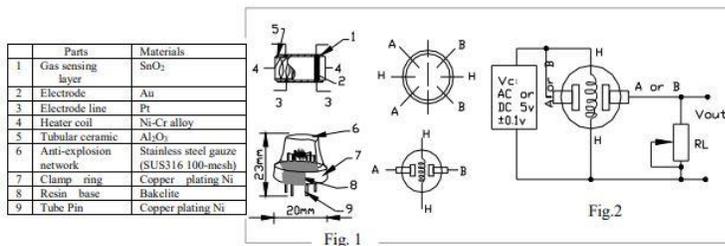


Figura 5. Configuración sensor MQ-3

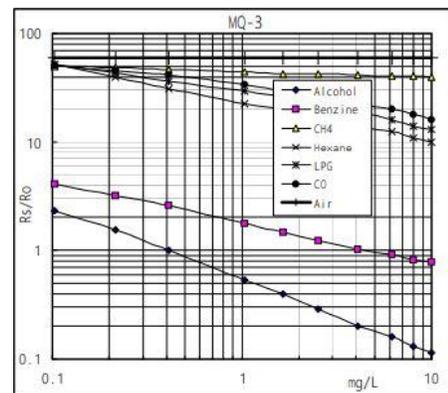


Figura 6. Sensibilidad sensor MQ-3

Sensor MQ-4: El material sensible del sensor de gas MQ-4 es SnO₂ (Dióxido de estaño). Este tiene una baja conductividad más baja en aire limpio. Cuando existe gas combustible, la conductividad del sensor es más alta junto con la concentración de gas creciente.

Este sensor tiene una alta sensibilidad al metano, también al propano y butano. Podría ser utilizado para detectar diferentes gases combustibles, especialmente metano, es de bajo costo y adecuado para diferentes solicitudes [28].

- Características:

- Buena sensibilidad al gas combustible en amplio rango.
- Alta sensibilidad al gas natural.

- Aplicaciones:

- Detector de fugas de gas doméstico.
- Detector de gas combustible industrial.
- Detector de gas portátil.

- Configuración y sensibilidad característica: Se recomienda que se calibre el detector para 5000ppm de concentración de CH₄ en el aire y el valor de uso de la resistencia de carga (RL) aproximadamente a 20KOhm. Se debe determinar el punto adecuado de alarma para el detector de gas después de haber considerado la temperatura y la humedad [29].

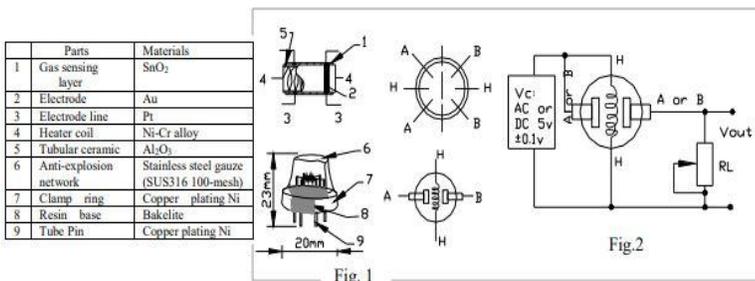


Figura 7. Configuración sensor MQ-4

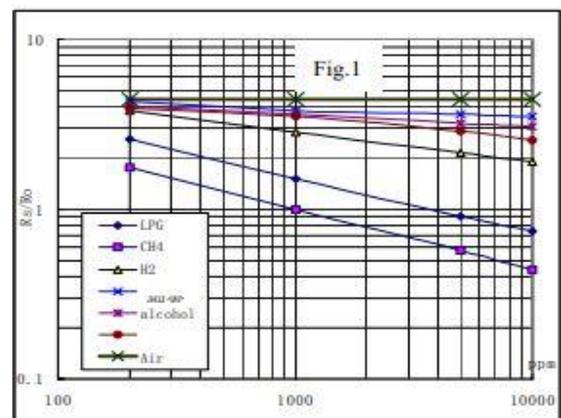


Figura 8. Sensibilidad sensor MQ-4

Sensor MQ-5: Este sensor de gas es útil para la detección de fugas de gas en el hogar y en la industria, puede detectar H₂, GLP, CH₄, CO y Alcohol, tiene un tiempo de respuesta rápido por lo que las medidas pueden ser tomadas lo antes posible, también se puede ajustar dicha sensibilidad con un potenciómetro [30].

- Características:

- Alta sensibilidad al GLP y al gas natural.
- Baja sensibilidad al alcohol y humo.

- Aplicaciones:

- Se utilizan en la detección de fugas de gas en los hogares e industrias.

- Configuración y sensibilidad característica: El ajuste de sensibilidad es muy necesario. le recomendamos que calibre el detector para 1000 ppm de concentración de H₂ o LPG en el aire y use el valor de la resistencia de carga (RL) de aproximadamente 20 KΩ (10KΩ a 47KΩ) [31].

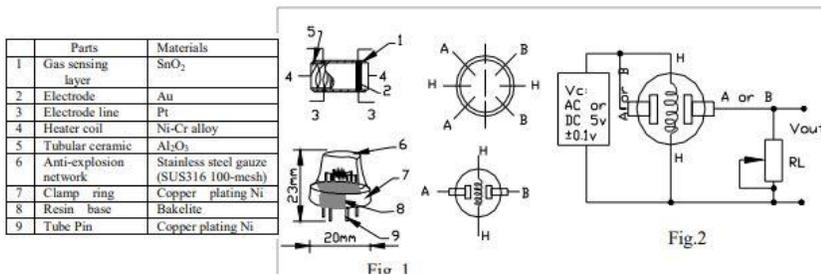


Figura 9. Configuración sensor MQ-5

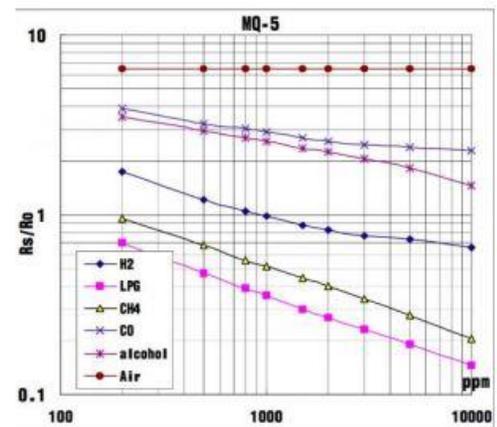


Figura 10. Sensibilidad sensor MQ-5

Sensor MQ-6: El sensor MQ6, tiene alta sensibilidad al propano, butano y al GLP, también responde al gas natural. Este sensor puede detectar diferentes gases combustibles incluido el metano [32].

- Características:

- Buena sensibilidad al gas combustible en amplio rango.
- Alta sensibilidad al propano, butano y GLP.

- Aplicaciones:

- Detector de fugas de gas domestico
- Detector de gas combustible industrial
- Detector de gas portátil.

- Configuración y sensibilidad característica: Es recomendable calibrar este sensor a 1000ppm para el GLP en el aire y también es importante que el valor de la resistencia de carga (RL) este en aproximadamente 20Kohm. Se debe determinar el punto adecuado para que el detector funcione de la manera correcta teniendo en cuenta la humedad y a temperatura [33].

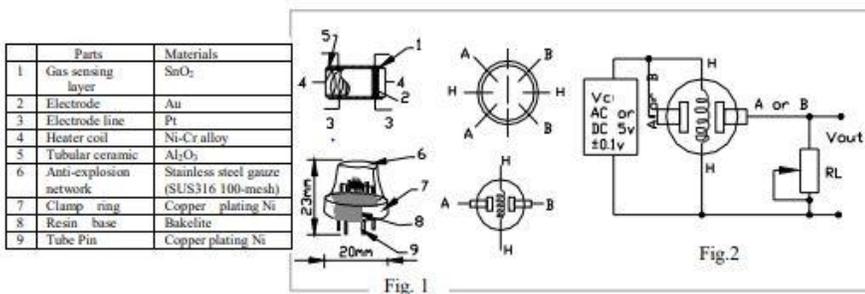


Figura 11. Configuración sensor MQ-6

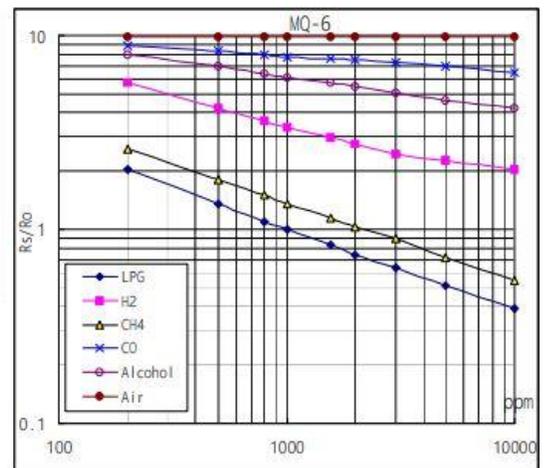


Figura 12. Sensibilidad sensor MQ-6

Sensor MQ-7: Este es un sensor de CO (Monóxido de carbono), Puede medir concentración de 10 a 10.000 ppm, funciona a temperaturas de -10 a 50°C y consume menos de 150mA a 5v [34].

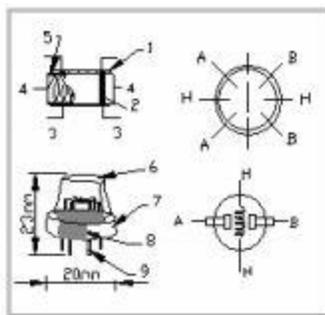
- **Características:**

- o Alta sensibilidad al monóxido de carbono.

- **Aplicaciones:**

- o Es utilizado en equipos de detección de CO en los hogares, industrias o automóviles.

- **Configuración y sensibilidad característica:** El ajuste de sensibilidad es necesario, se recomienda que el sensor se calibre para 200ppm de CO en el aire y se use el valor de resistencia de carga (RL) aproximadamente en 10Kohm [35].



Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO ₂
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al ₂ O ₃
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100 mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni

Fig.1

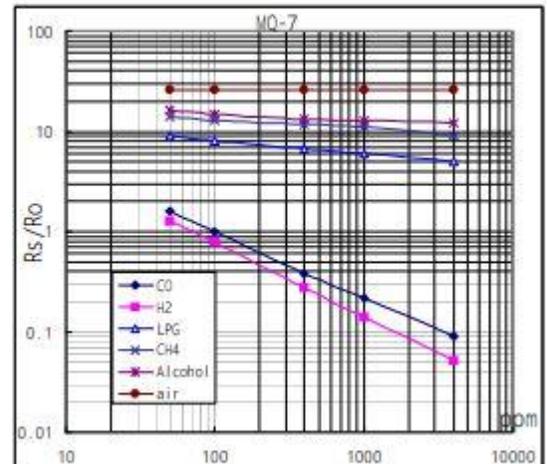


Figura 14. Sensibilidad sensor MQ-7

Figura 13. Configuración sensor MQ-7

Sensor MQ-8: Este sensor tiene una alta sensibilidad al hidrogeno y tiene anti-interferencia a otros gases, es decir, los otros gases no causan interferencia al momento de realizar la lectura [36].

- Características:

- Alta sensibilidad al H2.
- Baja sensibilidad al alcohol, GLP y humos de cocina.

- Aplicaciones:

- Alarma de fuga de gas del hogar.
- Alarma de hidrogeno a nivel industrial.
- Detector de gas portátil.

- Configuración y sensibilidad característica: Se recomienda calibrar el sensor a 1000ppm de concentración de H2 en el aire y un valor de 10Kohm en la resistencia de carga (RL) [37].

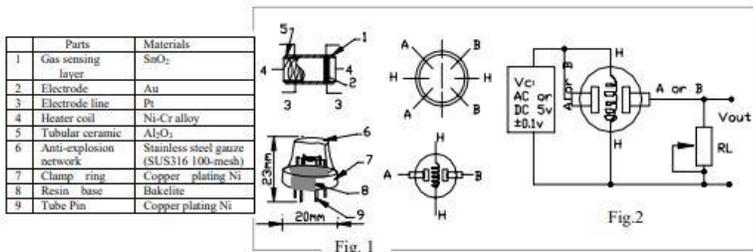


Figura 15. Configuración sensor MQ-8

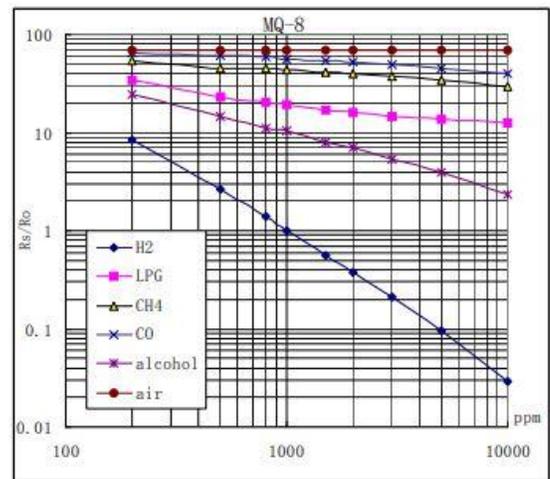


Figura 16. Sensibilidad sensor MQ-8

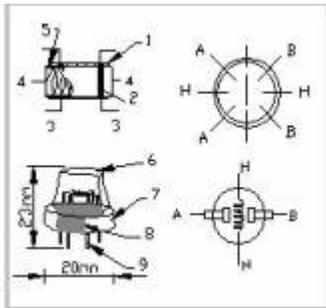
Sensor MQ-9: Este es un sensor de gas que tiene alta sensibilidad al monóxido de carbono, metano y GLP, es utilizado para detectar diferentes gases que contienen CO y gases combustibles [38].

- **Características:**

- Buena sensibilidad al CO y a gases combustibles.
- Alta sensibilidad al metano, propano CO.

- **Aplicaciones:** Es utilizado para detectar fugas de gases a nivel doméstico e industrial.

- **Configuración y sensibilidad:** Se recomienda que este sensor se calibre para 200ppm y 5000ppm de concentración de CH₄ o 1000ppm de GLO en el aire, y que su resistencia de carga (RL) tenga un valor alrededor de 20Kohm [39].



Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO ₂
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al ₂ O ₃
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni

Fig.1

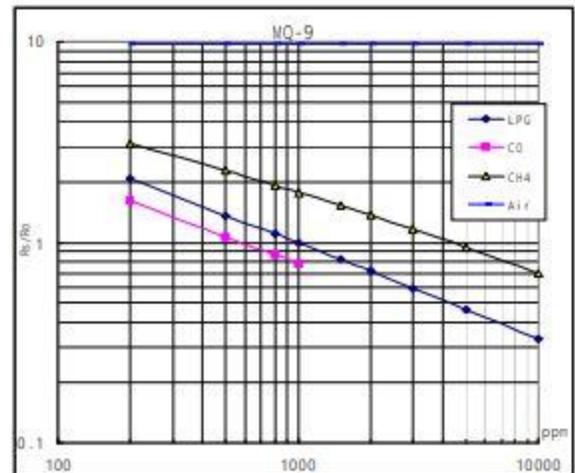


Figura 17. Configuración sensor MQ-9

Figura 18. Sensibilidad sensor MQ-9

Sensor MQ-135: Es un sensor de gases utilizado para el control de la calidad del aire y es adecuado para detectar NH₃ (Amoniaco), NO_x, Alcohol, benceno, humo, CO₂ y otras variedades [40].

- **Características:**

- Amplio alcance de detección.
- Respuesta rápida y alta sensibilidad.

- **Aplicaciones:** Se utilizan en equipos de control de calidad del aire para edificios y oficinas.

- **Configuración y sensibilidad característica:** Se recomienda que se calibre el sensor para 100ppm de NH₃ o 50ppm para la concentración de alcohol en el aire y que el valor de su resistencia de carga este alrededor de 20Kohm [41].

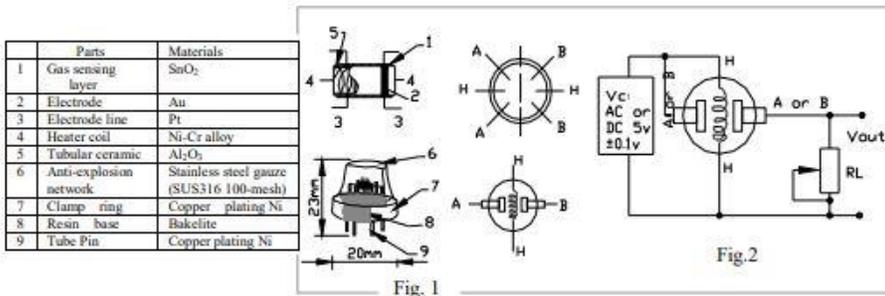


Figura 19. Configuración sensor MQ-135

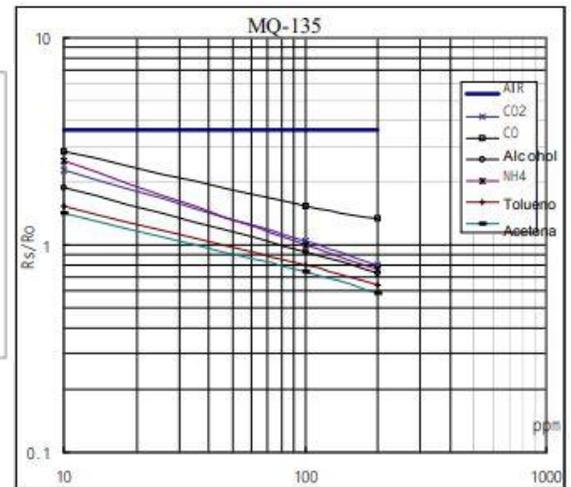


Figura 20. Sensibilidad sensor MQ-135

Todos estos sensores trabajan de manera independiente, tienen sensibilidades y configuraciones diferentes, sin embargo, pueden trabajar de manera conjunta utilizando un controlador como “cerebro de operación”.

Sistemas embebidos: Un sistema embebido es una combinación de hardware y software de computadora esbozado para que tenga una función específica, también conocido como un sistema integrado, está proyectado a cumplir un amplio rango de necesidades específicas.

Sus componentes se encuentran incluidos en la placa base y muchas veces los dispositivos resultantes no tienen aspecto de lo que se suele asociar con una computadora como podrías ser los taxímetros, un sistema de control de acceso, electrónica que controla alguna máquina, etc. [42].



Figura 21. Sistema embebido

Existen muchos tipos de microcontroladores como los microcontroladores de 8 bits, 32 bits, los PIC's, etc. Los cuales pueden ser utilizados para implementar distintos dispositivos para así obtener diferentes funciones, es decir, los sistemas embebidos tienen un amplio campo de funcionamiento y los vemos en nuestro día a día en los elementos electrónicos que comúnmente utilizamos para suplir nuestras necesidades como cuando usamos nuestro control remoto para dar uso de las distintas funciones que ofrece la televisión.

La gama de microcontroladores diseñada por la compañía Arduino, nos permite tener la facilidad de escoger dependiendo de nuestro proyecto, el tipo de microcontrolador que vayamos a necesitar para suplir todas las necesidades del proyecto, ya que esta gama cuenta con una amplia funcionalidad y fácil implementación, lo cual genera una gran utilidad al momento de poner en marcha

el proyecto que tengas en mente. El lenguaje de programación de estos microcontroladores está basado en C++, aunque la compañía da su misma referencia para el lenguaje de programación, también es posible usar comandos estándar del lenguaje C++ [43].

El microcontrolador “Arduino Mega” es uno de los más amplios con respecto al momento de definir entradas y salidas en tu sistema, en este caso el Arduino mega está basado en el ATmega2560. Cuenta con 54 pines en los cuales se encuentran su entradas y salidas, y 15 de ellos pueden ser usados como salidas PWM, 16 entradas análogas, 4 puertos seriales de hardware, un oscilador de cristal de 16MHz, un puerto USB, un puerto de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para ser soportado por el microcontrolador y fácilmente se puede conectar con una computadora con un cable USB o con un adaptador de CA a CC o una batería [44].

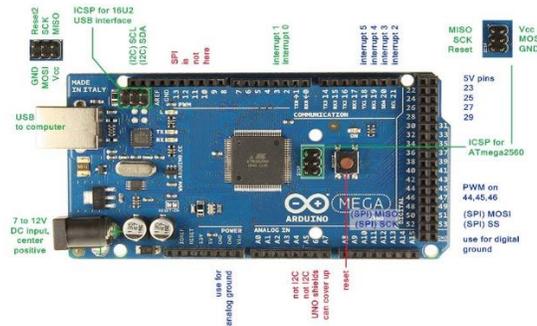


Figura 22. Arduino Mega

Con todas estas utilidades que nos permite el microcontrolador Arduino mega podemos implementar los sensores necesarios para el desarrollo del proyecto conjunto con programas para el diseño del prototipo y obtención de datos para evaluar el resultado final, para esto podemos implementar softwares avanzados como Solid Works, es un software de diseño CAD 3D para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D, este software ofrece muchas soluciones para cubrir aspectos implicados en el proceso de desarrollo de prototipos ofreciendo la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar datos del diseño.

La labor de este software en el proceso de desarrollo es bastante específica gracias a las soluciones que nos brinda, ayudado a acelerar el proceso ahorrando tiempo y dinero. En comparación con la mayoría de las empresas, la cadena de valor es un proceso secuencial en que necesitan terminar las fases anteriores para iniciar las nuevas, este software permite llevar el proceso en paralelo con el fin de ganar tiempo y poder tomar mejores decisiones creando los mejores diseños de prototipos [45]. Con este software se puede implementar toda la fase de creación, diseño y pruebas de hardware del proyecto que se quiere realizar, obteniendo los mejores resultados y eficiencias en la parte estructural.

Para el análisis de los resultados existen también una variedad de softwares como Matlab, Pattern Matching, Etc. Que permiten la recopilación de datos muestrales dando como respuesta una medición estándar en tiempo real. Por medio de reconocimiento de patrones se busca relacionar los objetos físicos o abstractos como los gases, con el propósito de extraer información que nos permita establecer propiedades de estos cuerpos, es decir, clasificar un grupo de patrones conocido como conjunto de pruebas en dos o más clases de categorías. Esto es logrado al calcular las categorías del conjunto en prueba comparándolo con un conjunto previo o training set. Luego un clasificador establecido mide la distancia entre varios puntos para así saber cuáles puntos son más cercanos a la meta de un modelo parametrizado. Esta es un área de la tecnología conocida como aprendizaje de máquinas (Machine Learning) [46].

Matlab es un software de MathWorks que nos facilita tareas de dar science y procesamiento de datos con herramientas para crear modelos predictivos y de machine learning. [47] Simplificando la integración del hardware en medidas de cualquier proveedor, representando una lógica completa ofreciendo el desarrollo de algoritmos de análisis de datos y diseño de interfaces de usuarios de ingeniería personalizada. Con este software la implementación del reconocimiento de patrones se realizará de manera específica dado que se aumentará la eficiencia de los datos a monitorear obteniendo un patrón de respuesta puntual [48][49][50].

3.2.1 MARCO CONCEPTUAL

- **Volátiles:** Según el ministerio para la transición ecológica de España define a los compuestos orgánicos volátiles (COV) como el conjunto de los hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Se puede considerar como COV aquel compuesto orgánico que a 20°C tenga una presión de vapor de 0.01 kPa o más, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso [51].

Suelen presentar una cadena con un número de carbonos inferior a doce y contienen otros elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Su número supera el millar, pero los más abundantes en el aire son metano, tolueno, n-butano, i-pentano, etano, benceno, n-pentano, propano y etileno. Tienen un origen tanto natural (COV biogénicos) como antropogénico (debido a la evaporación de disolventes orgánicos, a la quema de combustibles, al transporte, etc.).

- **Reconocimiento de patrones:** Es la ciencia que se ocupa de los procesos sobre ingeniería, computación y matemáticas relacionados con objetos físicos y/o abstractos, con el propósito de extraer información que permita establecer propiedades de o entre conjuntos de dichos objetos.

Estos se pueden determinar de manera cualitativa o cuantitativa, permitiendo determinar las interacciones cíclicas que determinan la existencia de un patrón presente, utilizando métodos estadísticos o identificación sintáctica donde se tienen en cuenta las propiedades o características particulares que asignan el grado de pertenencia de un compuesto a determinado grupo.

A partir de esto se realiza el procesamiento de los datos, el análisis de la información. la cuantificación o cualificación seguido de la respectiva digitalización y organización de datos que arroja como resultado el reconocimiento de un patrón [52].

- **Licor:** bebidas alcohólicas que previamente pasan por un proceso de destilación y que fueron posteriormente aromatizadas y saborizadas [53].
- **Destilación:** La destilación es una técnica de separación de sustancias que permite separar los distintos componentes de una mezcla. Esta técnica se basa fundamentalmente en los puntos de ebullición de cada uno de los componentes de la mezcla. Cuanto mayor sea la diferencia entre los puntos de ebullición de las sustancias de la mezcla, más eficaz será la separación de sus componentes; es decir, los componentes se obtendrán con un mayor grado de pureza [54].
- **Adulteración:** Alteración de la calidad o pureza de algo por adición de una sustancia extraña – Falsificación [55].
- **Licor adulterado:** El licor adulterado contiene, por lo general, una sustancia extremadamente tóxica llamada metanol, de la cual una pequeña dosis puede resultar fatal. Las consecuencias también incluyen dolor de cabeza, mareo, convulsiones y una situación que puede evolucionar hasta el estado de coma. En algunos casos se presentan náuseas, dolor abdominal y dificultad para respirar [56].
- **Sistema Multisensorial:** como su nombre lo indica, un sistema multisensorial es aquel de consta de múltiples sensores para realizar diversas tomas de muestras físicas y convertirlas en señales eléctricas para su análisis y muestreo [57].
- **Gas:** El gas es el estado de agregación de la materia que no tiene forma ni volumen propio, es decir, bajo ciertas condiciones de temperatura y presión permanece en estado gaseoso. Principalmente se compone por moléculas que no son atraídas unas por otras, por lo que se mueven en el vacío a gran velocidad y muy separadas unas de otras [58].

- **Alcohol:** Sustancia cuyo consumo excesivo da lugar a una intoxicación capaz de producir alteraciones psíquicas, de memoria, conductuales, en el estado de ánimo, y cuadros más graves dependiendo de la intensidad y continuidad de la dieta [59].
- **Etanol:** El etanol es un compuesto químico que también se conoce bajo el nombre de alcohol etílico, el cual es un líquido sin color ni olor, bastante inflamable que posee un punto de ebullición en torno a 78°C [60].
- **Medición de gases:** Los sensores para la detección de gases y vapores son transductores que usan ciertas propiedades de los gases para la conversión en una señal eléctrica adecuada. Especialmente tres principios de medición se han hecho dominantes en las décadas recientes de la detección industrial de gases y vapores tóxicos: sensores electroquímicos, sensores de perla catalítica y sensores infrarrojos [61].
- **Algoritmo:** Un algoritmo es una secuencia de instrucciones que representan un modelo de solución para determinado tipo de problemas [62] .
- **Matriz:** Una matriz es una tabla bidimensional de números en cantidades abstractas que pueden sumarse y multiplicarse [63].
- **Diseño:** Es una actividad creativa cuyo propósito es establecer las cualidades multifacéticas de objetos, procesos, servicios en su ciclo completo de vida. Es el factor principal de la humanización innovadora de las tecnologías y el factor crítico del cambio cultural [64].
- **Caracterización:** Según la RAE (Real Academia de la Lengua Española), la caracterización es, 1. tr. Determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás. 2. tr. Autorizar a alguien con algún empleo, dignidad u honor. 3. tr. Dicho de un actor: Representar su papel con la

verdad y fuerza de expresión necesarias para reconocer al personaje representado.

4. pñl. Dicho de un actor: Pintarse la cara o vestirse conforme al tipo o figura que ha de representar [65].

- **Sensor:** un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud [66].

- **Prototipo:** Un prototipo es un primer modelo que sirve como representación o simulación del producto final y que nos permite verificar el diseño y confirmar que cuenta con las características específicas planteadas [67].

3.2.2 MARCO LEGAL

En Colombia todas las bebidas alcohólicas que se suministren directamente al público y las a granel con o sin marca, deben contar con registro sanitario expedido por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos –Invima–, conforme a lo establecido en el Decreto 1686 de 2012 [68]

RESOLUCIÓN 181 DE 2015 (febrero 27) Que la Ley 1696 del 19 de diciembre de 2013, modificatoria de la Ley 769 de 2002 y de la Ley 1383 de 2013, “por medio de la cual se dictan disposiciones penales y administrativas para sancionar la conducción bajo el influjo del alcohol u otras sustancias psicoactivas”, establece como circunstancia de agravación punitiva para el homicidio culposo el hecho de conducir 'bajo el grado de alcoholemia igual o superior al grado 1...". [68] [69].

Resolución 88919 de 2017 Reglamento técnico sobre el uso de alcoholímetro y parámetros adjudicados según el debido procedimiento y ejecución sección 9.3 [70]
El artículo 243 de la ley 9a de 1979 expide las normas específicas a las que se encuentra sujeto el registro sanitario para el proceso de fabricación de bebidas alcohólicas, En la expresión bebidas se incluyen las alcohólicas, analcohólicas no alimenticias, estimulantes y otras que el Ministerio de salud determine [71].

DECRETO 3192 DE 1983 (Noviembre 21) por el cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 9 de 1979, en lo referente a fábricas de alcohol y bebidas alcohólicas, elaboración, hidratación, envase, distribución, exportación, importación y venta de estos productos y se establecen mecanismos de control en el territorio nacional [72].

DECRETO 365 DE 1994 (febrero 11) por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3192 de 1983 y se dictan otras disposiciones sobre la materia ARTÍCULO 1 modificar. Los numerales 1 y 15 del artículo 2º del Decreto 3192 de 1983, los cuales quedarán así:

" 1. Fábrica de alcohol. El establecimiento en donde se produce alcohol etílico para la elaboración de bebidas alcohólicas."

" 15. Producto terminado. Todo producto con un grado alcohólico apto para el consumo humano, que se obtiene como resultado del procesamiento de materias primas, e insumos, o por manipulación (hidratación, envase) de un producto totalmente elaborado [73].

Decreto 3075 de diciembre de 1997, en el cual el presidente de la república de Colombia en ejercicio de sus atribuciones constitucionales y legales y en especial las que le confiere el numeral 11 del artículo 189 de la constitución política y la ley 09 de 1979 decreta disposiciones generales. Artículo 1.- ámbito de aplicación .- la salud es un bien de interés público. en consecuencia, las disposiciones contenidas en el presente decreto son de orden público, regulan todas las actividades que puedan generar factores de riesgo por el consumo de alimentos, y se aplicarán:

A. a todas las fábricas y establecimientos donde se procesan los alimentos; los equipos y utensilios y el personal manipulador de alimentos.

B. a todas las actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos en el territorio nacional.

C. a los alimentos y materias primas para alimentos que se fabriquen, envasen, expendan, exporten o importen, para el consumo humano.

D. a las actividades de vigilancia y control que ejerzan las autoridades sanitarias sobre la fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución, importación, exportación y comercialización de alimentos, sobre los alimentos y materias primas para alimentos [74].

4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

4.1. METODOLOGÍA

La metodología implementada en esta investigación las consideramos de tipo aplicada, ya que se basa en una situación real en la cual se ve afectada la población consumidora de licor adulterado, analizando las situaciones y acciones negativas que recurrentemente afectan la salud y al mismo tiempo dar una solución que apoya con iniciativa a combatir esta problemática.

4.2. TIPO DE ESTUDIO

El estudio implementado es de tipo experimental ya que se busca con el prototipo generar un impacto positivo en la lucha contra el licor adulterado, para esto existen casos los cuales podrán ser simulados con las muestras en la matriz de sensores.

4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO

Tabla 1. Entregable 1

Universidad Autónoma del Caribe Proyecto de Grado - Ingeniería Mecatrónica PLAN DE TRABAJO						
Componentes	Descripción	Responsables	Fecha inicio	Fecha final	Duración (Días)	Presupuesto
OBJETIVO 1	Diseñar la matriz multisensorial para el análisis de las diferentes muestras volátiles de manera conjunta.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	5/11/2019	3/12/2019	25	
Entregable # 1	Documento con la identificación de los volátiles para el análisis de diferentes muestras de manera conjunta.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	5/11/2019	14/11/2019	9	
Actividad 1	Selección los volátiles a analizar para estandarizar sus parámetros.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	5/11/2019	11/11/2019	6	
Actividad 2	Estructurar y parametrizar la composición de los volátiles para su análisis y clasificación.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	11/11/2019	14/11/2019	3	
TAREA 1	Identificar los volátiles presentes en el licor.					

Tabla 2. Entregable 2

Entregable # 2:	Documento con la identificación de los transductores de volátiles y selección de componentes para el diseño de la matriz multisensorial.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	17/11/2019	3/12/2019	16	
Actividad 4	Seleccionar los transductores pertinentes capaces de detectar los volátiles deseados para la matriz multisensorial.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	14/11/2019	16/11/2019	2	
Actividad 5	Determinar las características y estructura del diseño de la matriz para el acople de los sensores pertinentes.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	16/11/2019	19/11/2019	3	
Actividad 6	Configuración de matriz multisensorial de manera que contenga un funcionamiento conjunto.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	19/11/2019	27/11/2019	5	
Actividad 7	Protocolo de diseño de la matriz para determinar requerimientos y riesgos del proyecto.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	27/11/2019	2/12/2019	5	
Actividad 8	Presupuesto y compra de materiales para desarrollar el diseño de la matriz multisensorial.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	2/12/2019	3/12/2019	1	\$ 806.900
TAREA 2	Identificar los transductores de los volátiles presentes en el licor.					
TAREA 3	Seleccionar componentes para el funcionamiento de la matriz multisensorial.					

Tabla 3. Entregable 3

OBJETIVO 2	Caracterizar los componentes de la matriz multisensorial para obtener los rangos y voltajes adecuados a la característica del diseño.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	4/12/2019	20/02/2020	50	
Entregable # 3	Identificación de los rangos de medición de los sensores de la matriz multisensorial para determinar límites.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	3/12/2019	21/01/2020	18	
Actividad 9	Parametrizar los sensores para obtener sus rangos de medición.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	3/12/2019	11/12/2019	8	
Actividad 10	Calibrar los sensores según su conjunto de identificación para el análisis del volátil deseado.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	11/12/2019	13/12/2019	2	
Actividad 11	Análisis de respuesta de la matriz multisensorial para determinar valores de error.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	13/01/2020	18/01/2020	5	
Actividad 12	Determinar rangos para hallar los valores deseados al momento de analizar un volátil en licores.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	18/01/2020	21/01/2020	3	
TAREA 4	Determinar los límites de los rangos de medición de la matriz multisensorial.					

Tabla 4. Entregable 4

Entregable # 4	Verificación y testeo de matriz multisensorial.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	21/01/2020	21/02/2020	30	
Actividad 13	Comparación de respuesta de matriz respecto a estándares de medida de volátiles.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	21/01/2020	5/02/2020	15	
Actividad 14	Pruebas independientes con cada sensor para su caracterización individual.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	5/02/2020	10/02/2020	5	
Actividad 15	Pruebas conjuntas de matriz integrada para su caracterización conjunta.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	10/02/2020	17/02/2020	7	
Actividad 16	Recopilación de datos obtenidos para determinar errores de clasificación de volátiles por parte de la matriz.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	17/01/2020	20/02/2020	3	
TAREA 5	Verificar funcionamiento de la matriz multisensorial.					

Tabla 5. Entregable 5

Entregable # 5	Algoritmo que permita la identificación de licores adulterados mediante reconocimiento de patrones.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	20/02/2020	20/03/2020	29	
Actividad 17	Estructura lógica de la matriz que permita la función de los componentes de manera conjunta.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	20/02/2020	29/02/2020	9	
Actividad 18	Lectura y análisis datos arrojados por la estructura lógica de la matriz multisensorial.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	29/02/2020	6/03/2020	6	
Actividad 19	Estructuración del código a emplear en la matriz para implementar el funcionamiento deseado.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	6/03/2020	9/03/2020	3	
Actividad 20	Interpretación de datos digitales para determinar los estándares correctos de la respuesta del sistema.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	9/03/2020	13/03/2020	4	
Actividad 21	Finalización de algoritmo de programación que permita el funcionamiento de la matriz multisensorial.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	13/03/2020	20/03/2020	7	

Tabla 6. Entregable 6

Entregable # 6	Optimización del código de programación de manera que sea mas eficiente para el sistema en conjunto.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	20/03/2020	3/04/2020	14	
Actividad 22	Ejecución del código implementado en la tarjeta inteligente para la matriz multisensorial.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	20/03/2020	30/03/2020	10	
Actividad 23	Integración matriz código de manera que funcionen hardware y software de manera conjunta.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	30/03/2020	1/04/2020	2	
Actividad 24	Finalización del desarrollo de la matriz multisensorial para la medición de señales volátiles y su clasificación por medio de reconocimiento de patrones.	Cristian Pineda & Heyller Flórez	1/04/2020	3/04/2020	2	
TAREA 7	Optimizar programación de la matriz multisensorial.					

Tabla 7. Total

Actividades Especiales	Actualización de la Líneas Base del Proyecto.					
	Admón. y Gerencia del Proyecto.					
	Procesos de selección objetiva					
	Estudio de Resultados del proyecto.					
TOTAL					118	\$ 45.354.933

5. PRESUPUESTO

Nuestro presupuesto es de bajo costo debido al mismo costo de los materiales y equipos necesarios para desarrollar todo el dispositivo.

5.1. PRESUPUESTO GENERAL

Tabla 8. Presupuesto general.

	FORMATO DE PRESUPUESTO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN CONVOCATORIAS INTERNAS				GI-02-PR-03-F02
					Versión 1
					12/06/2019
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO					
RUBROS	Fuentes de Financiamiento				Total
	Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	de y INVESTIGADORES	Otras fuentes Externas	Contrapartida UAC	
1. Personal Científico	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 10.745.664	\$ 10.745.664
2. Personal de Apoyo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 1.713.408	\$ 1.713.408
3. Consultaría especializada y Servicios Técnicos externos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
4. Materiales e Insumos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 26.827.871	\$ 0,00	\$ 26.827.871
5. Trabajo de Campo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
6. Equipos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 6.067.990	\$ 6.067.990
7. Bibliografía	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
8. Material de difusión y Promoción de resultados	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
TOTAL, PRESUPUESTO DEL PROYECTO	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 18.527.062	\$ 18.527.062

5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO

El presupuesto invertido en este rubro consiste en el costo del tiempo empleado por el personal de investigación vinculados a este proyecto, que incluye a los directores y a los auxiliares de investigación.

Tabla 9. Costo personal científico.

1. PERSONAL CIENTIFICO										
Nombres y Apellidos	Tipo de Contrato	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencias	INVESTIGADORES	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Kelvin Beleño Sáenz	Titular	Investigador Principal	\$46.666	3	48				\$6.719.904	\$6.719.904
2. Carlos Díaz Sáenz	Asociado	Co-Investigador	\$41.935	2	48				\$4.025.760	\$4.025.760
4. Utilizar en caso de no ser Docente de Planta de la UAC	N/A									
SUB-TOTAL									\$ 10.745.664	\$ 10.745.664

Tabla 10. Costo personal de apoyo.

2. PERSONAL DE APOYO								
Nombres y Apellidos	Tipo de Vinculación	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento		
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	SUB-TOTAL
1. Cristian David Pineda Sandoval	Practicante	Auxiliar de Investigación	\$ 2.231	8	48			\$ 856.704
2. Heyller Fabien Flórez Vásquez	Practicante	Auxiliar de Investigación	\$ 2.231	8	48			\$ 856.704
3.	N/A							
4.	N/A							
SUB-TOTAL								\$ 1.713.408

5.3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA

Tabla 11. Costo consultoría especializada.

3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA Y SERVICIOS TECNICOS EXTERNOS				
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento		
		Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	SUB-TOTAL
1. Nombre				\$ 0
2.				\$ 0
3.				\$ 0
SUB-TOTAL		\$ 0	\$ 0	\$ 0

5.4. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

El presupuesto dedicado a esta sección incluye los insumos y equipos más importantes que usaremos para desarrollar la investigación.

Tabla 12. Costo materiales e insumos.

4. MATERIALES E INSUMOS					
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento			
		Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Sensores y materiales de apoyo	Sensores de la familia MQ: 2,3,4,5,6,7,8,9,131,135,137; Váquelas, Estaño, Jumpers, Envíos.		\$ 736.900		\$ 736.900
2. Tarjeta programable	Microcontrolador Arduino Mega		\$ 70.000		\$ 70.000
3. Licencias	SolidWorks Profesional, Matlab		\$ 26.020.971		\$ 26.020.971
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
SUB-TOTAL			\$ 26.827.871		\$ 26.827.871

Tabla 13. Costo trabajo de campo.

5. TRABAJO DE CAMPO									
Descripción	Justificación	No. De días	No. De personas	Costo/día de estadía por persona	Transporte por persona (ida/vuelta)	Fuentes de Financiamiento			
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1.		21	2			\$ 0			0
							\$ 0		\$ 0
								\$ 0	\$ 0
SUB-TOTAL						\$ 0	\$	\$ 0	\$

Tabla 14. Costo equipos usados

6. EQUIPOS						
Descripción	Justificación	Cantidad	Fuentes de Financiamiento			
			Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Fuentes de voltaje		1			\$ 1.667.990	\$ 1.667.990
2. Computadora		2			\$ 4.400.000	\$ 4.400.000
3.						\$ 0
4.						\$ 0
5.						\$ 0
SUB-TOTAL			\$ 0	\$ 0	\$ 6.067.990	\$ 6.067.990

6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. DISEÑO DEL PROTOTIPO

El diseño corresponde de manera inmediata a la necesidad del dispositivo para contener y analizar volátiles de la forma correspondiente mediante el muestreo, empleando diferentes componentes de fácil consecución y limpieza, según los estándares indicados para la manipulación de alimentos. Que a su vez evitan los riesgos contaminantes.

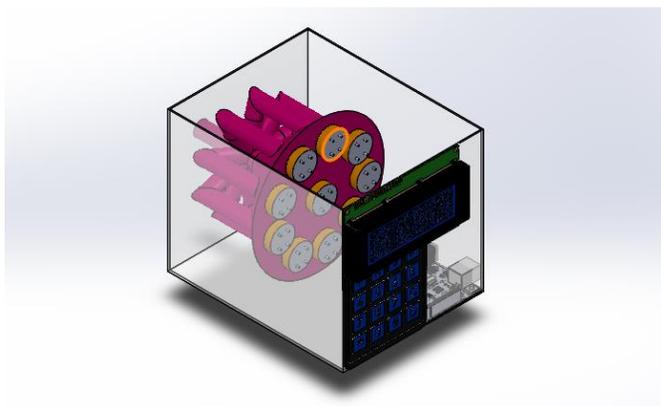


Figura 23. Vista frontal y superior del prototipo (propia autoría).

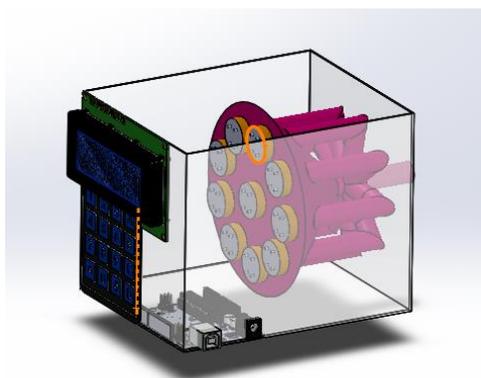


Figura 24. vista de la cámara en el prototipo (propia autoría).

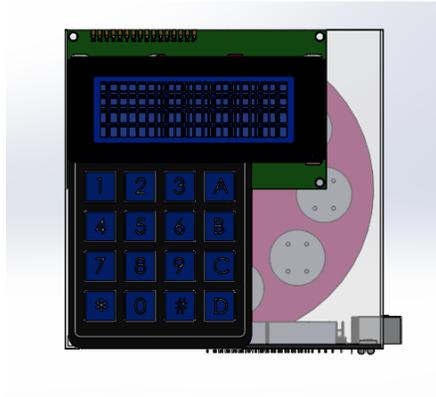


Figura 25. 2da versión de prototipo (propia autoría).

6.1.1. CODIGO DE PRUEBAS PARA SENSORES MQ

```
const int MQ# = A1;
const int MQ_DELAY = 2000;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  int raw_adc = analogRead(MQ#);
  float value_adc = raw_adc * (5.0 / 1023.0);

  Serial.print("Raw:");
  Serial.print(raw_adc);
  Serial.print("    Tension:");
  Serial.println(value_adc);

  delay(MQ_DELAY);
}
```

La estructura de código basada en c# (C SHARP) con la que se realizan las cadenas de código en el compilador SDK de Arduino permite emplear una lógica de programación estructurada donde se declaran los componentes empleados de manera física para respectiva lectura como lo son los sensores MQ que componen el dispositivo, este código fue diseñado para realizar las primeras medidas, donde se usa una única entrada.

El sensor fue expuesto a una muestra para su respectiva caracterización y así analizar su comportamiento ante la exposición, puesto que los respectivos resultados arrojados por cada sensor permiten un mejor análisis y comprensión del compuesto tratado, donde se comparan los niveles de voltaje emitidos por el sensor con la conversión generada por el bus de datos análogo del microcontrolador que varía entre 0 y 1023 donde dependiendo de las características propias de cada sensor se observan las variaciones en las medidas que se imprimen en el monitor serial del compilador.

6.2. DISEÑO DISPOSITIVO FINAL

La matriz Multisensorial está integrada por un microcontrolador y una interface de sensores MQ para el análisis de compuestos volátiles sumado a una pantalla LCD y un teclado para manipulación del usuario según el volátil a parametrizar, a su vez cuenta con un ventilador a 5volts de bajo consumo que le permite potencializar la adquisición de datos aumentando el ingreso de la muestra en análisis al complejo del dispositivo que por medio de técnicas de análisis y muestreo de datos encriptadas en su programación que le permiten de manera cuantitativa comparar los datos adquiridos con una base de datos existente dentro del microcontrolador haciendo posible su uso, a partir de los ensayos practicados en los diferentes planteamientos de diseño se hicieron notables las falencias que poseía cada idea plasmada de manera digital y luego física que se quedaba corta aun en los principio del diseño implementado, no obstante se hizo posible la evolución de la estructura que debía ser eficiente en todos los aspectos desde la cantidad de material requerido para su fabricación como el tiempo empleado para completar una unidad, esto fue generando distintos interrogantes que se satisfacen en la propuesta final, donde se observa una matriz integral y de buena presencia, diseñada con materiales de calidad, resistente, portable y fácil de usar.

Esto género como respuesta el diseño final que integra lo mejor de cada ensayo y lo potencializa como una propuesta única, eficiente y adaptable a la necesidad de una herramienta inteligente capaz de desempeñar su función de interpretar compuestos volátiles de una manera adecuada produciendo las condiciones idóneas para la investigación.

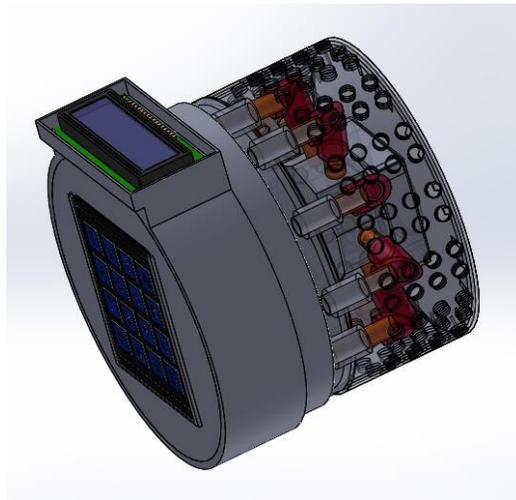


Figura 26. Vista isométrica Dispositivo final (Propia autoría)

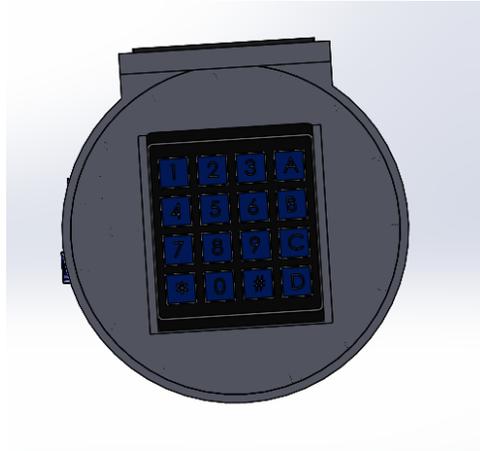


Figura 27. Vista frontal dispositivo final (Propia autoría)

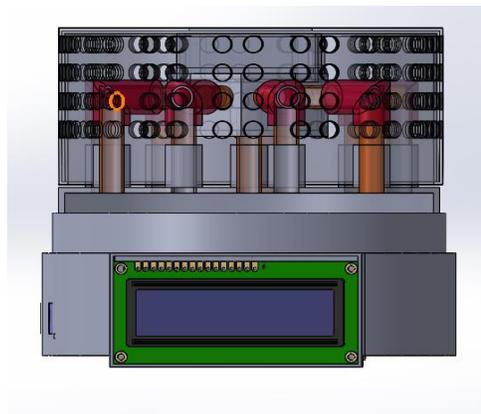


Figura 28. Vista alzado dispositivo final (Propia autoría)

6.2.1. DIMENSIONES DEL DISPOSITIVO

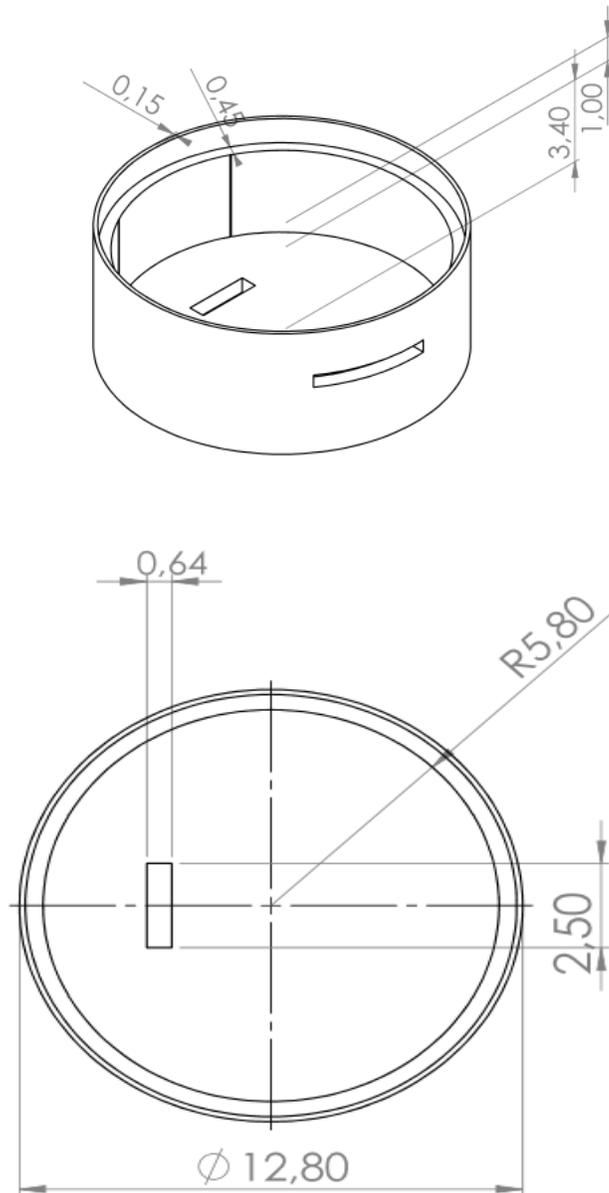


Figura 29. Pieza A

DIMENSIONES PIEZA A	
L	A
5,40cm	12,80cm

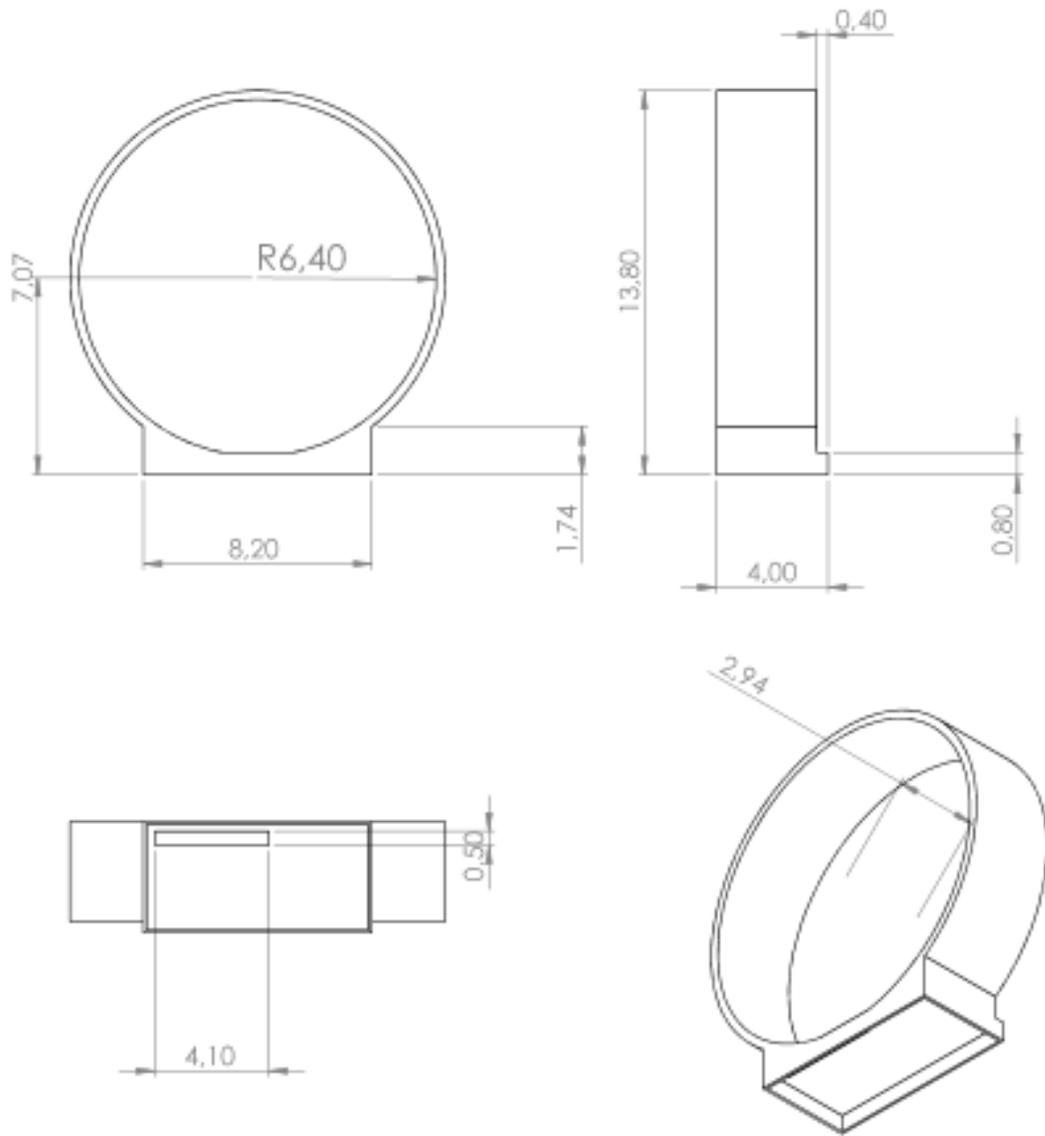


Figura 30. Pieza B

DIMENSIONES PIEZA B	
L	A
13,80cm	4,00cm

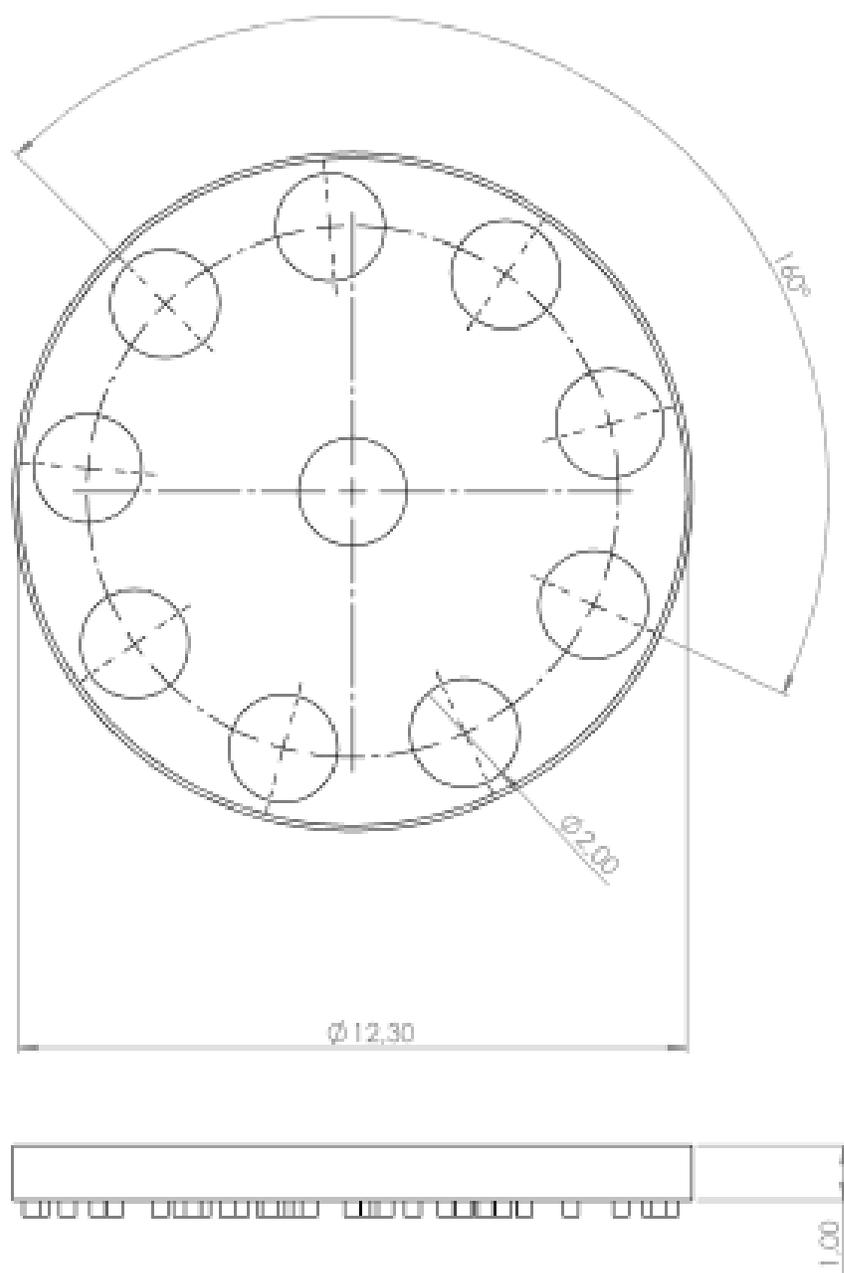


Figura 31. Pieza C

DIMENSIONES PIEZA C	
L	A
12,30 cm	1,00cm

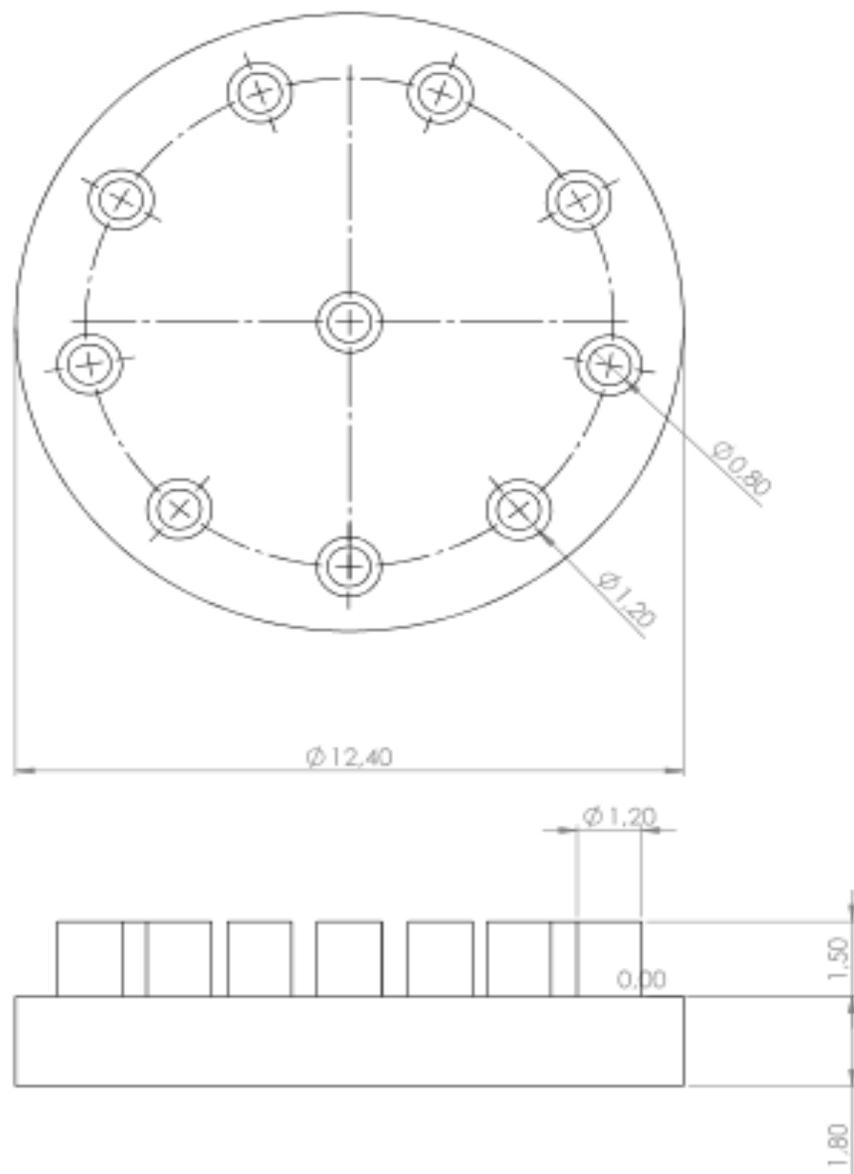


Figura 32. Pieza D

DIMENSIONES DE PIEZA D	
L	A
12,40 cm	2,30cm

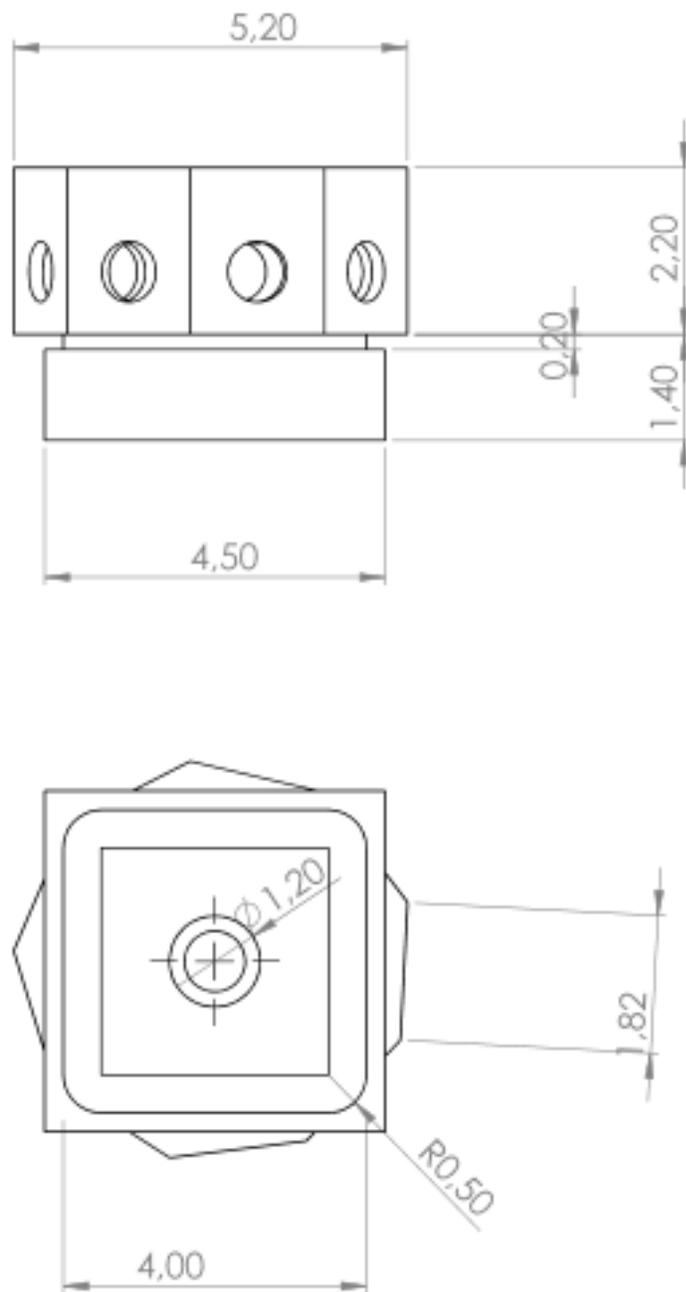


Figura 33. Pieza E

DIMENSIONES PIEZA E	
L	A
3,80cm	5,20cm

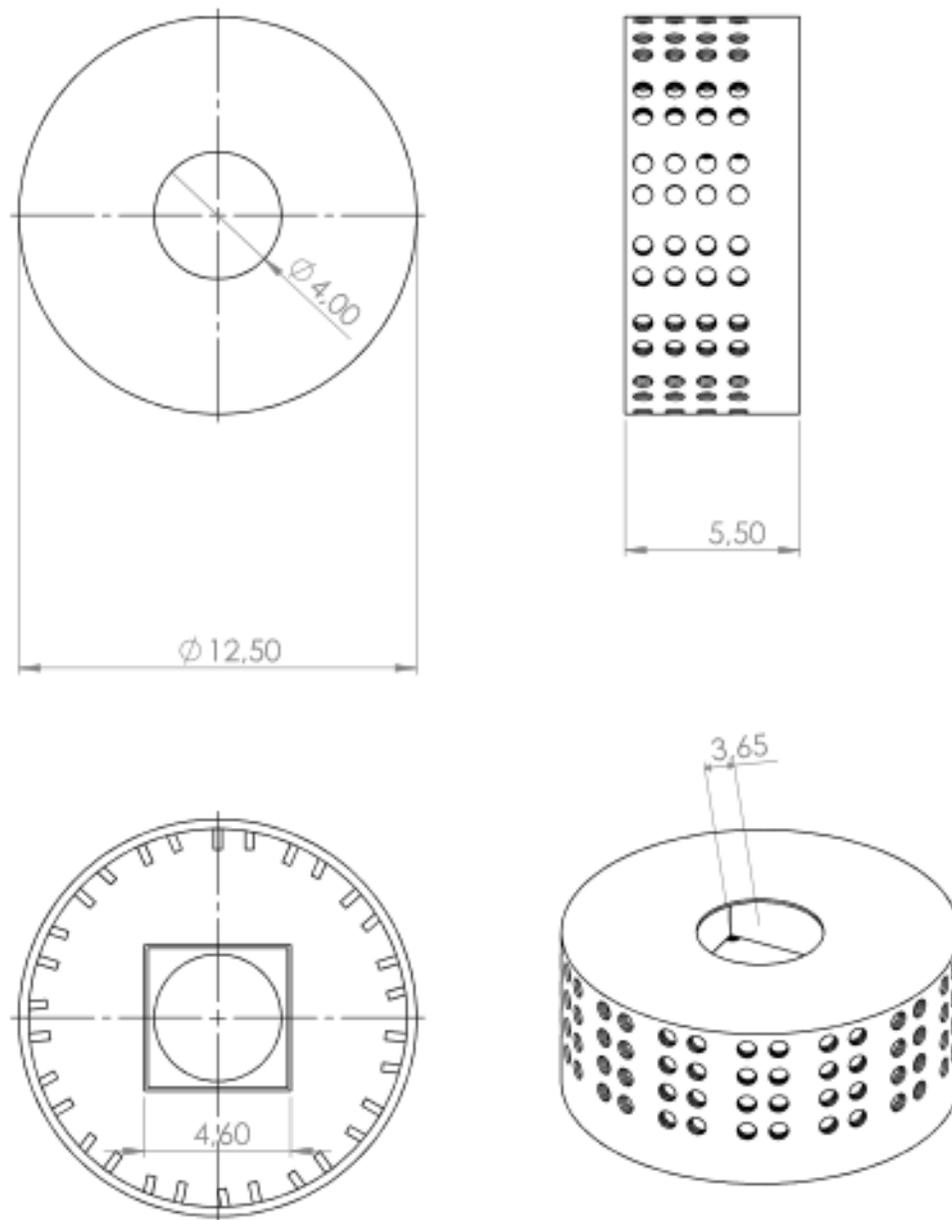


Figura 34. Pieza F

DIMENSIONES PIEZA F	
L	A
5,50 cm	12,50cm

6.3. MATERIALES

6.3.1. ABS

Es un termoplástico amorfo muy resistente al impacto, utilizado en automoción y otros usos industriales. Este termoplástico es usado para elaborar impresiones 3D, en este caso fue empleado para la construcción de los prototipos de la matriz, con el propósito de emplear un material moldeable capaz de darle forma a la estructura que contiene todo el sistema electrónico aislándolo del ambiente favoreciendo la toma de muestras y facilitando el uso del dispositivo en laboratorios al ser lavable, además teniendo en cuenta la relación costo beneficio que hace posible contemplar el diseño completo de la estructura de la matriz a un costo exequible para la industria y los distintos procesos por los cuales se podría crear de forma más rápida y eficiente contemplando una posible producción masiva.



Figura 35. ABS

6.3.2. SENSORES MQ

La Familia de los sensores MQ cuenta con una amplia gama de detección de distintos tipos de gases y son verdaderamente fácil de accionar e implementar. Los cuales cuentan con un comparador resistivo que permite identificar el compuesto teniendo en cuenta la relación voltaje resistencia que emite. El sensor interpreta las señales volátiles y las transmite en el bus de datos del Arduino asociado a rangos correspondientes entre 0 y 1023, que a su vez son correlacionados con rangos de voltaje que oscilan entre los 0 y 5 voltios a partir de los cuales se pueden parametrizar los compuestos debido a que cada sensor interpreta más de un elemento, por lo cual estos dependiendo de la frecuencia del volátil emiten un valor equivalente al mismo que puede ser linealizado para su caracterización.



Figura 36. Familia MQ

6.3.3. LCD

Es una pantalla de cristal líquido, delgada y plana de 16x2 pixeles monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora la cual se usa para visualizar los datos procesados por la interfaz de control por medio del protocolo I2C.



Figura 37. LCD

6.3.4. ARDUINO MEGA

Esta tarjeta microcontroladora fue seleccionada para el desarrollo del dispositivo ya que es uno de los microcontroladores con mayor capacidad de la familia Arduino, posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida, de los cuales disponen de una compleja configuración integrada donde se emplean algunos puertos análogos y digitales para la conexión de control de toda la interfaz.

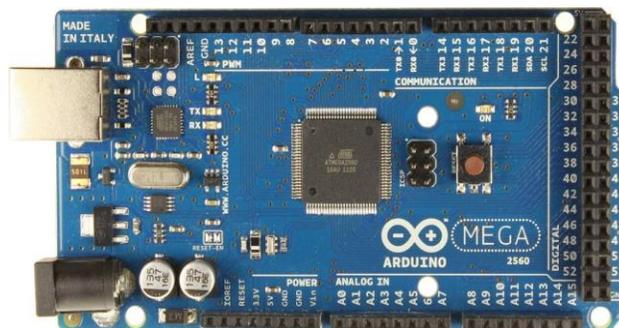
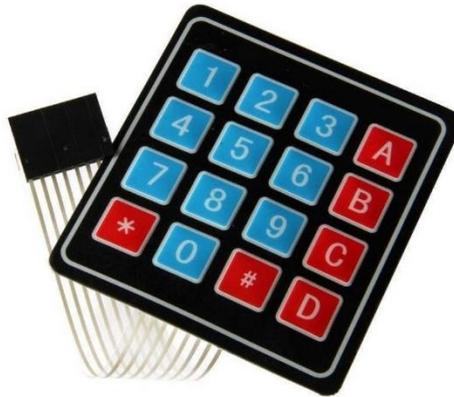


Figura 38. Arduino Mega

6.3.5. TECLADO DE MEMBRANA 4X4



El teclado de membrana 4x4 consiste en un circuito cruzado de pulsadores que envían una señal controlada por una librería de Arduino que le permite interpretar los comandos que se programen por cada pulso relacionado en la membrana por el usuario.

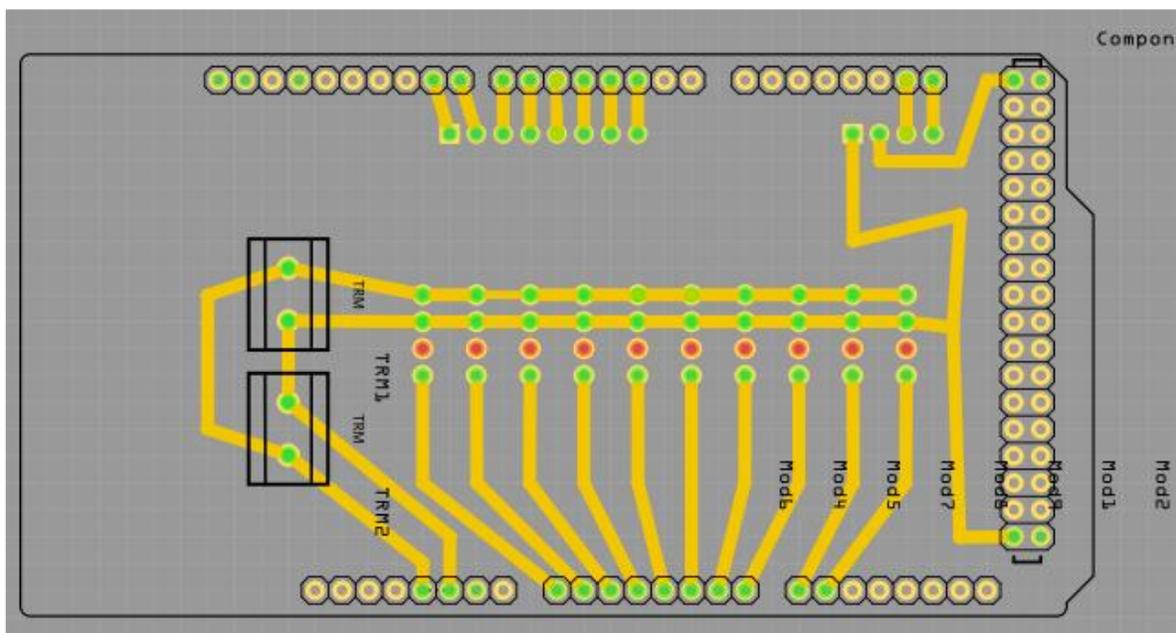
6.3.5. VENTILADOR 4CM X4 CM 5V

Se empleó el uso de esta herramienta en el dispositivo con un multipropósito, debido a que los sensores MQ son de carácter resistivos estos alcanzan altas temperaturas que producen en ocasiones la falla de sus integrados por saturación, y a su vez era necesaria una mejor ventilación de los volátiles en los conductos hasta los respectivos sensores, por lo cual este emula un caudal de viento que mantiene la temperatura de los sensores estables y genera un mejor ingreso de los volátiles al dispositivo.



6.3.6. CIRCUITO MATRIZ

Cuando de lectura de señales se trata el uso de cables puede generar algunas variaciones a la hora de realizar las practicas especificas en el uso de sensores analógicos, por lo que se hizo necesario el diseño de un circuito propio para el sistema Multisensorial que se ajustara y permitiera alimentar todos los componente para realizar la toma de medidas de una manera más limpia sin la aplicación de muchos filtros electrónicos, pero sí, eliminando las corrientes parasitas que afectan de manera directa las actividades de la matriz, pues el microcontrolador solo hace las lecturas de voltaje para luego su respectiva conversión a datos, esto permitió diseñar un circuito de pequeñas dimensiones que se ajustara a las necesidades de todo el dispositivo y que fuera fácil de acomodar dentro de la sección electrónica, a su vez reducir el uso de cables para proporcionar medidas más rápidas y de mejor calidad en el sistema matriz para que sea más compacta y eficiente.



6.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

Considerando la recolección de datos por parte del prototipo parte fundamental de su funcionamiento debido a que con las muestras obtenidas se basara la calibración de este mismo, haciendo esto que sea mucho más efectivo al momento de dictar una respuesta final, optimizándose y brindando el mejor funcionamiento. Se realizaron prácticas de laboratorio donde se exponen las características volátiles de los compuestos en ambientes herméticos para

6.4.1. MUESTRA POBLACIONAL

Los licores adulterados son normalmente los más comerciales ya que estos son los más consumidos por la población al momento de realizar alguna celebración, en este caso se basó en el Ron y del whiskey, con el propósito de brindar un dispositivo el cual se obtenga una ayuda para combatir esta problemática por lo cual se selecciona el OLD PAR y La BUCHANAS como muestra objetivo de la investigación.

6.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de todos los procesos y subprocesos realizados durante la creación del elemento en mención se creó un dispositivo capaz de almacenar un conjunto de sensores de diferentes denominaciones para la medida de naturaleza volátil con el objetivo de realizar análisis a distintos compuestos que pueden ser captados en el ambiente permitiendo mejorar por mucho la recolección de muestras volátiles, teniendo en cuenta los componentes integrados en el diseño y la importancia de cada uno al conformar parte de la matriz, por lo cual fue necesaria la parametrización y linealización experimental de los sensores integrantes del sistema y la correcta adecuación del entorno en el cual funcionan de manera conjunta en el análisis de muestras volátiles. Gracias al desarrollo del software libre de Arduino y su adaptación a múltiples plataformas de programación como lo son el

Matlab fue más fácil recrear las prácticas de manera digital y así obtener una data histórica y un mapeo muestral integrando la lógica de programación en un microcontrolador atmega 2560 capaz de coordinar todas las funciones inicuas para las cuales se le programo con el fin de obtener un dispositivo funcional y operativo capaz de medir los compuestos, arrojando como resultado un embebido que caracteriza los alcoholes y relaciona su concentración con los niveles de voltaje que los comparadores de cada sensor puede transmitir según su composición, lo cual cuenta como uno de los objetivos principales de esta investigación pero además de esto se visiona con la capacidad de analizar una gama amplia de compuestos volátiles debido a que se pueden parametrizar compuestos por su concentración de: Hidrogeno, etanol, oxigeno, dióxido de carbono, GLP, butano, humo y otros gases flamables e inoloros que pueden ser captados por la matriz para futuros avances tecnológicos, lo cual abarca desarrollos de mejores técnicas para el muestreo e identificación de compuestos, pero para ser más preciso en este caso se hizo necesario el uso de una gama de muestras que hiciera posible identificar el comportamiento de los sensores ante la exposición a las muestras que permitiera identificar que sensores se excitan ante que compuestos y como varia su voltaje de medida respecto al espectro de un volátil activo en el aire.

6.5.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO

En este análisis de prueba del dispositivo, se caracterizó cada uno de los sensores con dos diferentes muestras, el alcohol etílico y el Ron Medellín, estas muestras fueron usadas por parte del procedimiento de pruebas de este mismo para así encontrar las ecuaciones de tendencia del dispositivo frente a estas muestras y ver en forma física su funcionamiento mostrando en el eje X la sensibilidad resistiva frente a Y que corresponde al valor de alcohol medido en %.

Estos valores en el rango de prueba fueron usados para realizar la programación del dispositivo y tener como fin una guía experimental con la cual se pudieron especificar condiciones de trabajo de la matriz, ya que esta cuenta con 9 sensores los cuales complementan su funcionamiento en un mismo proceso.

Estas caracterizaciones de datos fueron realizadas en el software Matlab, implementando la parte de gráficas y resultados en conjunto con la programación pertinente.

- **Sensor MQ3:**

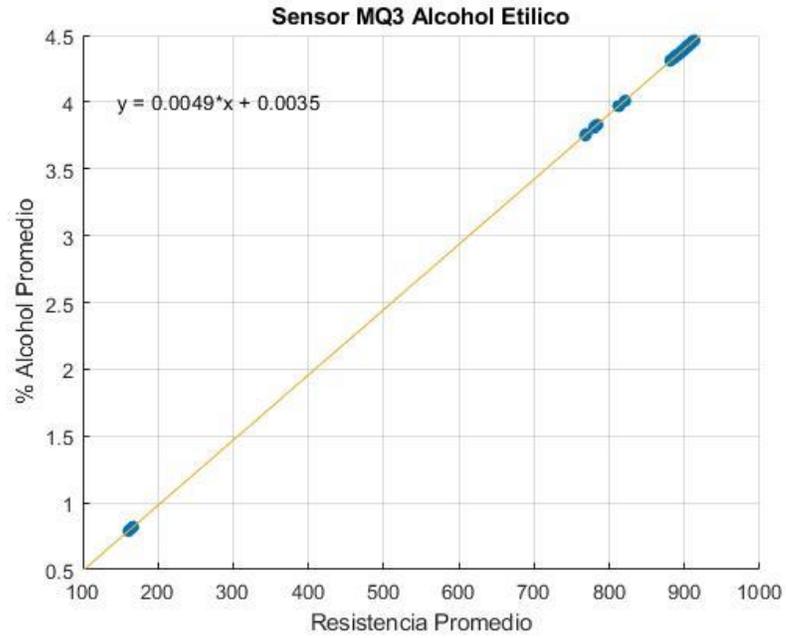


Figura 39. Linealización alcohol etílico MQ3

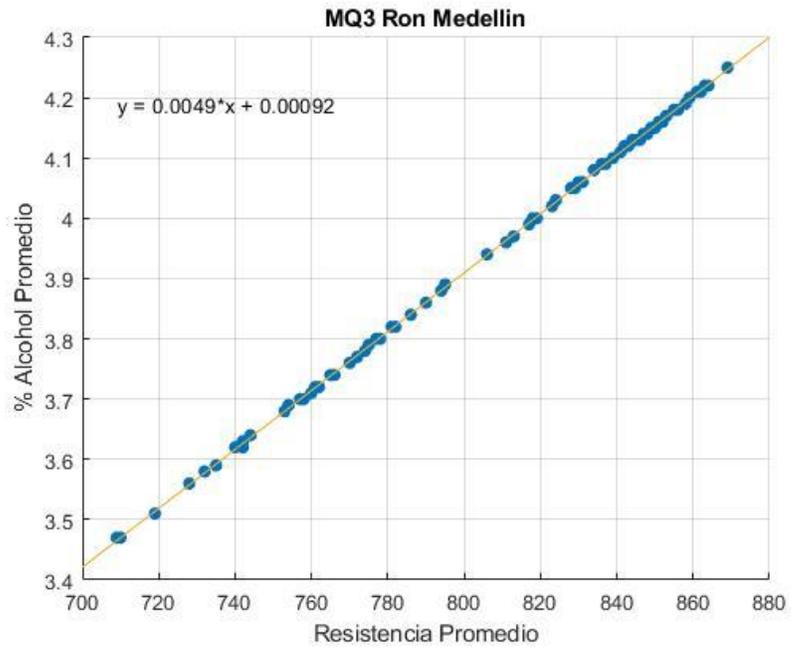


Figura 40. Linealización Ron Medellín MQ3

- **Sensor MQ5:**

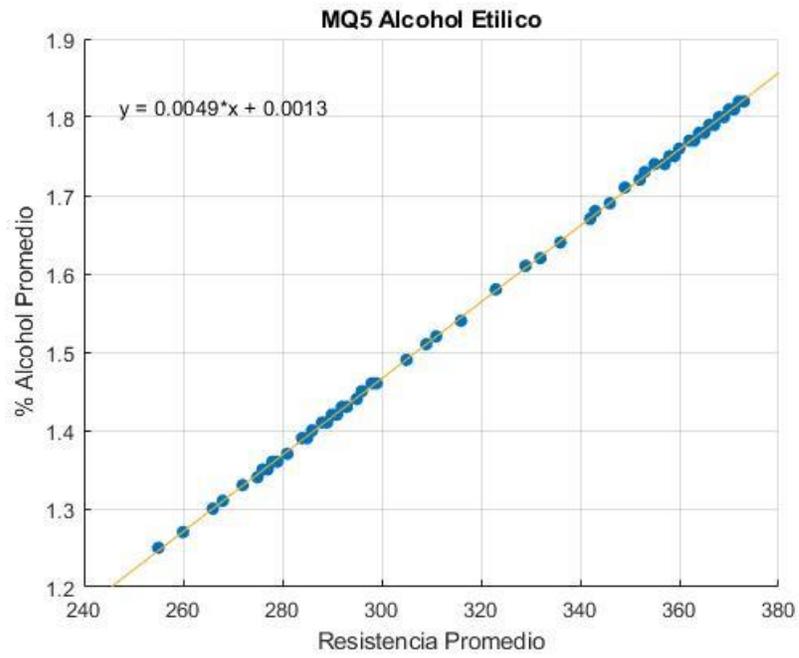


Figura 41. Linealización Alcohol etílico MQ5

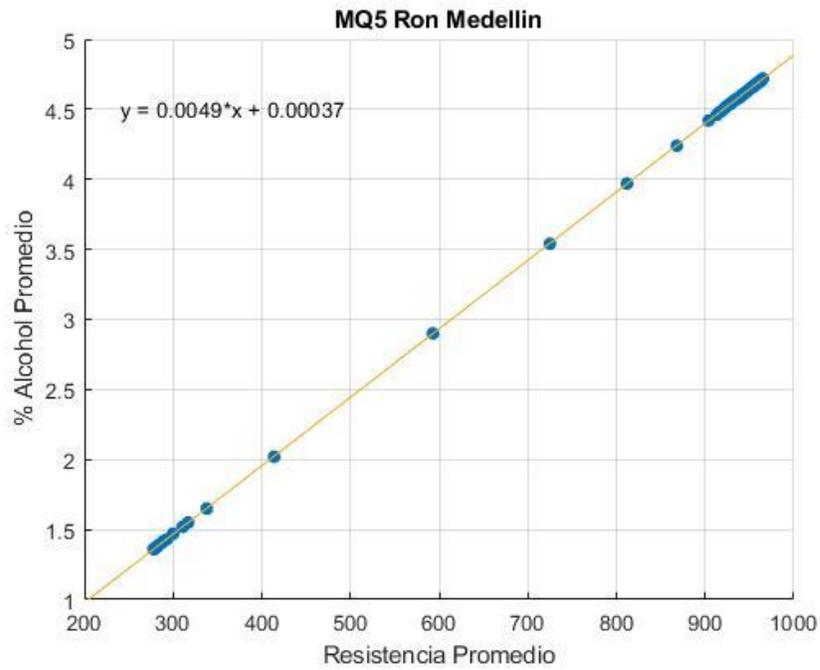


Figura 42. Linealización Ron Medellín MQ5

- **Sensor MQ6:**

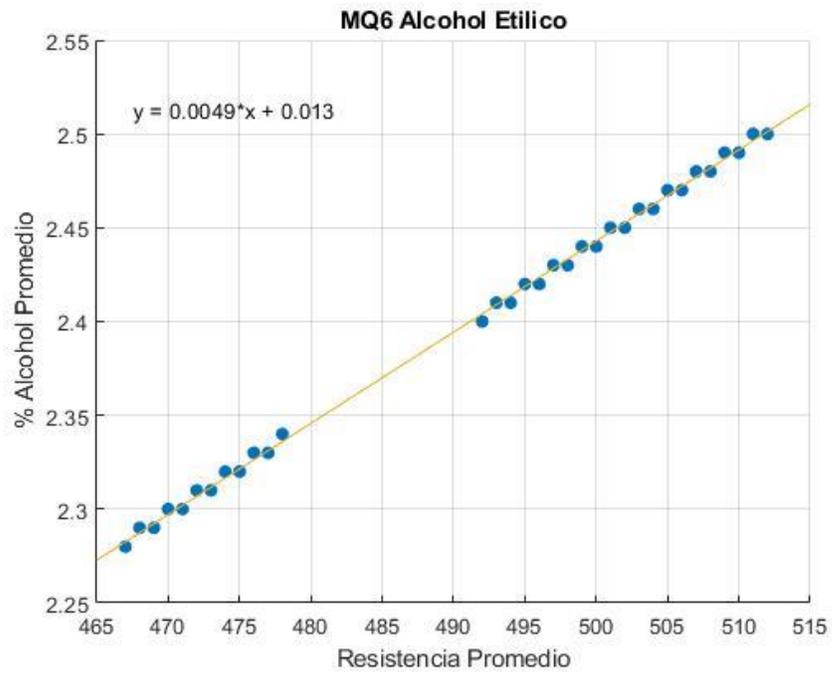


Figura 43. Linealización alcohol etílico MQ6

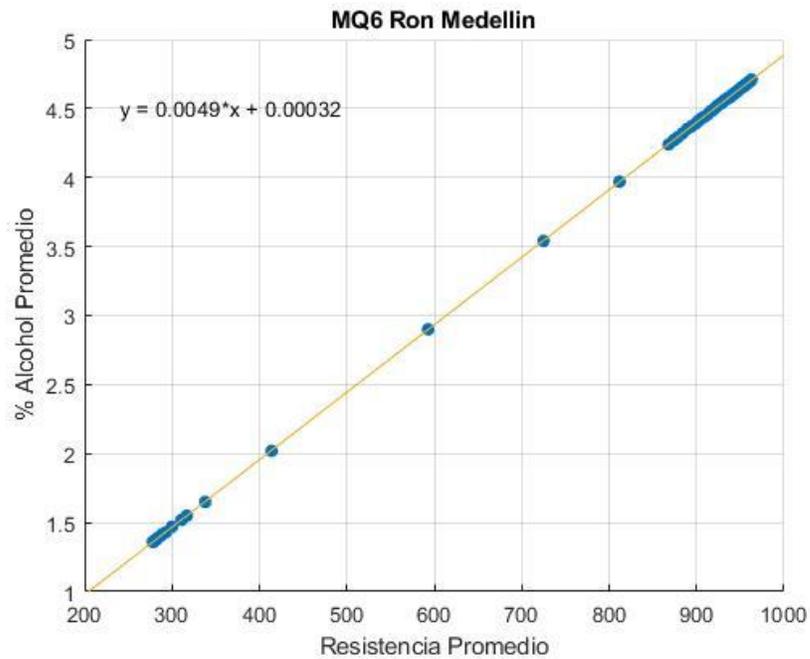


Figura 44. Linealización ron Medellín MQ6

- **Sensor MQ8:**

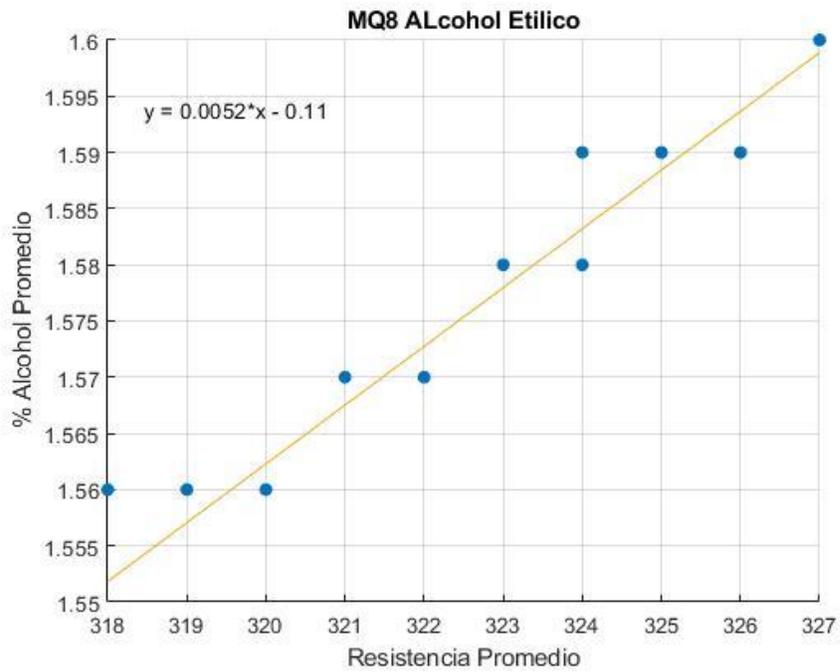


Figura 45. Linealización alcohol etílico MQ8

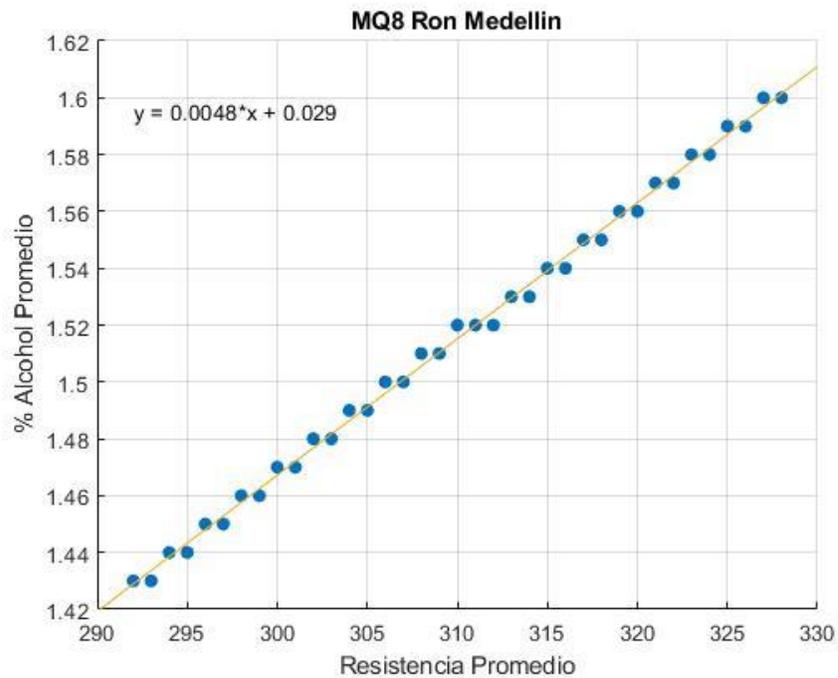


Figura 46. Linealización Ron Medellín MQ8

- **Sensor MQ135:**

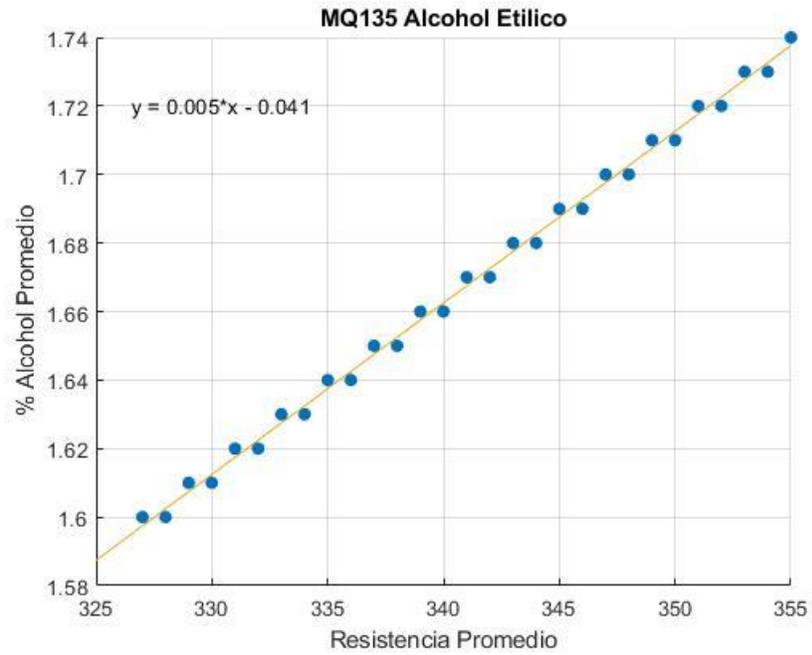


Figura 47. Linealización alcohol etílico MQ135

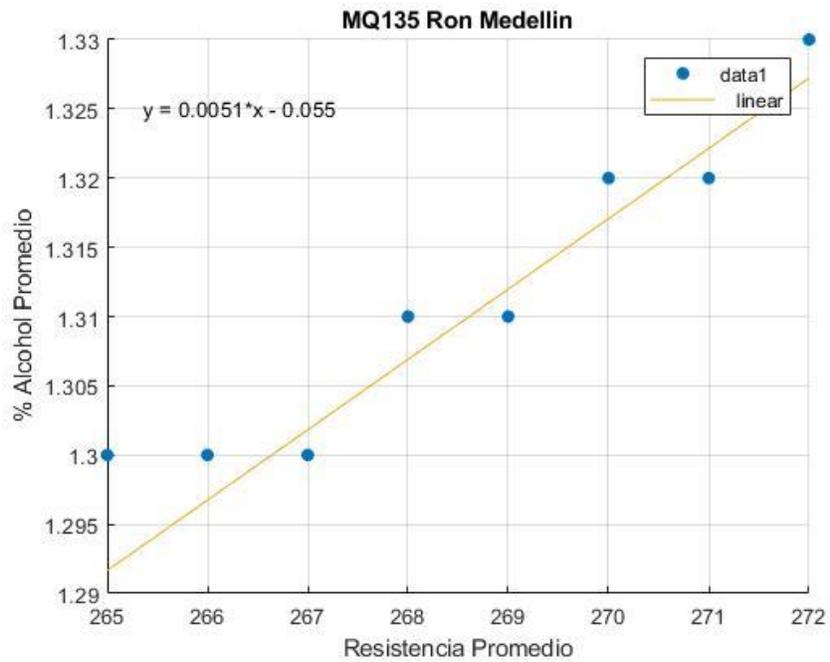


Figura 48. Linealización ron Medellín MQ135

6.5.2. CODIGO PARA EL MUESTREO Y ANALISIS DE VOLATILES

Gracias a la toma de muestras realizada, se integró un código que coordine todas los diferentes sensores de manera conjunta y administre cada uno de los patrones que puede ser determinados por la matriz, basado en la información que se segmenta por menú de información y muestrea cada uno de los sensores por individual pero a su vez le permite al dispositivo analizar una respuesta unilateral por el conjunto de sensores dando como respuesta una media de medias entre los promedios obtenidos por cada sensor dentro de los rangos observables pro cada uno, estos son mostrados en la pantalla lcd que a su vez es manipulada por la membrana 4x4 que le ofrece al usuario el desplazamiento por toda la interface de la matriz.

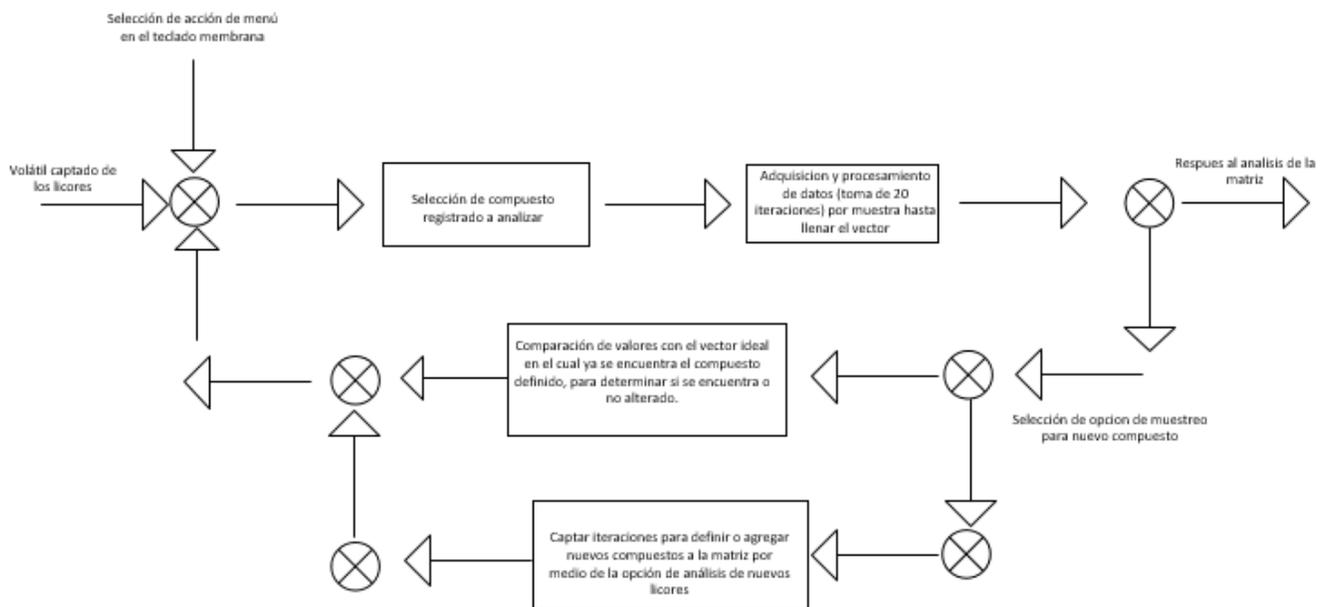


Figura 49. Diagrama de codificación

6.5.3. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL

Las pruebas finales de la matriz de sensores fueron mucho más exhaustivas por el hecho de que se trabajó en base a 3 muestras específicas las cuales son, el Aguardiente Antioqueño, Buchanans Master y Old Parr.

En el análisis final de la matriz, esta toma un número determinado de muestras aleatorias que son almacenadas en un vector, el cual promedia las mediciones realizadas por cada uno de los sensores, es decir, promedia el número de mediciones que realiza cada sensor y arroja un valor promedio en las resistencias y en el porcentaje de alcohol, adicionalmente arroja valores máximos y mínimos de las resistencias y de los alcoholes. A este resultado de vectores e iteraciones, teniendo en cuenta que se realizaron varias mediciones por muestra para tener un valor más estricto al momento de medir estas, Se realizó un promedio de promedios.

Todo lo anteriormente realizado por parte de las pruebas finales del dispositivo, se realizó con el fin de tener una medida más exacta al momento de comparar muestras y arrojar un resultado final.

En base a estos resultados se construyó la curva representativa de los licores a la cual aun con misma concentración de alcohol en algunos casos pero con denominación diferente (como lo son el old par y la buchanas con un porcentaje de concentración de alcohol del 40%).

Por lo cual se pueden identificar los diferentes licores por los respectivos picos significativos que alcanzan los sensores al momento de ser promediados, promedios que permiten inferir mediante los respectivos análisis la presencia de alcohol interpretada por cada sensor MQ donde unos son más sensibles a otros según la denominación base de su respectivo comparador.

- **3 minutos de muestreo - Buchanans Master:**

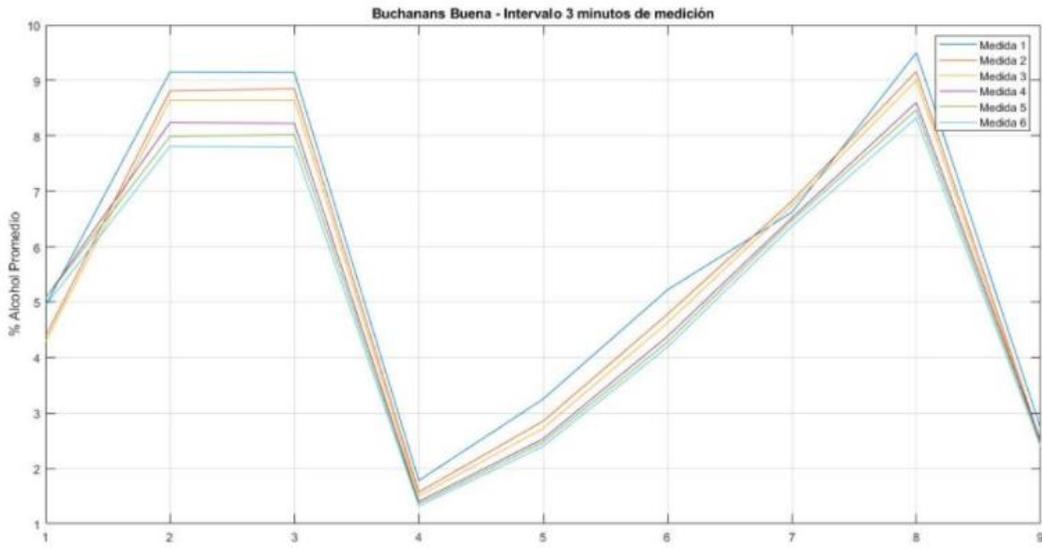


Figura 50. Buchanans Master buena - 3 minutos de muestreo

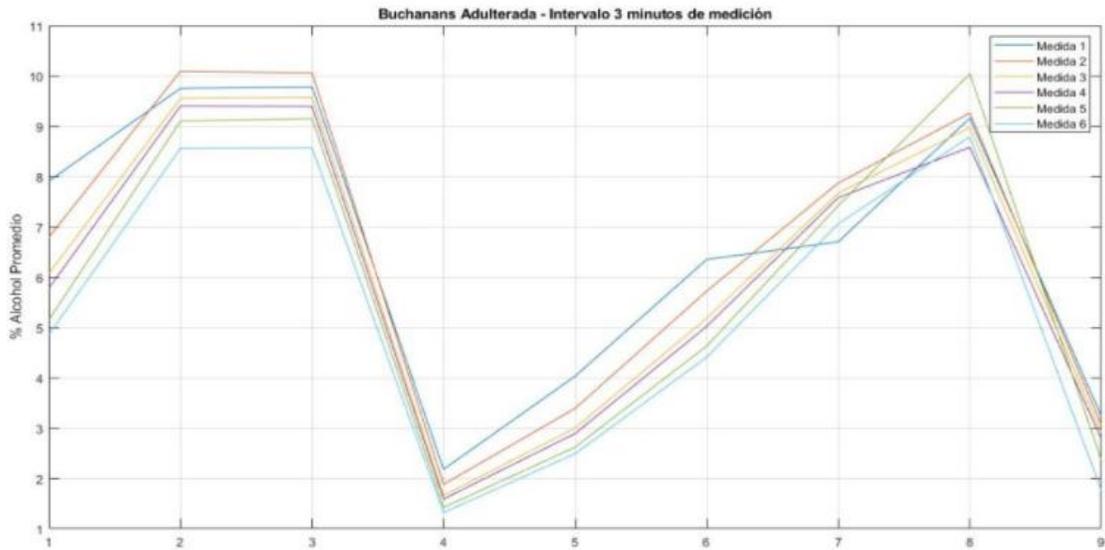


Figura 51. Buchanans Master adulterada - 3 minutos de muestreo

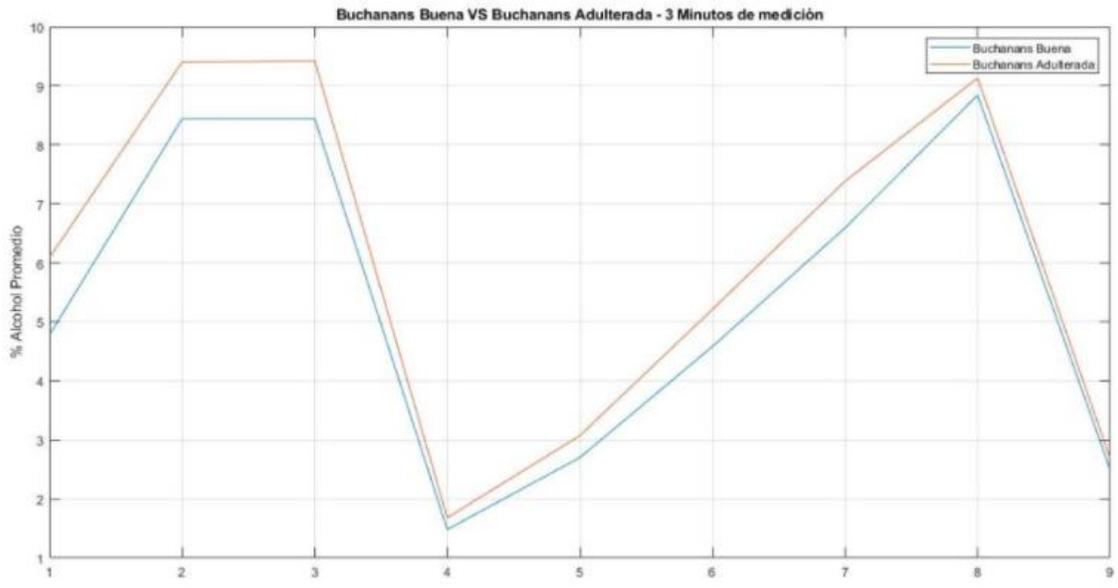


Figura 52. Buchanans Master buena VS Buchanans Master adulterada - 3 minutos de muestreo

- 5 minutos de muestreo - Buchanans Master:

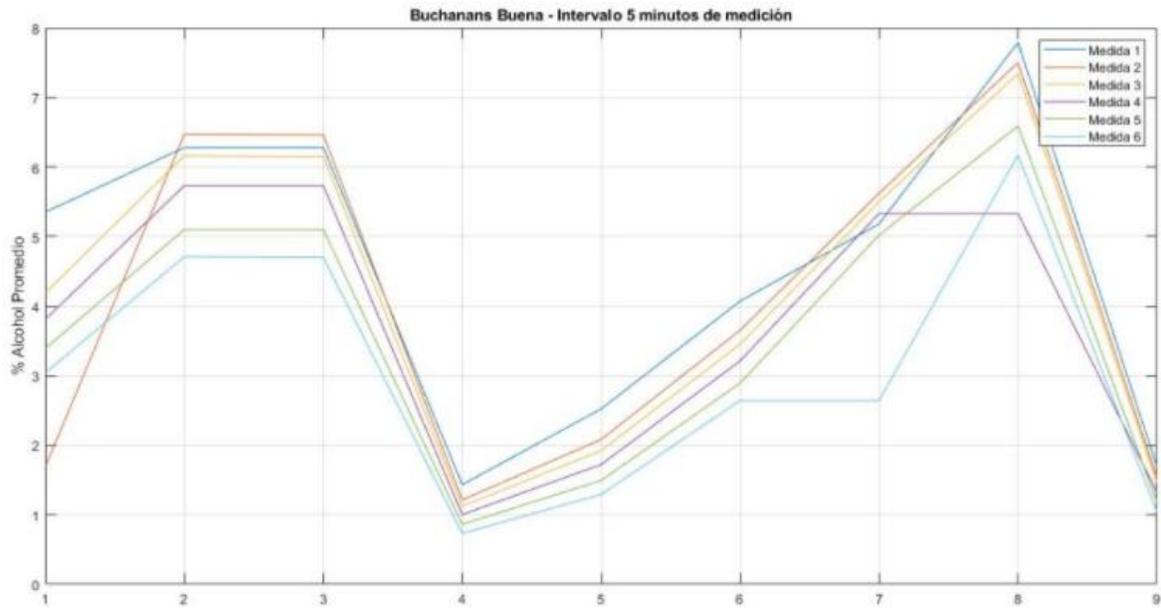


Figura 53. Buchanans Master buena - 5 minutos de muestreo

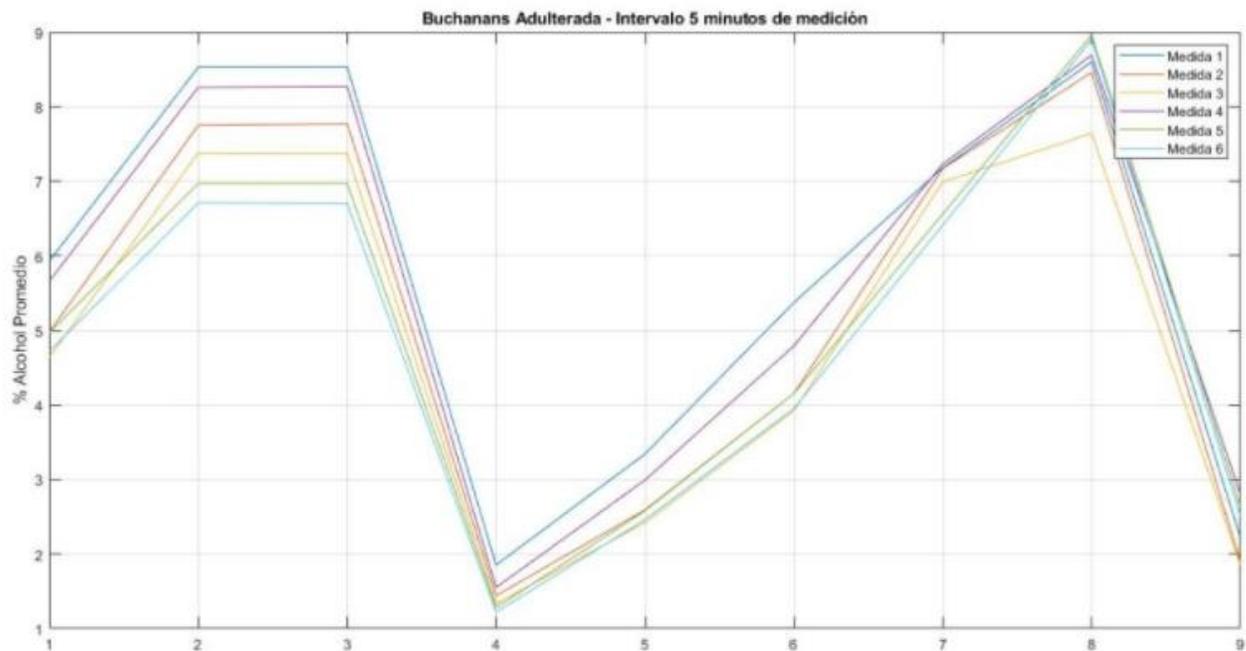


Figura 54. Buchanan's Master Adulterada - 5 minutos de muestreo

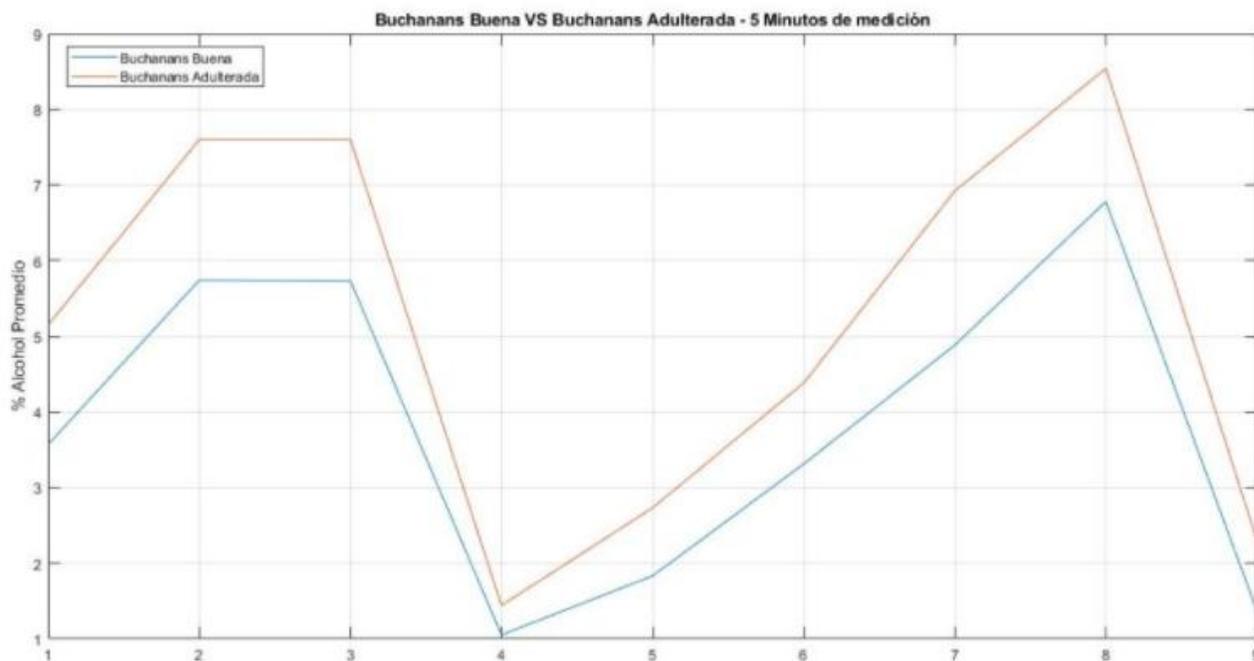


Figura 55. Buchanan's Master buena VS Buchanan's Master adulterada - 5 minutos de muestreo

La muestra de buchanans master con una concentración de alcohol al 40% permite identificar niveles más altos de presencia de alcohol en la muestra alterada, que en la muestra adquirida en un almacén de cadena, y aun con los niveles decrecientes de alcohol con respecto al tiempo transcurrido entre los intervalos de muestreo, debido a que el alcohol es un componente que se evapora más fácil en exposición al ambiente.

se denota en la comparación de la figura 52 y la figura 55, que al transcurrir un periodo más largo de tiempo, la muestra original tiene un periodo de evaporación más rápido, y por el contrario la muestra adulterada sigue en un porcentaje de licor elevado, esto debido a la adulteración que esta contiene y arrojando datos específicos los cuales concuerdan con su contenido.

- **Aguardiente Antioqueño - 3 minutos de muestreo:**

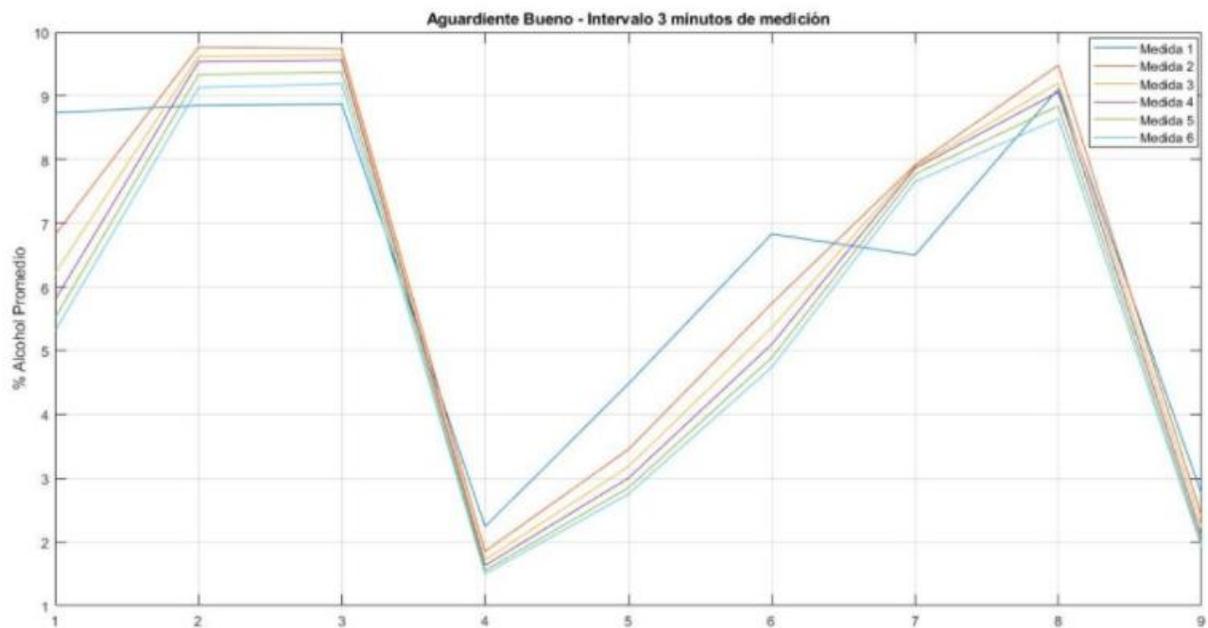


Figura 56. Aguardiente Antioqueño Bueno - 3 minutos de muestreo

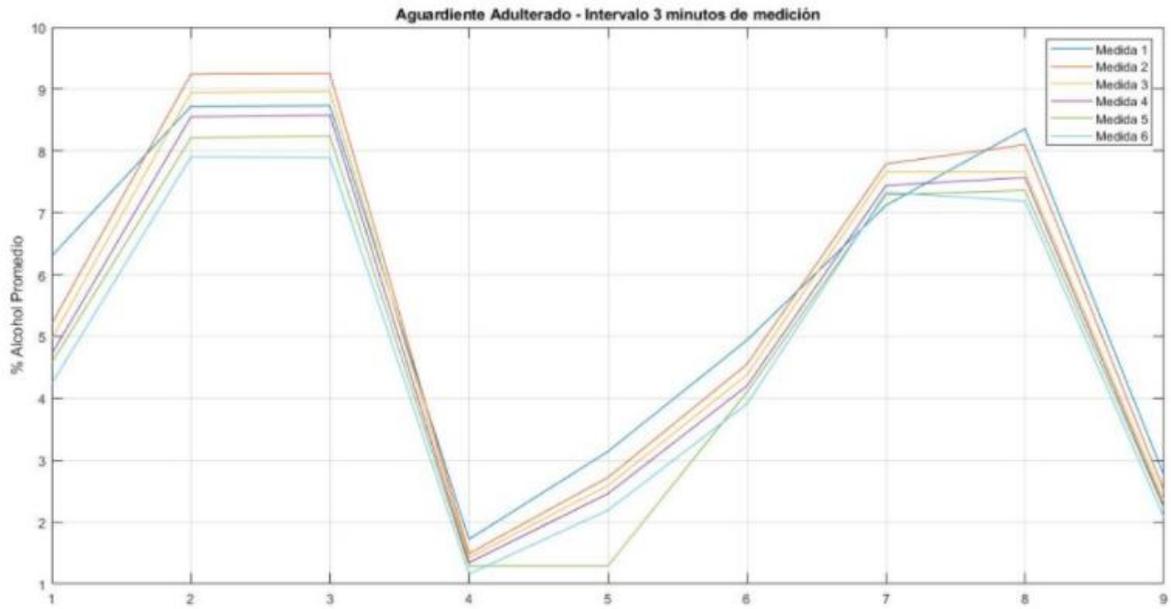


Figura 57. Aguardiente Antioqueño Adulterado - 3 minutos de muestreo

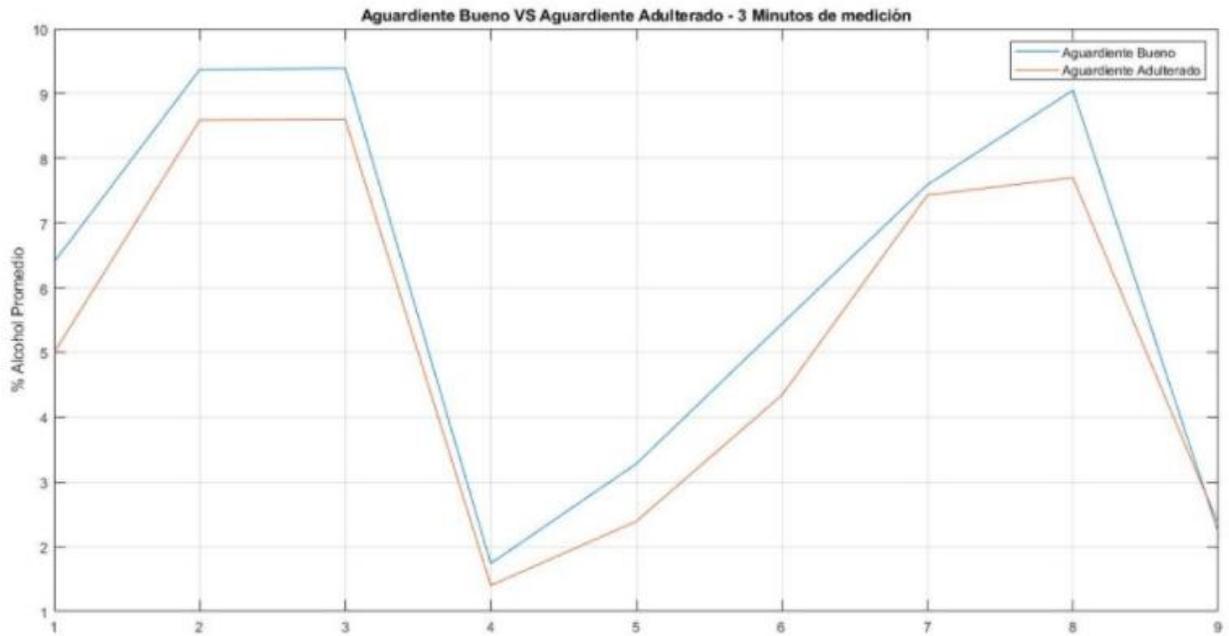


Figura 58. Aguardiente Antioqueño Bueno VS Aguardiente Antioqueño Adulterado - 3 minutos de muestreo

- **Aguardiente Antioqueño - 5 minutos de muestreo:**

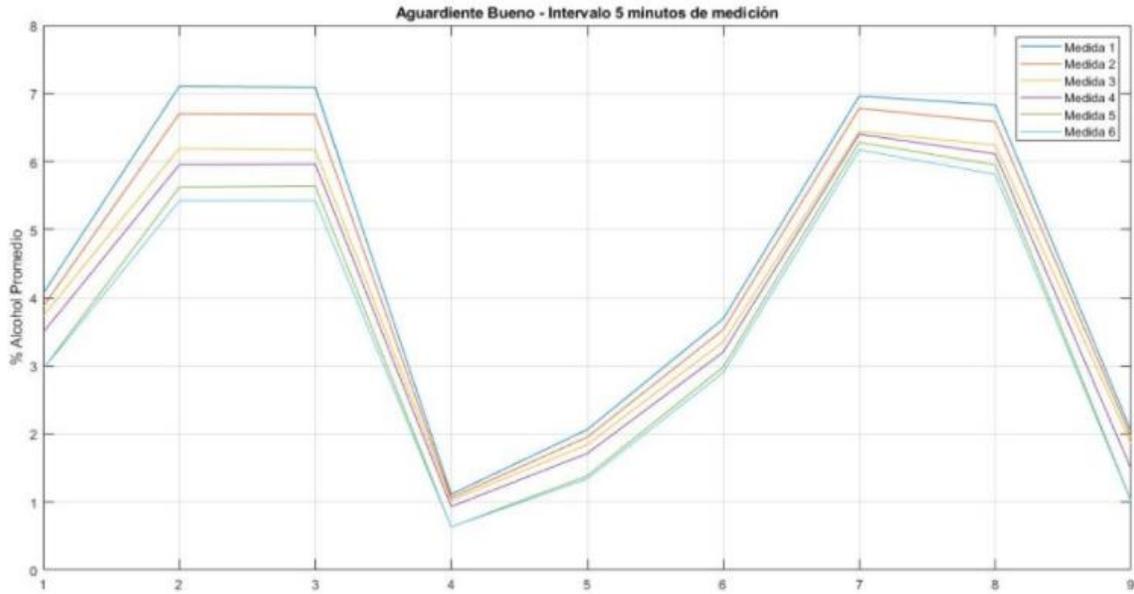


Figura 59. Aguardiente Antioqueño Bueno - 5 minutos de muestreo

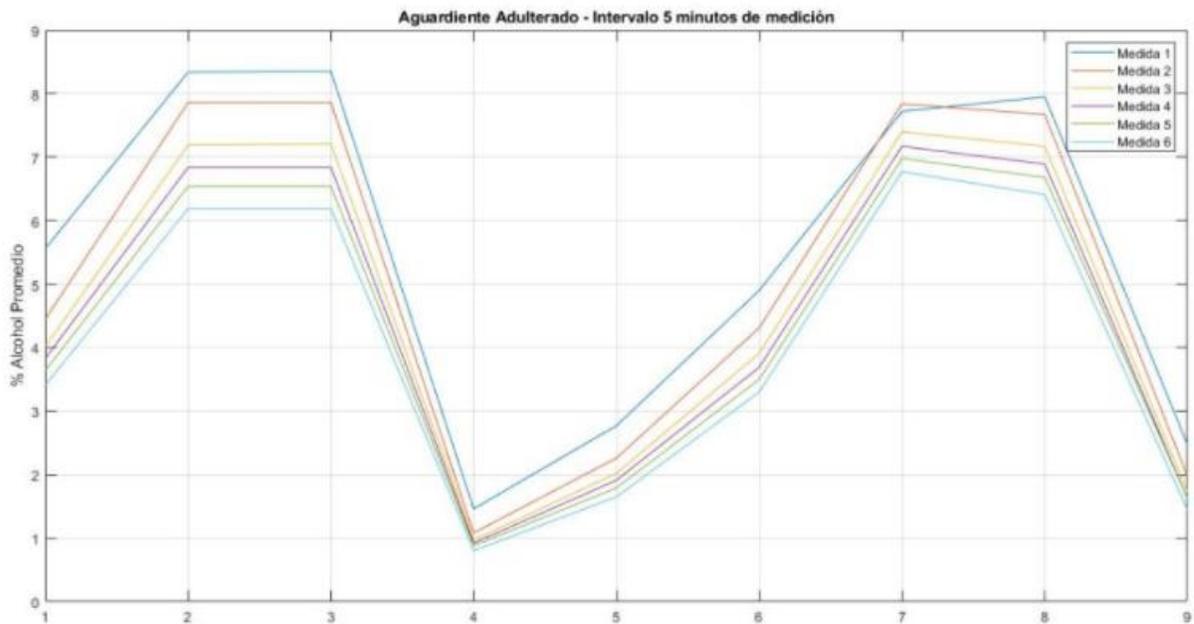


Figura 60. Aguardiente Antioqueño Adulterado - 5 minutos de muestreo

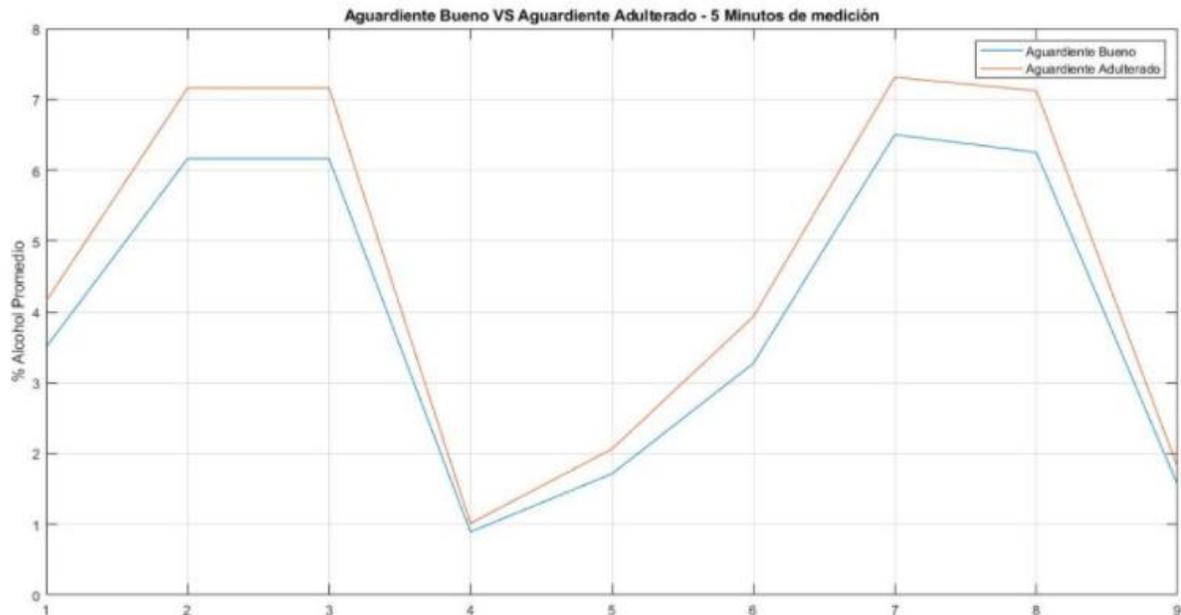


Figura 61. Aguardiente Antioqueño Bueno VS Aguardiente Antioqueño Adulterado - 5 minutos de muestreo

La muestra de aguardiente muestra al inicio un patrón de similitud con la muestra adulterada debido a que este licor cuenta con un mayor porcentaje de concentración de alcohol en su base, más luego se hace evidente que el al transcurrir el tiempo de muestreo pese a la baja de los niveles de alcohol, la muestra adulterada se levanta sobre la muestra de procedencia de cadena, por lo cual a pesar de los aditivos que contiene este tipo de licor, el nivel de alcohol en esta mezcla es identificable por la matriz.

se denota en la comparación de la figura 58 y la figura 61, que al transcurrir un periodo más largo de tiempo, la muestra original tiene un periodo de evaporación más rápido, y por el contrario la muestra adulterada sigue en un porcentaje de licor elevado, esto debido a la adulteración que esta contiene y arrojando datos específicos los cuales concuerdan con su contenido.

- Old Parr - 3 minutos de muestreo:

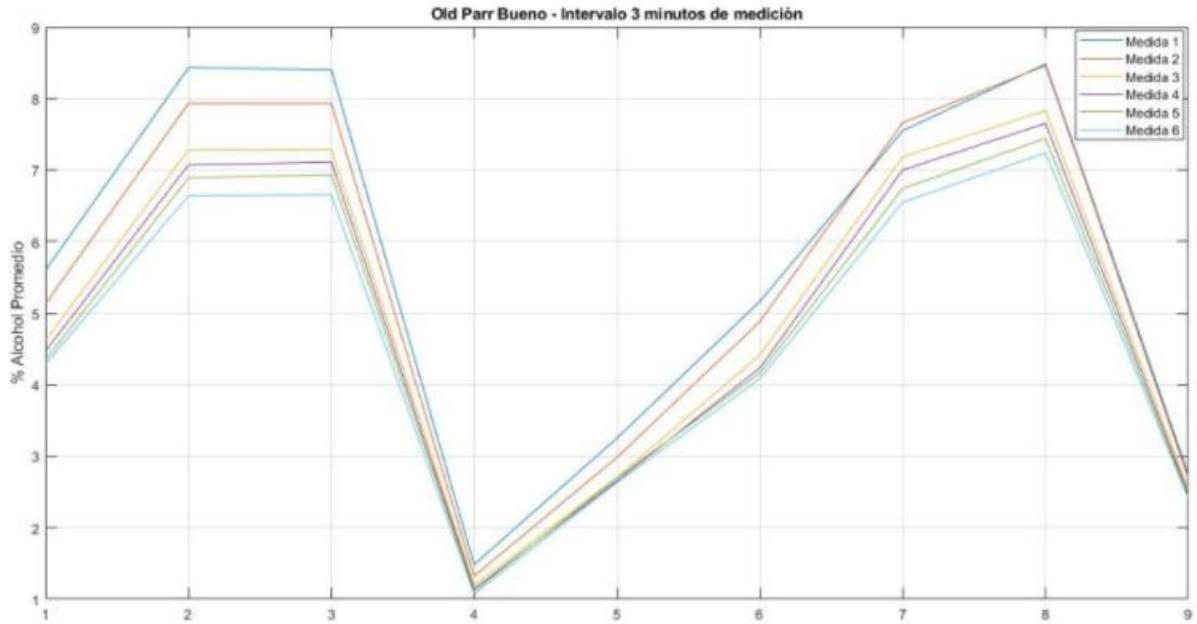


Figura 62. Old Parr Bueno - 3 minutos de muestreo

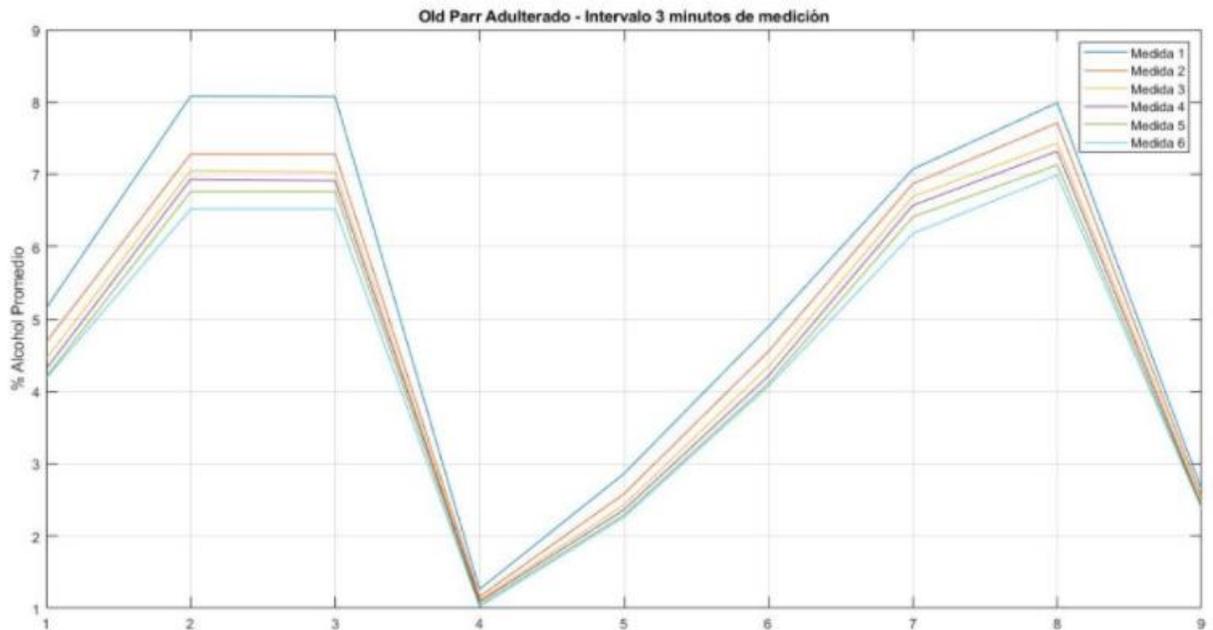


Figura 63. Old Parr Adulterado - 3 minutos de muestreo

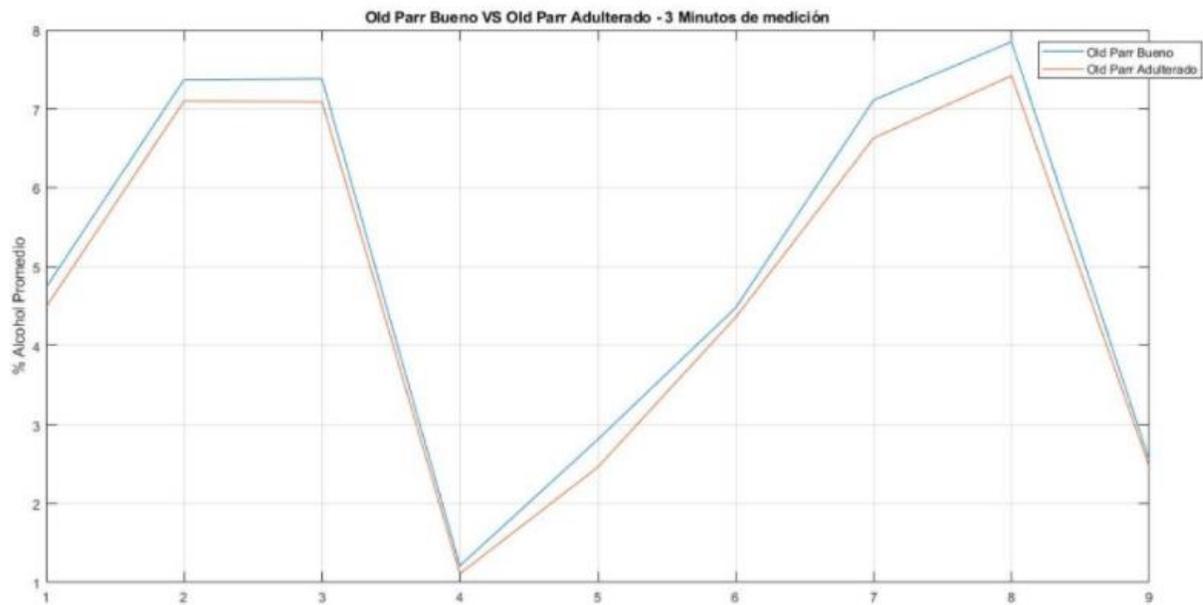


Figura 64. Old Parr Bueno VS Old Parr Adulterado - 3 minutos de muestreo

- Old Parr - 3 minutos de muestreo:

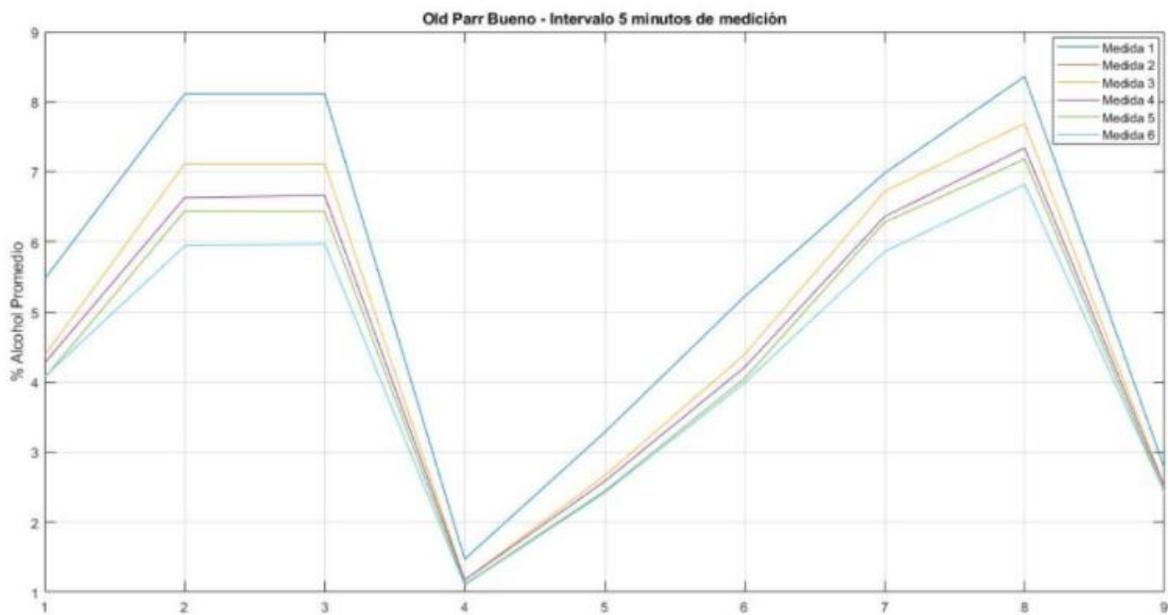


Figura 65. Old Parr Bueno - 5 minutos de muestreo

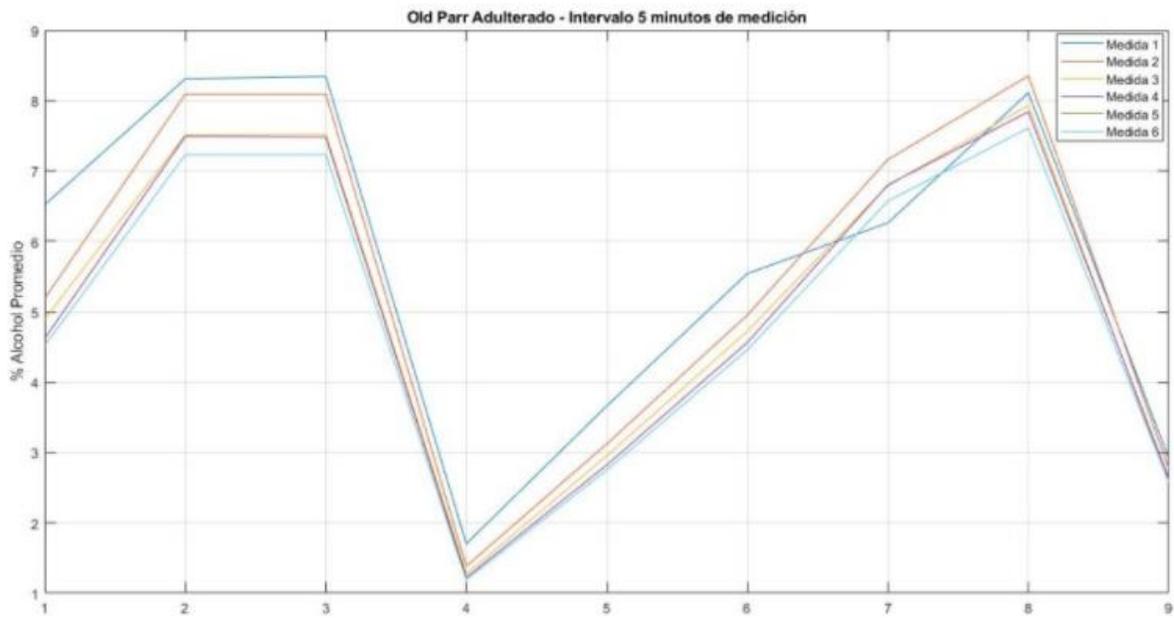


Figura 66. Old Parr Adulterado - 5 minutos de muestreo

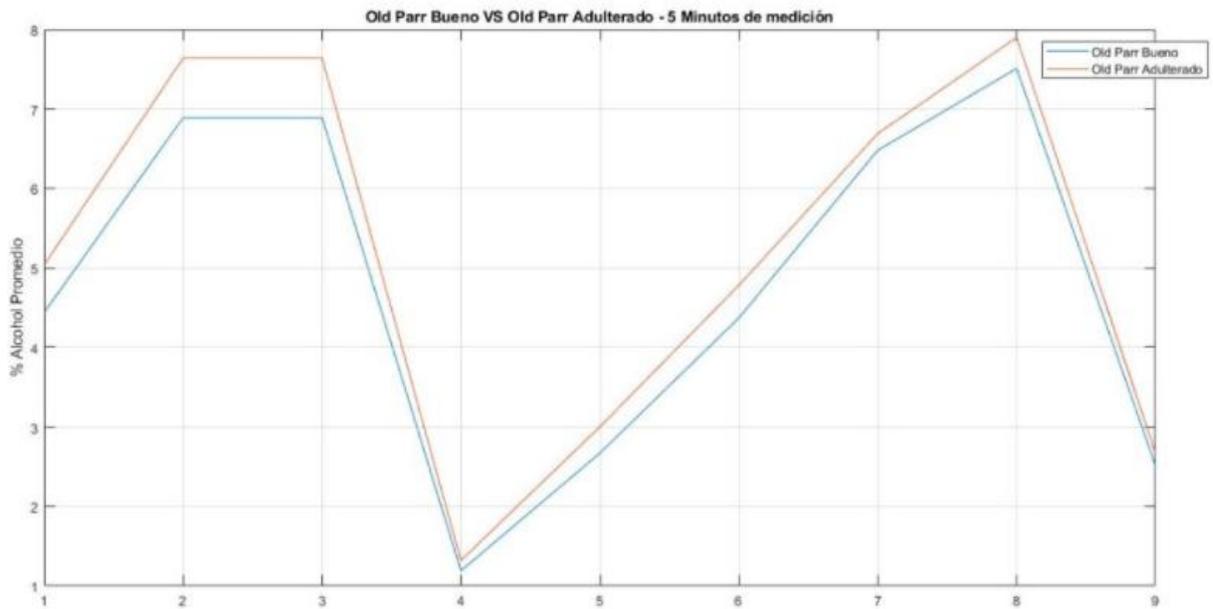


Figura 67. Old Parr Bueno VS Old Parr Adulterado - 5 minutos de muestreo

En esta muestra podemos identificar un patrón de similitud entre una muestra adquirida de una tienda de cadena y una de dudosa procedencia, donde los niveles de concentración de alcohol se asemejan uno al otro y a pesar de poseer la misma concentración de alcohol de 40% que posee la buchanas.

Se denota en la comparación de la figura 64 y la figura 67, que al transcurrir un periodo más largo de tiempo, la muestra original tiene un periodo de evaporación más rápido, y por el contrario la muestra adulterada sigue en un porcentaje de licor elevado, esto debido a la adulteración que esta contiene y arrojando datos específicos los cuales concuerdan con su contenido.

Cabe destacar que en el periodo de prueba, análisis y resultados, el muestreo de un intervalo de 5 minutos es una la cual arroja mejores resultados gracias a su extenso periodo. Teniendo el contexto claro de lo cual se quiere probar, esta prueba de 5 minutos es la más recomendada para este análisis debido a la cantidad de volátiles que recoge la matriz y la cantidad de datos que evalúa en el periodo de tiempo obteniendo de estos una respuesta mucho más exacta en comparación al periodo de 3 minutos de muestreo.

6.6. MANUAL DE USUARIO

Al documento se adjunta un manual de usuario con toda la información pertinente y necesaria para el uso y control del dispositivo.

CONCLUSIONES

Debido a las múltiples pruebas realizadas con la matriz, se hizo posible plantear un funcionamiento estándar para todo el dispositivo, debido a que los sensores de tipo MQ necesitan un aumento proporcional de temperatura que va directamente ligado a su condición resistiva, esto permite que los sensores sean más sensibles a la presencia de volátiles. Haciendo esto que en los análisis a licores sea posible detectar los múltiples compuestos que afloran al momento de la respectiva exposición de estos, refiriéndose a la presencia de CO₂ e hidrógeno concentrado, así se determinó que la presencia de alcohol que determina la composición de los distintos licores como un patrón específico que varía según la concentración del fabricante de dicho licor, estableciendo este parámetro como fijo la matriz estipula la detección de este compuesto como eje central para establecer si un licor se encuentra o no alterado, empleando como referencia la tabla del fabricante y el promedio establecido para la matriz según sea la bebida alicorada, debido a este patrón se realizan las respectivas mediciones asumiendo y esperando una aproximación entre las medidas de los sensores si el licor es de la misma denominación y composición química, a raíz de que se realiza un muestreo consecutivo es más factible la aproximación de las mediciones realizadas por la matriz para determinar el estado de alteración de un licor según su concentración de alcohol comparada con el vector referencia de la matriz multisensorial, las medidas establecidas para cada licor se aproximan a las determinadas por sus registros de producto, teniendo en cuenta el margen de error de fabricación.

Cabe destacar que en el periodo de prueba, análisis y resultados, el muestreo de un intervalo de 5 minutos es el que arroja mejores resultados gracias a su extensa duración. Teniendo el contexto claro de lo que se quiere probar, esta prueba de 5 minutos es la más recomendada para este análisis, debido a la cantidad de volátiles que recoge la matriz, y la cantidad de datos que se evalúa en el lapso obteniendo de estos una respuesta mucho más exacta en comparación al periodo de 3 minutos de muestreo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Tiempo, "El 17 % del licor que se vende en el país es chiviado", *El Tiempo*. [Online]. Available: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16511233>
- [2] "Colombia deja de percibir más de 600 millones de dólares por contrabando de licor", *RCN Radio*, 2020. [Online]. Available: <https://www.rcnradio.com/economia/por-contrabando-de-licor-colombia-deja-de-percibir-600-millones-de-dolares>
- [3] "Intoxicación por alcohol adulterado, un riesgo que se podría prevenir", *Agencia de noticias*, 2020. [Online]. Available: <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/intoxicacion-por-alcohol-adulterado-un-riesgo-que-se-podria-prevenir.html>
- [4] C. Radio, "OMS: Consumo de alcohol causa más de 3 millones de muertes cada año", *Caracol Radio*, 2020. [Online]. Available: https://caracol.com.co/radio/2018/09/21/salud/1537543391_159185.html
- [5] "• Implementación y evaluación de una nariz electrónica para la detección de alcoholes lineales", 2020. [Online]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v45n2/v45n2a03.pdf>
- [6] "LA NARIZ ELECTRÓNICA, UNA NOVEDOSA HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE PROCESOS Y CALIDAD EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA", 2020. [Online]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v18n2/v18n2a12.pdf>
- [7] "Matriz de sensores: fundamento de la nariz electrónica", *Revistas.utp.ac.pa*, 2020. [Online]. Available: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/download/1282/1720/>

- [8] "Nariz electrónica ¿herramienta para la calidad de la industria agroalimentaria?", *Agro-alimentarias.coop*, 2020. [Online]. Available: <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/01297>
- [9] "Utilidad de la nariz electrónica para el diagnóstico de enfermedades de la vía respiratoria", *Archbronconeumol.org*, 2020. [Online]. Available: <https://www.archbronconeumol.org/es-pdf-S0300289611002985>
- [10] M. Jesús Lozano, "Desarrollo de Nariz Electrónica personal para Smartphones para la Medida de Olores en el Medio Ambiente", *Olores.org.es*, 2017. [Online]. Available: <https://www.olores.org/es/techniques/narices-electronicas/761-desarrollo-de-nariz-electronica-personal-para-smartphones-para-la-medida-de-olores-en-el-medio-ambiente>
- [11] "Diseño y realización de nariz electrónica para la maduración de quesos", *Deeea.urv.cat*, 2020. [Online]. Available: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/620pub.pdf>
- [12] "Nariz electrónica para determinar el índice de madurez del tomate de árbol (Cyphomandra Betacea Sendt)", 2020. [Online]. Available: <https://www.elsevier.es/es-revista-ingenieria-investigacion-tecnologia-104-articulo-nariz-electronica-determinar-el-indice-S1405774314703464>
- [13] "ProQuest Ebook Central", *Ebookcentral.proquest.com*, 2020. [Online]. Available: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecauacsp/reader.action?docID=3196912&query=nariz%2Belectronica>
- [14] "Origin identification of Chinese Maca using electronic nose coupled with GC-MS", 2020. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-47571-0>
- [15] "Concepto de Grado Alcohólico - Página 2", *Infodrogas.org*, 2020. [Online]. Available: <https://www.infodrogas.org/drogas/alcohol?start=1>

- [16] "ESTRATEGIA NACIONAL DE RESPUESTA INTEGRAL FRENTE AL CONSUMO DE LICOR EN COLOMBIA", *Minsalud.gov.co*, 2020. [Online]. Available:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/estrategia-nacional-alcohol-colombia.pdf>
- [17] "Responsabilidad en el consumo del alcohol", *FISAC - Alcohol Infórmate*, 2020. [Online]. Available: <http://www.alcoholinformate.org.mx/articulos.cfm?id=334>
- [18] M. Souza y Machorro, *Alcoholismo*. México: El Manual Moderno, 1988.
- [19] "REACCIONES FISILOGIAS Y NEUROQUIMICAS DEL ALCOHOLISMO", *Scielo.org.co*, 2020. [Online]. Available:
<http://www.scielo.org.co/pdf/dpp/v1n2/v1n2a03.pdf>
- [20] "Los 12 tipos de sensores: sus características y funciones", *Psicologiyamente.com*, 2020. [Online]. Available:
<https://psicologiyamente.com/miscelanea/tipos-de-sensores>.
- [21] "FUNDAMENTOS Y ELECTRONICA DE LAS COMUNICACIONES, ENRIQUE SANCHIS", 2020. [Online]. Available:
<https://www.apuntesdeelectronica.com/radio/fundamentos-electronica-comunicaciones.html>
- [22] "PWM: Qué es y para que sirve en los ventiladores", *Profesional Review*, 2020. [Online]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2019/10/16/pwm-que-es-y-para-que-sirve/>.
- [23] Mijarez, Castro & Rito, "Electrónica", *ProQuest Ebook Central*, 2020. [Online]. Available:
<https://ezproxy.uac.edu.co:2117/lib/bibliotecauacsp/detail.action?docID=32272>

- [24] "Sensores y Actuadores B: Chemical | Vol. 301, 12 December 2019 | ScienceDirect.com", *Sciencedirect.com*, 2020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/journal/sensors-and-actuators-b-chemical/vol/301/suppl/C>
- [25] https://naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html
- [26] Pololu.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf>
- [27] Sparkfun.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/MQ-3.pdf>
- [28] "MQ-4 Semiconductor Sensor for Natural Gas", Pololu.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.pololu.com/file/0J311/MQ4.pdf>
- [29] "TECHNICAL DATA MQ-4 GAS SENSOR", Sparkfun.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-4.pdf>
- [30] "Grove - Gas Sensor (MQ5) User Manual", Mouser.com, 2020. [Online]. Available: https://www.mouser.com/datasheet/2/744/Seed_101020056-1217478.pdf
- [31] "TECHNICAL DATA MQ-5 GAS SENSOR", Parallax.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/605-00009-MQ-5-Datasheet.pdf>
- [32] "MQ-6 Semiconductor Sensor for LPG", Pololu.com, 2020. [Online]. Available: https://www.pololu.com/file/download/MQ6.pdf?file_id=0J312
- [33] "TECHNICAL DATA MQ-6 GAS SENSOR", Sparkfun.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf>
- [34] "Carbon Monoxide Gas Sensor MQ-7", Tme.eu, 2020. [Online]. Available: <https://www.tme.eu/Document/5c32507e365f5bd5d9d8110cfdba3093/POLOLU-1482.pdf>

- [35] "TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR", Sparkfun.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>
- [36] "Flammable Gas Sensor", Cdn.sparkfun.com, 2020. [Online]. Available: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-8%20Ver1.3%20-%20Manual.pdf>
- [37] "TECHNICAL DATA MQ-8 GAS SENSOR", Dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net, 2020. [Online]. Available: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-8.pdf>
- [38] "MQ-9 Semiconductor Sensor for CO/Combustible Gas", Haoyuelectronics.com, 2020. [Online]. Available: <http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/MQ-9/MQ9.pdf>
- [39] "TECHNICAL DATA MQ-9 GAS SENSOR", Electronicoscaldas.com, 2020. [Online]. Available: https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-9_Hanwei.pdf
- [40] "Módulo Sensor MQ-135 Calidad del Aire - Geekbot Electronics", Geekbot Electronics, 2020. [Online]. Available: <http://www.geekbotelectronics.com/producto/mq-135-modulo-sensor-de-calidad-del-aire/>
- [41] "TECHNICAL DATA MQ-135 GAS SENSOR", Electronicoscaldas.com, 2020. [Online]. Available: https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-135_Hanwei.pdf
- [42] "MASTER DEGREE: Industrial Systems Engineering", leec.uned.es, 2020. [Online]. Available: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE5_3_1.pdf

- [43] "Lenguaje de programación C++", Aprendiendo Arduino, 2020. [Online]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2015/03/26/lenguaje-de-programacion-c/#:~:text=El%20lenguaje%20de%20programaci%C3%B3n%20de,en%20la%20programaci%C3%B3n%20de%20Arduino>
- [44] "Arduino Mega 2560 Rev3 | Arduino Official Store", Store.arduino.cc, 2020. [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>
- [45] "SOLIDWORKS - Qué es y para qué sirve", SolidBI, 2020. [Online]. Available: <https://solid-bi.es/solidworks/>
- [46] "Reconocimiento de Patrones", Maginvent.org, 2020 [Online]. Available:https://www.maginvent.org/articles/pidht/pidtoot/Reconocimiento_Patrones.html
- [47] "Reconocimiento de Patrones", Maginvent.org, 2020. [Online] Available:https://www.maginvent.org/articles/pidht/pidtoot/Reconocimiento_Patrones.html
1. [48] "Data science", La.mathworks.com, 2020. [Online]. Available: <https://la.mathworks.com/solutions/data-science.html>.
- [49] "Using MATLAB with Other Programming Languages", La.mathworks.com, 2020. [Online]. Available: <https://la.mathworks.com/products/matlab/matlab-and-other-programming-languages.html>
- [50] "MATLAB Plot Gallery", La.mathworks.com, 2020. [Online]. Available: <https://la.mathworks.com/products/matlab/plot-gallery.html>
- [51] "De compuestos orgánicos volátiles", Miteco.gob.es, 2020. [Online]. Available: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos_organicos_volatiles.aspx.

- [52] "Reconocimiento de Patrones", Ccc.inaoep.mx, 2020. [Online]. Available: <https://ccc.inaoep.mx/~ariel/recpat.pdf>
- [53] "Licores - EcuRed", Ecured.cu, 2020. [Online]. Available: <https://www.ecured.cu/Licores>
- [54] "¿Qué es la Destilación? » TP - Laboratorio Químico", TP - Laboratorio Químico, 2020. [Online]. Available: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/que-es-la-destilacion.html>
- [55] "adulteración", WordReference, 2020. [Online]. Available: <https://www.wordreference.com/definicion/adulteraci%C3%B3n>
- [56] "Responsabilidad en el consumo del alcohol", FISAC - AlcoholInformato, 2020. [Online]. Available: <http://www.alcoholinformato.org.mx/articulos.cfm?id=334>
- [57] "Sistema multisensorial para estimulación de motricidad gruesa en niños menores a seis años con discapacidad intelectual", Dspace.ups.edu.ec, 2020. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15727/1/UPS-CT007713.pdf>
- [58] "Gas", Revista Petroquímica, Petróleo, Gas, Química & Energía, 2020. [Online]. Available: <https://www.revistapetroquimica.com/gas/>
- [59] "Definición de alcohol - Diccionario del español jurídico - RAE", Diccionario del español jurídico - Real Academia Española, 2020. [Online]. Available: <https://dej.rae.es/lema/alcohol>
- [60] "Etanol: propiedades y síntesis", La Guía, 2020. [Online]. Available: <https://quimica.laguia2000.com/quimica-organica/etanol-propiedades-y-sintesis>
- [61] S. Minera, "Detección de gases y vapores: tres principios de medición", Revista Seguridad Minera, 2020. [Online]. Available:

<http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/deteccion-gases-principios-medicion/>

- [62] "Algoritmos", Ing.unne.edu.ar, 2020. [Online]. Available: http://ing.unne.edu.ar/pub/informatica/Alg_diag.pdf
- [63] "ALGEBRA DE MATRICES", Uv.mx, 2020. [Online]. Available: <https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2014/08/11d.-ALGEBRA-DE-MATRICES-4.pdf>
- [64] "¿Qué es el diseño?", Cefelipesegundo.com, 2020. [Online]. Available: http://www.cefelipesegundo.com/titulaciones/bellasartes/temarios/Diseno_Grafico_1/Qu%C3%A9%20es%20el%20dise%C3%B1o.pdf.
- [65] "¿Qué es la caracterización? - Definición, tipos y ejemplos", Workshop Experience, 2020. [Online]. Available: <https://www.workshopexperience.com/que-es-caracterizacion-definicion-tipos-ejemplos/>
- [66] "SENSORES", Isa.cie.uva.es, 2020. [Online]. Available: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>
- [67] "¿QUÉ ES UN PROTOTIPO Y PARA QUÉ SIRVE? - Sendekia", Sendekia, 2020. [Online]. Available: <https://sendekia.com/que-es-un-prototipo-y-para-que-sirve/>
- [68] Invima.gov.co. (2019). Bebidas alcohólicas - Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. [online] Available at: <https://www.invima.gov.co/bebidas-alcoholicas>
- [69] <https://docs.supersalud.gov.co>. (2015). RESOLUCIÓN 181 DE 2015 (febrero 27). [online] Available at: https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MLEGAL_0181_2015.pdf

- [70] Sic.gov.co. (2019). [online] Available at:
<https://www.sic.gov.co/sites/default/files/normatividad/012018/RES-88919-Y-ANEXO.pdf>
- [71] Minsalud.gov.co. (2019). [online] Available at:
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf
- [72] AsesorÃ-a, E. (2019). Decreto 3192 de 1983 - Gestor Normativo Funci3n P3blica. [online] Funcionpublica.gov.co. Available at:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3469>
- [73] Suin-juriscol.gov.co. (2019). DECRETO 365 DE 1994. [online] Available at:
<http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1716009>
- [74] Minsalud.gov.co. (2019). [online] Available at:
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%203075%20DE%201997.pdf

ANEXOS

Los Anexos y evidencias del procedimiento se cargaran en un documento independiente.