



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**
UNAN-MANAGUA

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

Tema

**Concentrador de oxígeno a bajo costo para uso de oxigenoterapia, bajo la
Norma ISO 80601-2-69 de uso domiciliario en zona rurales del país, en el
segundo semestre 2020.**

**SEMINARIO DE GRADUACION PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIEROS
ELECTRÓNICOS**

Autores:

Br. Faninthon Alexander Aleman Lopez

Br. Angel Gabriel Medina Saldaña

Tutor:

Msc. Milciades Delgadillo Sánchez

Asesora Metodológica:

Msc. Karen Acevedo Mena

20 de octubre 2020



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**
UNAN-MANAGUA

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

Tema

**Concentrador de oxígeno a bajo costo para uso de oxigenoterapia, bajo la
Norma ISO 80601-2-69 de uso domiciliario en zona rurales del país, en el
segundo semestre 2020.**

**SEMINARIO DE GRADUACION PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIEROS
ELECTRÓNICOS**

Autores:

Br. Faninthon Alexander Alemán López

Br. Angel Gabriel Medina Saldaña

Tutor:

Msc. Milciades Delgadillo Sánchez

Asesora Metodológica:

Msc. Karen Acevedo Mena

20 de octubre 2020

Dedicatoria

Dedico este trabajo a ti Abba Padre que estás sentado en el trono, al que se merece la suprema alabanza y adoración, a ti que me dio el soplo de vida y que me conoció en el vientre de mi madre, al que es nombre sobre todo nombre Jesucristo por brindarme, tu amor, fuerzas, sabiduría y tu poder del espíritu santo, quien que me ayudo llegar hasta esta etapa tan importante.

Romanos 8:28

y sabemos que a los que aman a Dios, todas las cosas les ayudan a bien, esto es, a los que conforme a su propósito son llamado.

Dedico también este trabajo a mis Padres, Marcos Alemán y en especial a mi madre, María del Carmen López Arias quien me cuido, alimento, educo, y me motivo a seguir adelante, desde los primeros logros y etapas, hasta este momento de ser un profesional, por estar ahí siempre cuando más lo necesitaba.

Gracias Dios... por darme una maravillosa mama.

Faninthon Alexander Aleman Lopez

Primeramente, a Dios por permitirme llegar hasta este punto y poder cumplir una meta más. A mi madre por cuidarme, educarme y velar por mi bien todo este tiempo incondicionalmente sin importar las adversidades.

Angel Gabriel Medina Saldaña

Agradecimientos

Le doy las gracias a mis 6 hermanos que colaboraron durante todo este tiempo, en lo económico, en lo emocional, que me motivaron a seguir adelante, y estuvieron ahí siempre, de igual forma a mis cuñados que brindaron todo su tiempo.

¡Muchas Gracias!

Héctor, Wilmer, Ever, Cristina, Flavia y Luis

A mis amigos de la carrera que me apoyaron durante estos 5 años donde estuvieron ahí en cada paso o desafío permitiendo llegar hasta en este periodo de culminación de la carrera y todas aquellas personas que apoyaron directa e indirectamente a todos ellos gracias.

A los profesores de la carrera que me enseñaron con su paciencia y conocimientos, y a la vez que transmitieron los valores y cualidades modelando un perfil de un profesional.

Faninthon Alexander Aleman Lopez

Agradezco a la universidad autónoma de Nicaragua UNAN-Managua la oportunidad de tener una educación digna y de calidad, a los profesores y colaboradores de la carrera Ingeniería Electrónica por brindarme de sus conocimientos y así permitirme crecer y desarrollarme como profesional, también a mi buen amigo y compañero con quien presento este trabajo, gracias por haberme apoyado todo este tiempo.

Angel Gabriel Medina Saldaña

Valoración del docente

Resumen

En el presente documento se muestra la elaboración de un dispositivo concentrador de oxígeno a bajo costo para uso de oxigenoterapia con la especificación técnica de los concentradores de oxígeno, con el documento brindado por la OMS en el año 2016 que se basa bajo la Norma ISO 80601-2-69, con el fin de contribuir con la salud y la economía de personas que habitan en zonas rurales del país. Se realizó una encuesta para la obtención de datos, esto para diagnosticar las necesidades de crear este dispositivo.

Correspondiente al diseño metodológico, la investigación es de tipo cuantitativa, ya que tiene alcances del tipo descriptivos que busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

El área de estudio se desarrolló en la comarca 19 de Julio del municipio de la Concepción, Masaya. Donde teniendo en cuenta que el número de jefes de hogares estimado es de 253 habitantes, Con esto se obtuvo el tamaño de la muestra proporcionando como un total de 24 personas, a quienes se les aplico el cuestionario.

Los resultados obtenidos del dispositivo en base a los objetivos propuestos para su elaboración y desarrollo se satisficieron completamente. También debe de tenerse en cuenta que este trabajo puede utilizarse como base para futuras versiones de concentradores de oxígeno a bajo costo, que implementen mejoras que ayuden a contribuir más con las zonas rurales.

Palabras clave

Economía, Técnicas, PSA, Automatización, Oxigeno

Contenido

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos	ii
Valoración del docente	iii
Resumen	iv
I. Introducción	1
II. Antecedentes	2
III. Planteamiento del problema.....	4
IV. Justificación.....	5
V. Objetivos	6
5.2. Objetivo General.....	6
5.3. Objetivos Específicos	6
VI. Fundamentos Teóricos	7
6.1. Conceptos Médicos	7
6.2. Sistema Respiratorio	7
6.3. Oxigenoterapia	13
6.4. Especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno	15
6.5. Concentos químicos	17
6.6. Conceptos Electrónicos	20
6.7. Conceptos electro-neumáticos	21
VII. Diseño metodológico	22
7.1. Tipo de estudio.....	22
7.2. Área de estudio	22
7.3. Universo y Muestra	23
7.4. Matriz de operacionalización de Variables	24
7.5. Métodos e Instrumentos de recolección de datos	25
7.6. Plan de análisis y procesamiento de datos	26
VIII. Desarrollo.....	27
8.1. Diagnosticar las necesidades de crear un dispositivo concentrador de oxígeno en el municipio de la Concepción, Masaya.	27

8.1.1.	Localización	27
8.1.2.	Macro localización.....	27
8.1.3.	Micro localización.....	29
8.1.4.	Resultados del cuestionario.....	30
8.1.5.	Duración de los tanques de oxígeno	35
8.1.6.	Viabilidad de comprar tanque de oxígeno para el municipio	36
8.2.	Elaborar un dispositivo concentrador de oxígeno cumpliendo con las especificaciones técnicas de la norma ISO 80601-2-69.	38
8.2.1.	Descripción	38
8.2.2.	Adsorción por presión oscilante – PSA	38
8.2.2.1.	Adsorbente de nitrógeno y purificador de oxígeno	40
8.2.2.2.	Cálculo dimensiones del recipiente contenedor de zeolita... ..	41
8.2.2.3.	Cálculo de presión del recipiente contenedor de zeolita	43
8.2.3.	Diagrama del Sistema	46
8.2.3.1.	Sistema electrónico	46
8.2.3.2.	Sistema de Programación	52
8.2.3.3.	Sistema Mecánico	54
8.2.3.4.	Sistema Neumático	55
8.2.3.5.	Presupuesto	59
8.3.	Demostrar el funcionamiento del Concentrador de oxígeno, a través de un prototipo, según las especificaciones técnicas de la norma.	60
8.3.1.	Resultados del documento de las especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno	60
8.3.2.	Guía de observación en el dispositivo	63
IX.	Conclusiones.....	64
X.	Recomendaciones	65
XI.	Bibliografía.....	66
XII.	Anexos	68

Índice de Figuras

Figura 1. Anatomía de la tráquea	8
Figura 2. Bronquios y subbronquios.....	9
Figura 3. Estructura de los pulmones	9
Figura 4. Inspiración y espiración de los pulmones	11
Figura 5. Alveolo intercambiando gase.....	12
Figura 6. Métodos para aplicar oxígeno	13
Figura 7. Cilindro de oxígeno medicinal 240lts	13
Figura 8. Concentrador de oxígeno 0.5-5litros/m	14
Figura 9. Paciente usando Cánula nasal.....	14
Figura 10. Flujómetro 0-5lm.....	14
Figura 11. Vaso humidificador	15
Figura 12. Esquema concentrador oxígeno típico	16
Figura 13. Estructura tetraédrica de la zeolita	19
Figura 14. Microcontrolador Atmega2560.....	20
Figura 15. Ciclo completo de un compresor.....	21
Figura 16. Electroválvula 5/2	21
Figura 17. Depósito de aire comprimido	21
Figura 18. Localización departamento de Masaya	27
Figura 19. Extensión territorial municipio de La Concepción	28
Figura 20. Área estudio comarca 19 de julio del municipio La Concepción .	29
Figura 21. Primer ciclo PSA Skarstrom, absorbiendo nitrógeno y liberando nitrógeno.....	39
Figura 22. Capacidad de adsorción zeolita 5A y 13X	40
Figura 23. Presentaciones de la zeolita.....	40
Figura 24. Dimensiones del recipiente de zeolita.....	42
Figura 25. Diseño del recipiente de zeolita	45
Figura 26. Esquema en bloques del concentrador de oxígeno	46
Figura 27. Interfaz Arduino con Atmega2560-A.....	47
Figura 28. Interfaz Arduino con Atemga2560-B.....	48
Figura 29. Diagrama electrónico del concentrador de oxígeno	49
Figura 30. Diagrama de flujo de la programación	52
Figura 31. Posiciones usadas de las válvulas 3/4 de uso medico	54
Figura 32. Servomotor en ángulos de 0 y 90 grados	55
Figura 33. Compresor usado en el dispositivo	55
Figura 34. Simulación primer ciclo del flujo de aire del sistema	56
Figura 35. Simulación segundo ciclo del flujo de aire del sistema.....	57
Figura 36. Esquema general del concentrador de oxígeno	58

Índice de Tablas

Tabla 1. Propiedades del oxígeno.....	17
Tabla 2. Propiedades del nitrógeno.....	18
Tabla 3. MOVI.....	24
Tabla 4.Capacidad tanque de oxígeno medicinal.....	35
Tabla 5.Duración de los tanques de oxígeno según el caudal continuo.....	36
Tabla 6. Precios tanques de oxígeno	36
Tabla 7. Datos de una receta médica para oxigenoterapia.....	37
Tabla 8. Costo de adquirir tanque oxígeno medicinal por mes.....	37
Tabla 9. Características zeolita 13X.....	41
Tabla 10. Altura del recipiente según diámetro del cilindro	42
Tabla 11. Fórmulas de Presión interna Max en cilindros.....	43
Tabla 12. Datos para cálculos de presión máx. en cilindros.	44
Tabla 13. Resultados extraídos del laboratorio sobre la zeolita de la Universidad de los Andes.....	46
Tabla 14.. Función de los pines del Microcontrolador ATMega 2560	50
Tabla 15. Presupuesto de la elaboración del dispositivo	59
Tabla 16. Especificaciones técnicas del dispositivo concentrador de oxígeno	63

I. Introducción

Con el paso del tiempo los pequeños incidentes físicos, el consumo de tabaco, la contaminación producida por el tráfico, la exposición al polvo, factores genéticos, infecciones respiratorias y la edad, provocan irregularidades del funcionamiento pulmonar, creando bajas saturación de oxígeno en la sangre que son peligrosos para la salud. Los concentradores de oxígeno son unos de los dispositivos biomédicos usados para poder tratar algunas afectaciones del sistema respiratorios siendo la oxigenoterapia un método de rehabilitación para frenarla la hipoxemia, mejorando la calidad de vida en pacientes con insuficiencia respiratoria.

El presente documento explica los estudios, investigaciones y el proceso llevado a cabo para desarrollar el prototipo de un concentrador de oxígeno para el correcto funcionamiento del mecanismo y su función para la oxigenoterapia, a través de la recopilación de información necesaria de múltiples fuentes para darle un contexto más completo al proyecto. Además, se abarca temas de la anatomía y fisiología del sistema respiratorio, así como las afecciones más comunes y se mencionan algunas recomendaciones para el momento en el desea mejorar el prototipo.

Se usará el documento de las especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno que muestra las especificaciones técnicas que normalmente tienen estos dispositivos para hacer uso en la oxigenoterapia, tales como el control del flujo, indicadores, alarmas, salidas, caja y corriente eléctrica del dispositivo.

II. Antecedentes

En la presente investigación se buscaron estudios relacionados al tema abordado, con información concreta y confiable que aporte al fundamento del mismo. Se hará mención de los más destacados e influyentes para esta investigación.

Bilbao, R y Cárdenas, R. (2016) de la Universidad Católica de Santa María, realizaron un proyecto de una planta PSA de generación de oxígeno medicinal para el hospital regional Honorio Delgado de Arequipa, el proyecto plantea la instalación de una Planta PSA, el diseño de una red de tuberías de oxígeno medicinal con 199 tomas DISS, que llegarán a cada paciente de las 15 áreas más críticas del hospital, los resultados fueron que el equipo seleccionado planta PSA asegura, teóricamente, pureza con $95\pm 3\%$ de oxígeno, partículas sólidas de hasta $0.01\ \mu\text{m}$, partículas de aceite de hasta $0.001\ \mu\text{m}$ y exento de agua, cumpliendo las expectativas de la Farmacopea Americana y consiguiendo un flujo y presión requeridos por cada área del hospital.

Calle Muñoz, M. y López Bermúdez, J. (2015) de la Universidad tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, realizaron un diseño mecatrónica de un purificador de aire, usaron 4 filtros para poder purificar el aire para una sala de emergencia de un centro hospitalario. Determinando que los filtros ofrecen así una reducción considerable de virus y bacterias suspendidas en el aire; mejorando la calidad del ambiente para los pacientes y trabajadores en los establecimientos prestadores de salud, y previniendo así la propagación de microorganismos y el efecto multiplicador de enfermedades y virus.

Tello, J. y Porras, M. he Inga, P. (2015) en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonia peruana realizaron un estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta para obtener oxígeno líquido, para uso medicinal e industrial en la región Loreto, el estudio trata de las sobre la demanda insatisfecha del producto lo que indica que se hace necesario instalar una nueva planta de producción para cubrir el mercado regional y abaratar el precio del producto.

Montalvo, M. (2010), de la Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería, diseño y construyó un sistema automatizado de control digital de oxigenoterapia para enfermedades respiratorias. Sus conclusiones fueron que el equipo OXMA es fácil y sencillo de operar, al ingresar el O₂ a ser suministrado, el equipo visualiza en una pantalla la cantidad de oxígeno a administrarse en lt/min y en unidades porcentuales, esto es una ventaja ya que se sabe exactamente el porcentaje de O₂ que se está dando a un paciente, ahorrando tiempo y facilitando de esta manera la labor al equipo médico.

Capote, A. (2018). En la Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, elaboro como proyecto de grado: Diseño de un generador de oxígeno para su aplicación en piscicultura. En resumen, de sus conclusiones fueron que el diseño del dispositivo planteado del trabajo logra simplificar el proceso de manufactura con el ánimo de hacerlo más accesible para campesinos y pequeños empresarios colombianos. Sin embargo, se garantiza que el dispositivo es funcional y seguro para su operación debido a que los cálculos basados en las normas respectivas dan soporte a las decisiones ingenieriles planteadas. Siendo esta investigación el principal referente y antecedente inmediato de investigación.

Nicaragua se ha mantenido en la cultura de la medicina tradicional dentro de la oxigenoterapia acudiendo a pesado tanques de oxígeno a presión. En el país no se cuenta con información relacionada con el tema de crear un concentrador de oxígeno o crear una planta generadora de oxígeno medicinal.

III. Planteamiento del problema

En Nicaragua más de un millón de personas sufren enfermedades respiratorias cada año, las posibilidades de contraer una enfermedad respiratoria son de 2,520 por cada 10,000 habitantes, según cifras del Ministerio de Salud (MINS) publicadas en el año 2018. Managua, León y Matagalpa se sitúan entre los departamentos donde más contagios se producen. Con el paso del tiempo y la edad a estas enfermedades podrían hacer daño en los pulmones provocando el mal funcionamiento del sistema respiratorio y con consecuencia la baja saturación de oxígeno en la sangre.

Debido por lesiones en pulmones para tratar algunas de estos daños y rehabilitarse el paciente es necesario contar con oxígeno medicinal según la enfermedad diagnosticada, el problema existe cuando la enfermedad es crónica y necesite oxígeno medicinal durante un tiempo o toda su vida.

Para poder usar tanque de oxígeno medicinal desde casa se ha convertido en una tarea muy difícil más si se decide buscarlo con todos sus accesorios, el precio es elevado para las familias de escasos recursos en especial en las zonas rurales del país, que aparte del costo del tanque de oxígeno se agregaría el costo de transporte lo que aumenta la dificultad del poder atenderse. El trabajador promedio obtiene un pago semanal de 1,300 córdobas a 1,700 córdobas según por la aplicación de los salarios mínimos aprobados por la comisión nacional de salario mínimo. publicado en La Gaceta, Diario Oficial N°. 27 de 11 de febrero de 2020.

Los concentradores de oxígeno son una gran respuesta a este problema de escasos ya que proporciona oxígeno constantemente siempre y cuando se esté conectado a una red eléctrica y realizándole un mantenimiento periódico, la parte negativa de estos es su costo elevado, ya que se necesita de una inversión moderada para poder adquirir este instrumento, gasto que no puede cubrir tampoco un trabajador promedio, por dicho se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo se puede satisfacer la necesidad de oxígeno medicinal para un paciente con insuficiencia respiratorias crónicas, colaborando así con su salud y situación económica?

IV. Justificación

Para resolver la necesidad de oxígeno medicinal en pacientes con insuficiencia respiratoria, colaborar con la salud y el tratamiento de los pacientes de escasos recursos primero se deberá analizar el área de estudio para diagnosticar las necesidades de crear un dispositivo concentrador de oxígeno, aplicado actualmente a las zonas rurales ya que son las más afectadas. Recordemos que el oxígeno es de vital importancia para el correcto funcionamiento celular, una deficiente oxigenación corporal conduce a la destrucción del mismo y por ende a la muerte. La oxigenoterapia domiciliar supone una gran mejora a la vida de los individuos que padezcan de enfermedades respiratorias crónicas.

En el presente proyecto se desarrollará un prototipo de un concentrador de oxígeno que sea de bajo costo y que cumpla con las especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno, publicado por la OMS basada en la norma ISO 80601-2-69, con esto se obtendrá oxígeno de manera constante el cual se obtendrá del medio ambiente, eliminando así la necesidad de estar rellenando los tanques de oxígeno, Por otra parte este dispositivo solo necesitará de una pequeña inversión para su construcción una única vez, para que proporcione del oxígeno medicinal solo necesitara estar conectado a la red eléctrica y que se realicen pequeños mantenimiento periódicos. El concentrador de oxígeno podrá regular el caudal de oxígeno que provea para que se utilice según la dosis que el paciente requiera y no limitándolo a un caudal fijo.

La necesidad de elaborar tecnologías para el progreso es importante en el país , es por eso que con el Concentrador de oxígeno a bajo costo, para uso de oxigenoterapia, bajo la Norma ISO 80601-2-69 de uso domiciliar en zona rurales del país, en el segundo semestre 2020, que se pretende desarrollar, se da a modo de solucionar los problemas socio-económico con la inclusión de diferentes ciencias con el fin de ayudar a la calidad de vida de las personas de escasos recursos que habitan en la zonas rurales con problemas respiratorios crónicos.

V. Objetivos

5.2. Objetivo General

Desarrollar un concentrador de oxígeno a bajo costo para uso de oxigenoterapia, bajo la Norma ISO 80601-2-69 de uso domiciliario en zona rurales del país, en el segundo semestre 2020.

5.3. Objetivos Específicos

- Diagnosticar las necesidades de crear un dispositivo concentrador de oxígeno en el municipio de la Concepción, Masaya
- Elaborar un dispositivo concentrador de oxígeno cumpliendo con las especificaciones técnicas de la norma ISO 80601-2-69
- Demostrar el funcionamiento del concentrador de oxígeno, a través de un prototipo, según las especificaciones técnicas de la norma

VI. Fundamentos Teóricos

La elaboración del dispositivo propuesto en este trabajo, está compuesto por el desarrollo de múltiples técnicas, electro-medicina, electrónico-mecánico y electro-neumático, para un fundamento y guía de conocimientos a considerar en el dispositivo. A continuación, se aclaran conceptos elementales para una mejor comprensión.

6.1. Conceptos Médicos

Electro-medicina

La electro-medicina es una rama de las ciencias de la salud que estudia y examina el cuidado de la Salud mediante uso de tecnología sanitaria.

Neumólogo

médico especializado en el diagnóstico tratamiento médico de las enfermedades de los pulmones (American Cancer Society, 2020)

6.2. Sistema Respiratorio

El aparato respiratorio académicamente comprende dos segmentos, llamados tracto respiratorio superior: Nariz, Cavidad nasal, Laringe. El tracto respiratorio inferior está compuesto por: Tráquea, Pulmones, Bronquios, Alvéolos pulmonares (Moltalvo, 2010)

6.2.1. Tracto respiratorio superior

6.2.1.2. Nariz

Es el órgano especializado del sentido del olfato, pero también representa una vía para el paso del aire que va hacia los pulmones o que sale de ellos. Su función es calentar y humedecer el aire que entra. Está conformado por dos partes: estructura externa o nariz y las cavidades internas o fosas nasales. Está formada por un esqueleto triangular de hueso y cartílago, cubierto por piel y tapizado por mucosa. En su cara inferior se encuentran dos aberturas denominadas Nares o cavidades nasales, las cuales tienen forma de cuña y están separadas entre sí por el tabique nasal, está formado por la cresta de los huesos nasales y la espina nasal del frontal y en la parte media por la lámina perpendicular del etmoides

6.2.1.3. Laringe

Es un conducto cuya función principal es la filtración del aire inspirado, la cual permite el paso de aire hacia la tráquea y los pulmones y el de la fonación con las cuerdas vocales; está situada en la parte superior y anterior del cuello, entre la raíz de la lengua y de la tráquea. Por arriba y por detrás de ella se encuentra la faringe que se abre hacia el esófago (parte del aparato digestivo). Está formada por nueve fibrocartílagos unidos por ligamentos, extrínsecos e intrínsecos y movidos por numerosos músculos. Se encuentra recubierta por una mucosa que se extiende hacia arriba hasta tapizar la faringe y hacia abajo revistiendo la tráquea. La cavidad de la laringe está dividida por dos pliegues de mucosa que van de adelante hacia atrás sin que se encuentren en la línea media, formando así una hendidura alargada denominada glotis, la cual está protegida por una cubierta fibrocartilaginosa; la misma que es una especie de lengüeta que se cierra al momento en que ingerimos alimentos, llamada epiglotis.

6.2.2. Tracto respiratorio inferior

6.2.2.1. Tráquea

Tubo membranoso conformado por unos veinte anillos cartilagosos en forma de C. Mide aproximadamente 12 cm en el hombre y 11 cm. Está enfrente del esófago y va desde la laringe, a nivel de la sexta vértebra cervical, hasta el borde superior de la quinta vértebra dorsal, donde se divide en dos bronquios, uno para cada pulmón. Está tapizada por una mucosa y posee un epitelio ciliado, la cual mantiene la superficie interna de las vías aéreas sin partículas de polvo, la mucosa recoge las partículas inhaladas y, el movimiento de los cilios lo barren continuamente hacia dirección de la faringe.



Figura 1. Anatomía de la tráquea
Fuente: BruceBlais (2014)

6.2.2.2. Bronquios:

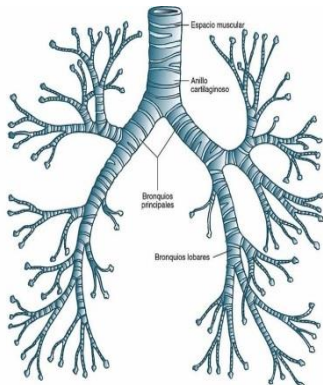


Figura 2. Bronquios y subbronquios
Fuente: Googlesite (2014)

El árbol brónquico está constituido en su parte inicial por dos gruesas ramas: derecha e izquierda (bronquios principales, troncos o fuentes), las mismas que se forman debido a la bifurcación de la tráquea a nivel de la quinta vértebra dorsal y por delante de la articulación del manubrio con el cuerpo del esternón. El bronquio derecho es más corto, más ancho y más vertical que el izquierdo. Estos entran en los pulmones derecho e izquierdo respectivamente, y se

siguen dividiendo una y otra vez en bronquios secundarios, terciarios y, finalmente en unos 250000 bronquiolos. Cada bronquiolo, termina en una formación sacular alargada denominada vestíbulo, los cuales tienen unas formaciones salientes pequeñas e irregulares denominadas alvéolos, cuyas paredes están tapizadas por un epitelio escamoso simple. Los alveolos tienen forma más o menos globular y un diámetro de unos 100µm.

6.2.2.3. Pulmones

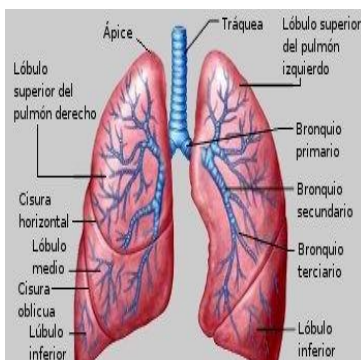


Figura 3. Estructura de los pulmones
Fuente: sabelotodo.org (2012)

Ocupan las dos cámaras laterales de la cavidad torácica, están separados por el corazón y órganos del mediastino. Tienen forma cónica irregular. Cada pulmón se relaciona con el corazón y la tráquea por la arteria pulmonar, venas pulmonares, arterias, venas bronquiales, bronquios, plexos nerviosos, vasos linfáticos y tejido areolar, los cuales están cubiertos por la pleura y constituyen el pedículo del pulmón. En

la cara interna del pulmón se encuentra una muesca vertical llamada hilio, el cual permite el paso a las estructuras que forman la raíz del pulmón (pedículo pulmonar). Por debajo y por delante del hilio se encuentra una concavidad profunda llamada incisura cardiaca, donde se encuentra situado el corazón; es más ancha y profunda en el lado izquierdo que el derecho, ya que el corazón hace más saliente

del lado izquierdo. El tejido pulmonar es blando y esponjoso; debido a la presencia de aire, es crepitante al tacto y flota en agua. Está formado por ramificaciones bronquiales y sus dilataciones terminales, numerosos vasos sanguíneos, linfáticos y nervios, y por tejido conectivo elástico. Los pulmones se componen de una multitud de pequeños elementos de forma piramidal, denominados lobulillos pulmonares, cada lobulillo recibe un bronquiolo que termina en el vestíbulo, el cual se abre en numerosos alvéolos

Fisiología

La actividad principal de la respiración es la de suministra oxígeno (O_2) a las células del organismo y liberarlas del exceso de dióxido de carbono (CO_2); además ayuda a mantener el pH normal de los líquidos corporales, la temperatura normal del cuerpo y elimina líquidos del organismo; la frecuencia normal respiratoria en el adulto es de 16- 18 respiraciones por minuto.

Respiración:

1. La función respiratoria comprende:
 - a. *Inspiración:* El aire ingresa a los pulmones debido al aumento del volumen que experimenta la caja torácica. Durante la inspiración aumenta la longitud de los tres diámetros del tórax: diámetro vertical (va desde el diafragma a la base del cuello), transversal (une ambos hemitórax) y anteroposterior (entre el esternón y la columna vertebral). El alargamiento del eje vertical del tórax se debe al descenso del diafragma (músculo extenso que separa la cavidad torácica de la abdominal); durante la contracción, este músculo toma apoyo en sus inserciones óseas y se produce así el descenso de su cúpula. El aumento en los diámetros anteroposterior y transversal se debe a que se halan las costillas, por acción de los músculos intercostales; de esta manera la caja torácica aumenta de tamaño.

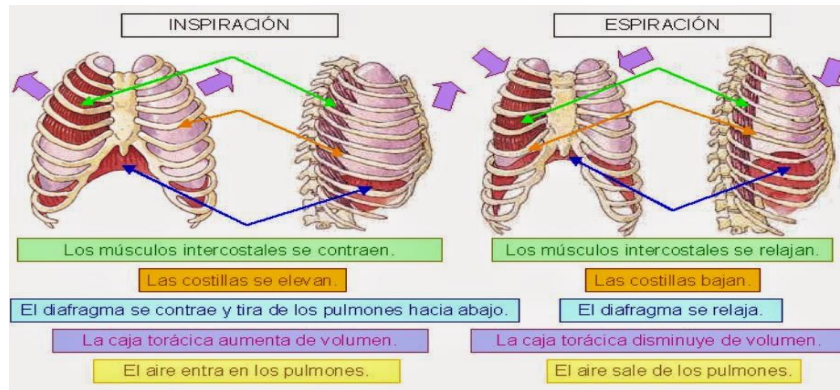


Figura 4. Inspiración y espiración de los pulmones

Fuente: sabelotodo.org (2012)

En la inspiración tiene lugar el intercambio de gases en los alveolos pulmonares. La sangre que llega desde la arteria pulmonar hacia las redes capilares, es el lugar en donde se realiza el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono; ya que por lo menos una o dos veces por minuto pasa toda la sangre del cuerpo por los capilares pulmonares. Durante este tiempo la sangre pierde dióxido de carbono y humedad; gana O_2 que se combina con la hemoglobina (Hb) de los glóbulos rojos, formando así la oxihemoglobina, por lo tanto, el color rojo oscuro de la sangre cambia a rojo claro brillante y la temperatura de la sangre desciende ligeramente. De manera que este intercambio gaseoso depende de:

- El área de contacto.
- Duración de contacto entre la sangre y el aire.
- Volumen de sangre que atraviesa la red capilar.
- Diferencia en las concentraciones de los gases en los alveolos y la sangre.

La eficiencia respiratoria se relaciona con el número de eritrocitos, la cantidad de hemoglobina que contienen, y la superficie de dichas células.

En los alveolos, el área total para el intercambio gaseoso es de aproximadamente 25 a 50 veces mayor que la superficie corporal del organismo. El mecanismo alveolar está perfectamente balanceado; el aire alveolar permanece constante entre 14 y 15% de oxígeno y 5.5% de CO₂ por volumen. La presión de oxígeno inspirado es

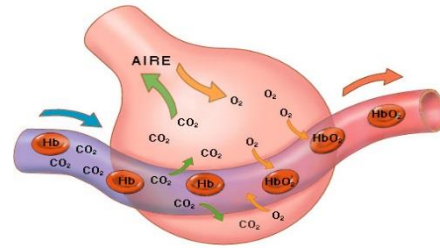


Figura 5. Alveolo intercambiando gase
Fuente:pictoeduca.com (2020)

menor que del aire alveolar, sucediendo lo contrario con el CO₂, esto quiere decir, que la presión de CO₂ en el aire alveolar es alta, mientras que el aire inspirado es bajo. Esta relación inversa entre las presiones de O₂ y CO₂ en los alveolos favorece el intercambio de gases en los pulmones, lo que se conoce con el nombre de ventilación pulmonar. La función principal del intercambio respiratorio es la de mantener la concentración de gases de la sangre arterial siempre constante.

Después de haberse realizado el intercambio gaseoso en los pulmones, la sangre oxigenada va hacia el corazón y es distribuida a todo organismo

b. *Espiración:* Es pasiva, los músculos inspiratorios contraídos se relajan cuando cesa la contracción, a la vez que el tórax regresa a su posición inicial, debido a:

- Elasticidad de la caja torácica: Que tiende a reducir su diámetro hasta alcanzar su volumen propio.
- Retractilidad del tejido pulmonar: Atrae a la pared costal y eleva el diafragma.
- Presión abdominal: Contribuye a elevar el diafragma.

Al comienzo de la espiración se expulsa el aire que hace que se disminuyan los diámetros anteroposterior y transversal de la caja torácica, debido al descenso de las costillas, de igual manera se reduce.

Enfermedades que requieren oxígeno medicinal

- Neumonía y pulmonía.
- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)
- Enfisema pulmonar.
- Bronquitis.
- Fibrosis pulmonar.
- Cirugía del pulmón.
- Dificultad respiratoria.
- Fallo cardíaco.

6.3. Oxigenoterapia

La oxigenoterapia consiste en la administración de oxígeno concentrado al paciente para mejorar y estabilizar la saturación de este gas en la sangre (OMS, 2016)



Figura 6. Métodos para aplicar oxígeno

Fuente: wikienfermeria96 (2016)

Equipos de Oxigenoterapia

Tanque de oxígeno

es un recipiente de almacenaje de dióxígeno, sometidos en baja o alta presión los hay de diferentes presentaciones desde portátiles a grandes capacidades, la duración del producto, depende de la cantidad de oxígeno almacenado en psi, y el caudal de salida usados normalmente en Litros / minutos



Figura 7. Cilindro de oxígeno medicinal 240lts

Fuente: medica911.com

Concentrador de Oxígeno

Un concentrador de oxígeno es un dispositivo médico que extrae aire del medio ambiente y lo hace pasar por tamices moleculares para concentrar el oxígeno hasta alcanzar concentraciones terapéuticas para administrarlo al paciente. (OMS, 2016)



Figura 8. Concentrador de oxígeno 0.5-5litros/m
Fuente: philips.com.mx/healthcare (2020)

Cánula de puntas nasal

es un dispositivo que se utiliza para administrar oxígeno suplementario o aumentar el flujo de aire a un paciente o persona que necesita ayuda respiratoria. Este dispositivo consiste en un tubo liviano que en un extremo se divide en dos puntas que se colocan en las fosas nasales y de las cuales fluye una mezcla de aire y oxígeno. El otro extremo del tubo está conectado a un suministro de oxígeno, como un generador de oxígeno portátil, (Wikipedia, 2020).

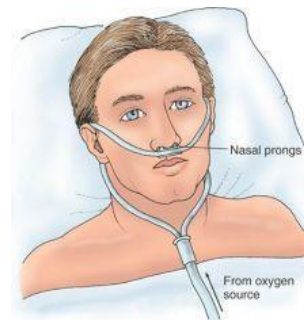


Figura 9. Paciente usando Cánula nasal

Fuente: dipromequi.com(2009)



Figura 10. Flujómetro 0-5lm
Fuente:ecbfarms.com (2020)

Medidor de flujo (flujómetro)

O caudalímetro es una herramienta que permite regular y leer el caudal de líquidos o gases en tiempo real, en la oxigenoterapia permite la dosificación de oxígeno en litros / minuto que el medico recomienda a aplicarle un paciente.

Humidificador

Es un recipiente al cual se le introduce agua destilada estéril hasta aproximadamente 2/3 de su capacidad y que se coloca interpuesto en el sistema de O₂ o de ventilación del paciente. cuya finalidad es proporcionar la humedad requerida a los gases respirados por el paciente. El humidificador se puede utilizar en combinación con mascarillas, gafas nasales y conexión traqueal. (Gonzales & Rodriguez, 2011).



Figura 11. Vaso humidificador
Fuente: airproducts.com.pe

6.4. Especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno

Un concentrador de oxígeno es un dispositivo médico autónomo, alimentado por electricidad, que está diseñado para concentrar el oxígeno a partir del aire ambiente. Valiéndose del proceso denominado adsorción por presión oscilante, este aparato produce oxígeno concentrado hasta un 95,5%. El aire atmosférico se hace pasar por un filtro de partículas gruesas de entrada antes de enviarlo al compresor. El aire a presión atraviesa un intercambiador térmico para reducir la temperatura antes de pasar por los tamices moleculares, que contienen zeolita, un mineral que a presiones elevadas adsorbe el gas nitrógeno (N₂) de manera preferencial. Cuando cada tamiz se despresuriza, se libera N₂. Se abren entonces unas válvulas para que el oxígeno concentrado se acumule en un depósito, desde el cual se puede usar un flujómetro para la liberación dosificada y continua de oxígeno al paciente con un gasto tasa de flujo especificada. En la figura 12 se presenta el diagrama de un concentrador de oxígeno típico. Hay dos tipos generales de concentradores de oxígeno: estacionarios y portátiles. (OMS, 2016)

La mayor parte de los aparatos estacionarios pesan menos de 27 kg y poseen ruedas, de manera que el usuario puede moverlos con facilidad. Son dispositivos autónomos que proporcionan una corriente económica y continua de oxígeno a razón de hasta 10 l/min. Por medio del flujómetro integrado o de accesorios se pueden administrar flujos muy bajos, incluso de 0,1 l/min. Casi todos los concentradores de oxígeno adecuados para establecimientos médicos pueden proporcionar hasta 5 l/min y funcionan con corriente alterna (CA); consumen

aproximadamente 280 a 600 W, dependiendo del modelo. De ordinario, los fabricantes producen modelos separados de corriente alterna para 110 a 120 V (generalmente de 60 Hz) y para 220 a 240 V (generalmente de 50 Hz) para la tensión (voltaje) y la frecuencia de la red eléctrica local.

Los concentradores están hechos para funcionar continuamente y pueden producir oxígeno las 24 horas del día, los 7 días de la semana y hasta por 5 años o más. Se pueden usar en los establecimientos médicos de cualquier nivel para administrar oxigenoterapia, siempre y cuando haya una fuente continua y fiable de electricidad y el sistema sea sometido a una limpieza y mantenimiento periódicos por los usuarios y el personal. Aun cuando los concentradores de oxígeno operan sobre los mismos principios, las piezas de repuesto no pueden intercambiarse entre distintos modelos. Los nombres de las partes comunes de estos aparatos y sus funciones se describen en la figura 12. Es común que los modelos difieran también en la interfaz del usuario, como los indicadores y ajustes de las alarmas y los componentes de mantenimiento.

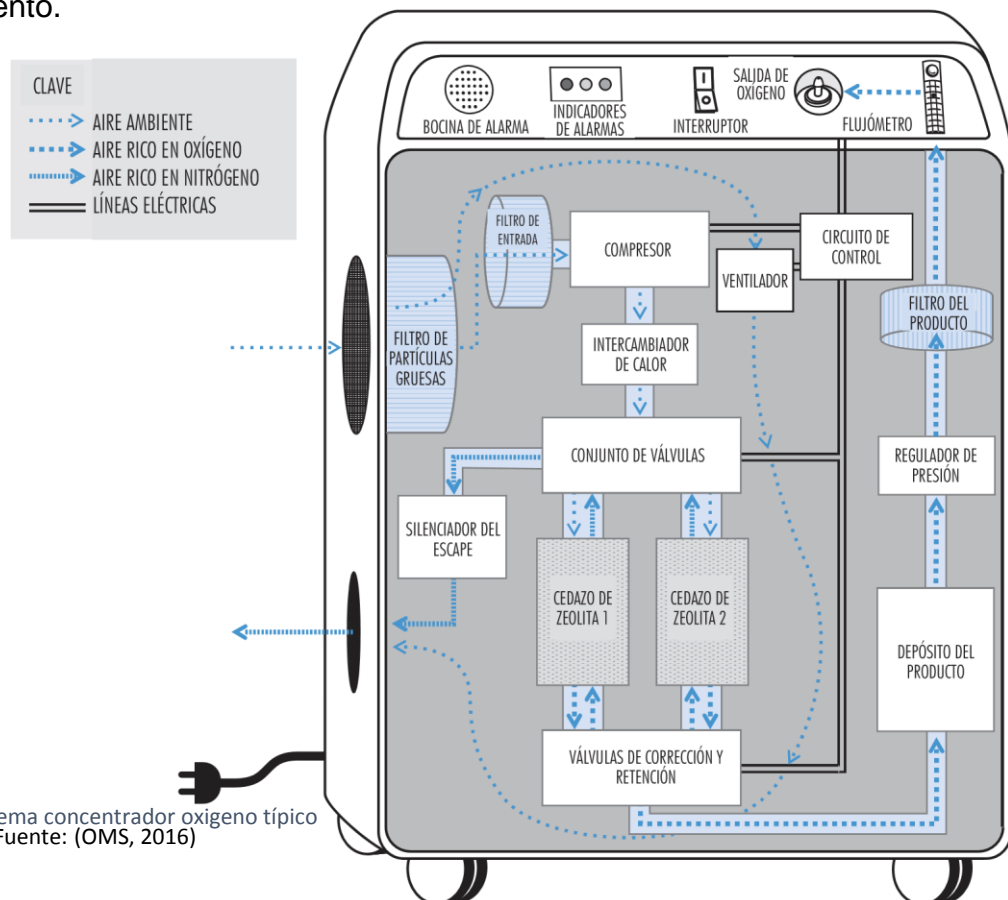


Figura 12. Esquema concentrador oxígeno típico
Fuente: (OMS, 2016)

6.5. Concretos químicos

Composición del aire ambiental

El aire que respiramos del medio ambiente es una mezcla de gases, en porcentajes o cantidades diferentes. Este compuesto por 21% oxígeno, por 78% de di nitrógeno, vapor de agua 0-7%, y pequeñas cantidades de dióxido de carbono, hidrógeno, ozono, gases nobles como argón y neón que representan 1%.

Tabla 1. Propiedades del oxígeno

Nombre	Oxígeno
Número atómico	8
Valencia	2
Estado de oxidación	- 2
Electronegatividad	3,5
Radio covalente (Å)	0,73
Radio iónico (Å)	1,40
Radio atómico (Å)	-
Configuración electrónica	$1s^2 2s^2 2p^4$
Primer potencial de ionización (eV)	13,70
Masa atómica (g/mol)	15,9994
Densidad (kg/m ³)	1.429
Punto de ebullición (°C)	-183
Punto de fusión (°C)	-218,8
Descubridor	Joseph Priestly 1774

Fuente: (Wright, 2003)

Tabla 2. Propiedades del nitrógeno

Nombre	Nitrógeno
Número atómico	7
Valencia	1,2,+3,-3,4,5
Estado de oxidación	- 3
Electronegatividad	3,0
Radio covalente (Å)	0,75
Radio iónico (Å)	1,71
Radio atómico (Å)	0,92
Configuración electrónica	1s ² 2s ² 2p ³
Primer potencial de ionización (eV)	14,66
Masa atómica (g/mol)	14,0067
Densidad (g/ml)	0,81
Punto de ebullición (°C)	-195,79 °C
Punto de fusión (°C)	-218,8
Descubridor	Rutherford 1772

Fuente: (Wright, 2003)

Propiedades de la zeolita

En general, las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos cuya estructura permite la formación de cavidades con dimensiones de 6 a 12 Å. Dentro de éstas existen posiciones que pueden ser ocupadas por iones y moléculas de agua, compensando de esta manera el exceso de carga negativa. Por otra parte, el tamaño de los canales y de las cavidades pueden permitir la transferencia de materia entre el espacio intracrystalino y el medio que lo rodea. Esta transferencia está limitada por el diámetro de los poros o cavidades de la zeolita, ya que sólo podrán ingresar o salir del espacio intracrystalino aquellas moléculas o iones cuyas dimensiones sean inferiores a un cierto valor crítico, el cual varía de una zeolita a otra (JV , 1984). La Figura 13 muestra la estructura de la zeolita.

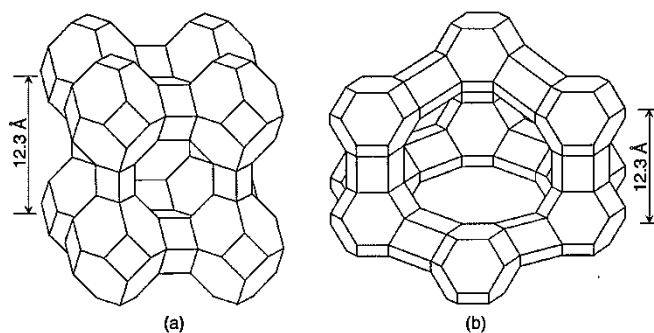


Figura 13. Estructura tetraédrica de la zeolita
Fuente: (Boldrini, 2019)

Adsorción Física

También llamado *fisisorción* se produce si el adsorbato y la superficie del adsorbente interactúan sólo por medio de fuerzas de Van der Waals. Las moléculas adsorbidas están ligadas débilmente a la superficie y los calores de adsorción son bajos, apenas unos cuantos kJ, comparables al calor de vaporización del adsorbato. El aumento de la temperatura disminuye considerablemente la adsorción.

Adsorbentes como la zeolita, el gel de sílice, el carbón activo y la alúmina tienen una estructura altamente porosa con una relación superficie/volumen del orden de cien por lo que pueden adsorber sustancias refrigerantes. Cuando se satura se puede regenerar simplemente con calentamiento para que esa cámara se libere. La capa adsorbida en la adsorción física puede variar en espesor, desde una molécula a muchas moléculas, debido a que las fuerzas de Van der Waals se pueden extender desde una capa de moléculas a otras.

El proceso es intermitente debido a que el adsorbente se regenera cuando se satura. Por ello, una máquina de adsorción consta de al menos 2 cámaras o lechos de adsorción porque así se consigue que las cámaras inviertan el ciclo de tal modo que donde se produce la adsorción se producirá la desorción y viceversa para conseguir que no pare la producción de frío y la operación sea continua. (Fernandez, 2011)

6.6. Conceptos Electrónicos

6.6.1. Microcontrolador

Un microcontrolador es un computador completo de limitadas prestaciones, que está contenido en un chip de un circuito integrado y se destina a gobernar una sola tarea. Para que el microcontrolador realice las operaciones que deseamos es necesario grabar en su memoria de programa un conjunto de instrucciones que constituyen el programa de aplicación. En primer lugar, debemos conocer perfectamente las especificaciones de la tarea que debe ejecutar. Hay que tener en cuenta que podemos llegar al mismo resultado con distintos programas, siendo óptimo aquél que esté mejor estructurado y no realice operaciones innecesarias, ahorrando de esta forma espacio en la memoria de programa y tiempo. (Apaza, 2010)

Microcontrolador Atmega2560

Es un microcontrolador CMOS de 8 bits de bajo consumo basado en la arquitectura RISC mejorada de AVR. ejecuta poderosas instrucciones en un solo ciclo de reloj, el Atmega2560 logra rendimientos cercanos a 1 MIPS por MHz, lo que permite al diseñador del sistema optimizar el consumo de energía en comparación con la velocidad de procesamiento.

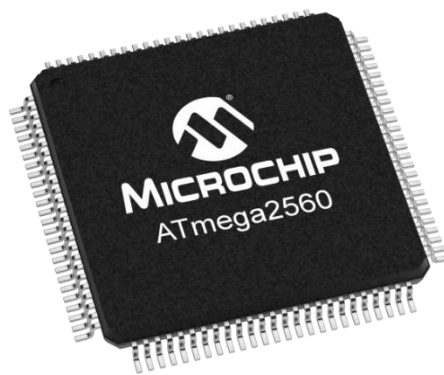


Figura 14. Microcontrolador Atmega2560
Fuente: microchip.com (2020)

6.7. Conceptos electro-neumáticos

La electro-neumática es una técnica de automatización en la que la energía eléctrica es quien control y mando sobre la energía neumática, ya sea para la generación como para transmisiones de control.

Compresor

Los compresores son dispositivos que por medio de una válvula de entrada aspira aire del ambiente y lo comprime, con un embolo que oscila con la ayuda de un motor eléctrico. posteriormente sale de una válvula hacia un depósito de aire comprimido.

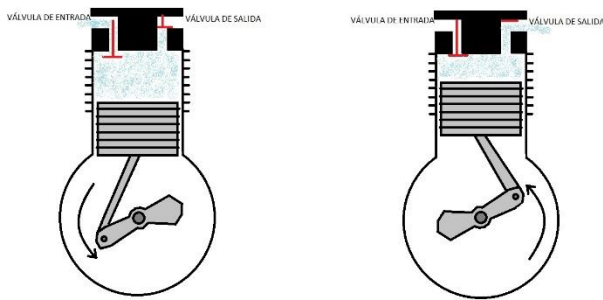


Figura 15. Ciclo completo de un compresor

Fuente: Comunidad.leroymerlin.es (2013)

Electro-Válvulas



Figura 16. Electroválvula 5/2

Fuente: romecoindustrial.com

Las válvulas distribuidoras de accionamiento eléctrico o electroválvulas, forman el eslabón que une ambas partes de un sistema de control electro neumático. Estas válvulas conmutan reaccionando ante las señales de salida de la unidad de control eléctrico y bloquean o abren el paso en la parte funcional neumática. (Frank Ebel, 2010).

Depósitos de aire comprimido

Nombrado también como tanque, es un recipiente de metal encargado de almacenar, enfriar, compensar las fluctuaciones de presión y estabilizar el flujo de aire en un sistema neumático, sus capacidades de almacenamiento dependen del volumen y la presión permitida por el fabricante.



Figura 17. Depósito de aire comprimido

Fuente: buceoasaco.com (2020)

VII. Diseño metodológico

7.1. Tipo de estudio

La presente investigación es de tipo cuantitativa según. (Hernandez, 2010). La investigación cuantitativa se enfoca en medir fenómenos, prueba hipótesis, hace análisis de causa-efecto, utiliza el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

El proceso investigativo tiene alcances del tipo descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Hernandez, 2010).

La lógica de la investigación es deductiva, este parte de lo general a lo particular, es decir la lógica o razonamiento deductivo.

La investigación es de corte transversal, puesto que su elaboración se originó en un tiempo determinado el cual consistió en el segundo semestre del año 2020.

7.2. Área de estudio

El área de estudio se desarrolló en el centro de la comarca 19 de Julio donde se encuentra la mayor aglomeración de habitantes, esta se encuentra ubicada en el Municipio de La Concepción departamento de Masaya.

7.3. Universo y Muestra

El método más apropiado, en la selección del tamaño de población a la hora de llevar acabo el cuestionario, se debe tener en cuenta cual es el universo, este puede ser finito que está formado por un número limitado, en el que se conoce ciertamente la cantidad de población y el otro tipo de universo podría ser del tipo infinito que está dado por un número extremadamente grande, donde no se puede contabilizar todos sus elementos, ya que es ilimitado.

Teniendo en cuenta que el número de jefes de hogares estimada en la comarca 19 de Julio es de 253 habitantes datos según el censo de población y vivienda INIDES (2005), del municipio de la Concepción, con la siguiente formula se calculará la muestra deseada.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n: Representa el tamaño de muestra deseado	p = constante 0.5
N = total de la población	q = constante 0.5
Z= 1.96 al cuadrado (95%)	e = precisión 3%

Esta investigación es universo finito porque se conoce el numero poblacional, se tomará una parte de esta población de 25 personas, comprendida en las edades de 24 a 65 años ya que esta representa la edad adulta estos factores de importancia en la búsqueda de datos relevantes en la investigación.

$$n = \frac{25 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.03^2(25 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 24.4$$

Proporcionando como un total de 24 personas, a quienes se les aplicara el cuestionario.

7.4. Matriz de operacionalización de Variables

Tabla 3. MOVI

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Sub-Variables	Variable operativa	Técnicas de recolección de datos e información
1. Diagnosticar las necesidades de crear un dispositivo concentrador de oxígeno en el municipio de la Concepción, Masaya	1. Diagnóstico del lugar	1.1. Accesibilidad geográfica.	1.1.1. Determinar el área de estudio.	Censo poblacional, encuesta y visitas de campo, observación
	2. Condición de vida	2.1 Infraestructura	2.1.1. Calidad de Vida	
2. Elaborar un dispositivo concentrador de oxígeno, bajo costo cumpliendo con las especificaciones técnicas de la norma ISO 80601-2-69	1. Elaboración del dispositivo	1.1. Diseño elaborado lo más económico posible	2.1.1. La estructura y características del dispositivo	Según ISO 80601-2-69. Descripción funcionamiento del dispositivo. Proteus (Diagrama de conexiones electrónicas)
			2.2.1 Mostrar las conexiones electrónicas internas. 2.1.2. Diagrama de flujo 2.2.2 Presupuesto	
3. Demostrar el funcionamiento del concentrador de oxígeno, a través de prototipo, según las especificaciones técnicas de la norma	1. Demostración del funcionamiento del dispositivo	1.1. Coordinación electromecánica Activación sensores /programación	1.1.1. Pruebas de funcionamiento a nivel de laboratorio.	Guía de observación

Fuente: Propia

7.5. Métodos e Instrumentos de recolección de datos

Cuestionario

Según (Hernandez, 2010). un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir, para poder alcanzar los objetivos se hizo uso de esta técnica de recolección de datos que resulta fundamental en esta etapa, acerca de la opinión de la población en la comarca 19 de julio.

El realizar un cuestionario permite hacer preguntas cerradas, esto con el fin de obtener información precisa y necesaria, esto ayuda que a la persona seleccionada se sienta en confianza, y sea de forma más sencilla la contestación de la misma y de igual manera pueda hacer sugerencias.

Guía de Observación

La guía de observación es el instrumento que permite situarse de manera sistemática en aquello que realmente es objeto de estudio. es el medio que conduce la recolección y obtención de datos e información de un hecho o fenómeno. Según (Tamayo, 2004) define a la guía de observación como “un formato en el cual se pueden recolectar los datos en sistemática y se pueden registrar en forma uniforme, su utilidad consiste en ofrecer una revisión clara y objetiva de los hechos, agrupa los datos según necesidades específicas, se hace respondiendo a la estructura de las variables o elementos del problema”.

Se elabora una guía de observación con el fin de evaluar el funcionamiento del dispositivo concentrador de oxígeno. Esta guía se realizará con la normativa técnica de los concentradores de oxígeno publicada por OMS del año 2016.

7.6. Plan de análisis y procesamiento de datos

Para el procesamiento de los datos obtenidos mediante las encuestas se realizará con el programa Excel 2016, donde se insertarán los valores de los 24 cuestionarios en forma columnas, para crear promedios de los mismo y generar gráficas.

La elaboración del dispositivo se concentrador de oxígeno se basará en la Especificaciones técnica de los concentradores de oxígeno basada en el ISO 80601-2-69 publicada en el año 2016 Publicado por la OMS.

La interconexión eléctrica es simulada por el software de diseño electrónico Proteus Professional versión 8.6 SP2 que facilita la observación del comportamiento en conjunto de los elementos, el cual debe ser analizado antes de un montaje físico para la prevención de posibles fallas y errores.

El desarrollo de la programación es a través del software Arduino en la versión 1.8.7, con un entorno de desarrollo integrado de código abierto basado en Java, donde se diseñó el código del lenguaje de programación que se compilara, para enviarlo y grabarlo en el microcontrolador Atmega560 para su ejecución.

La conexión neumática es simulada por el software de diseño neumáticos FESTO FluidSIM versión 4.2.

El modelado 3D de recipientes se usó el software de diseño 3D Google SketchUp versión 8.0.

VIII. Desarrollo

8.1. Diagnosticar las necesidades de crear un dispositivo concentrador de oxígeno en el municipio de la Concepción, Masaya.

8.1.1. Localización

El Departamento de Masaya se localiza en la zona central de la Región del Pacífico de Nicaragua; limita al norte con el departamento de Managua, al este con el departamento de Granada, al sur con el departamento de Carazo y Granada y al Oeste con los departamentos de Managua y Carazo. Está ubicado entre las coordenadas 11° 58' latitud norte y 86° 05' longitud oeste.



Figura 18. Localización departamento de Masaya
Fuente: mapanicaragua.com (2020)

8.1.2. Macro localización

El municipio de la concepción conocido también como La Concha, limita al norte con los municipios Nindirí y Ticuantepe, al sur con el municipio de San Marcos, al este con el de Masatepe y al oeste con el municipio de El Crucero.

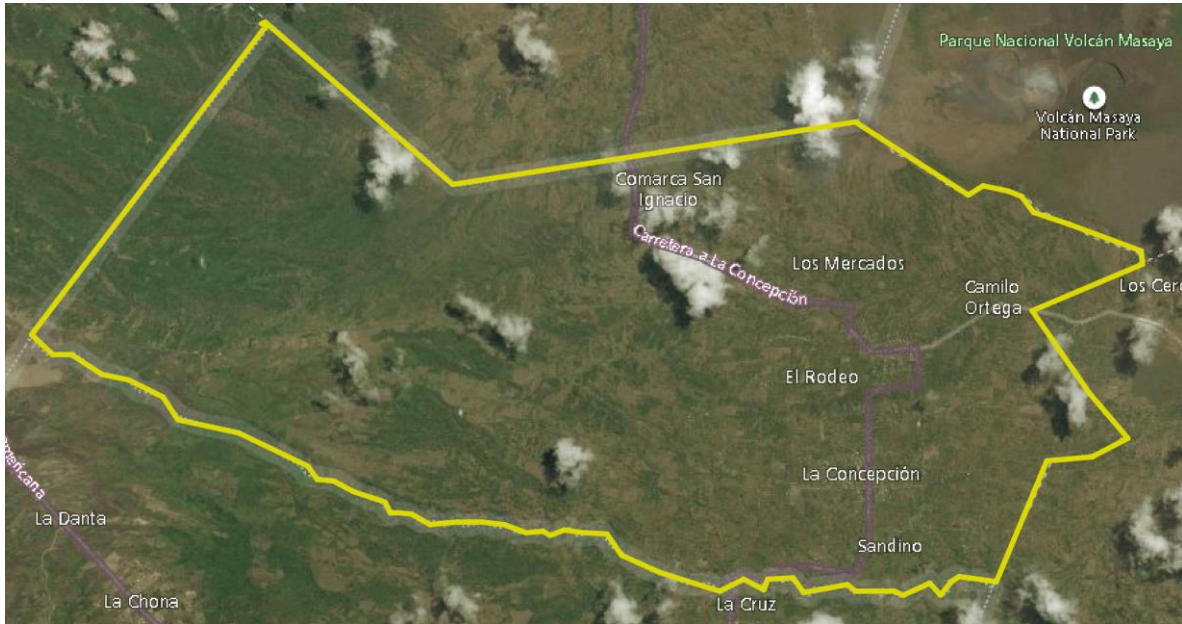


Figura 19. Extensión territorial municipio de La Concepción
 Fuente: bing.com/maps (2020)

En el municipio, cuenta con 2 cascos urbanos y 18 comarcas o comunidades rurales. (Enacal, 2020) y están subdividido de la siguiente manera:

Casco urbano: San Juan de la concepción: sector no. 1, sector no. 2, sector no. 3

La Concepción: Bo. Juan Dávila, Bo. Blanca Arauz, Bo. Covilaco, Bo. Francisco Reyes, Bo. San Antonio, Bo. Arlen Siu, Bo. Macario Brenes, Bo. La Mascota, Bo. Gaspar García Laviana.

Zona Rurales:

- El Rodeo
- Los Encuentros
- San Ignacio
- Los Amadores
- Los Martínez
- Camilo Ortega
- Temoá
- Palo Solo
- Los Moncadas
- Daniel Roa P.
- Loma Negra
- Santiago
- La Bolsa
- San Caralampio
- **19 de Julio**
- La Cruz de Mayo
- Los Mercados

8.1.3. Micro localización

La comarca 19 de julio se ubica a 3 km del casco urbano del municipio de La Concepción.



Figura 20. Área estudio comarca 19 de julio del municipio La Concepción
Fuente: bing.com/maps (2020)

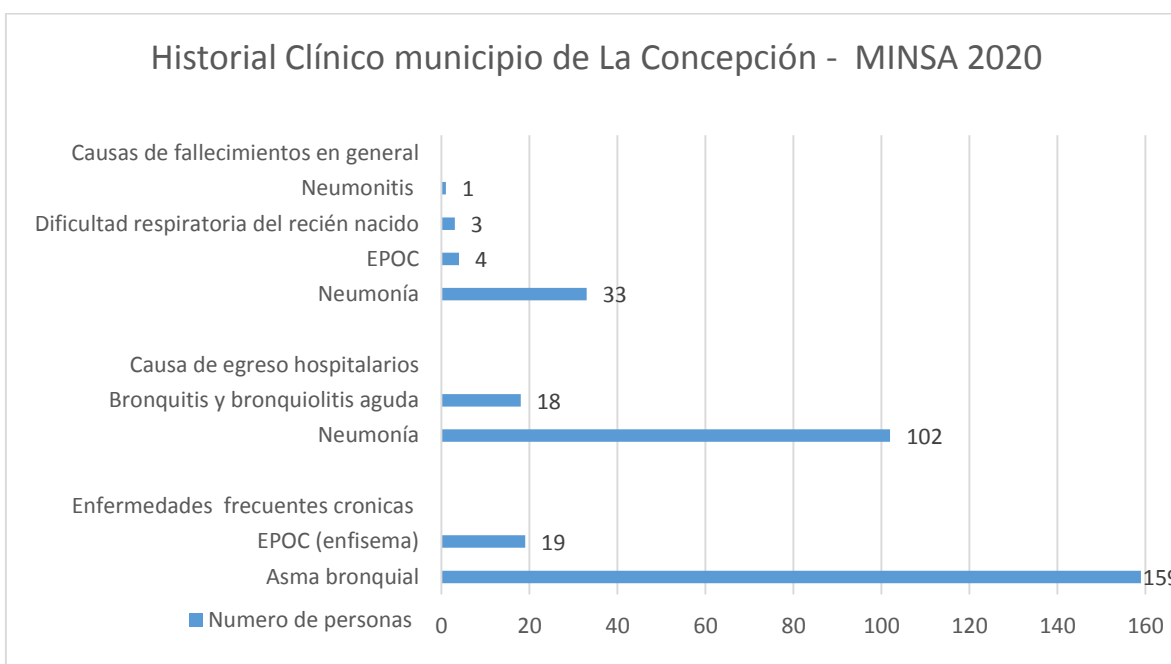


Gráfico 1. Historial clínico del MINSA municipio de La Concepción

En el Grafico 1. Se muestra las enfermedades respiratorias crónicas, causas de hospitalización y causas de fallecimientos en general datos obtenidos de: Censo de crónicos y sistema de atenciones ambulatorias, Sistema de egresos hospitalarios, Sistema Nacional de Estadísticas Vitales. del Minsa 2020.

8.1.4. Resultados del cuestionario

A continuación, se mostrará el resultado del análisis de las encuestas realizada a la población de la comarca 19 de julio, para conocer la necesidad del dispositivo, opiniones del oxígeno medicinal esto basado en la muestra de 24 personas y demostrando los resultados a través de las siguientes gráficas.

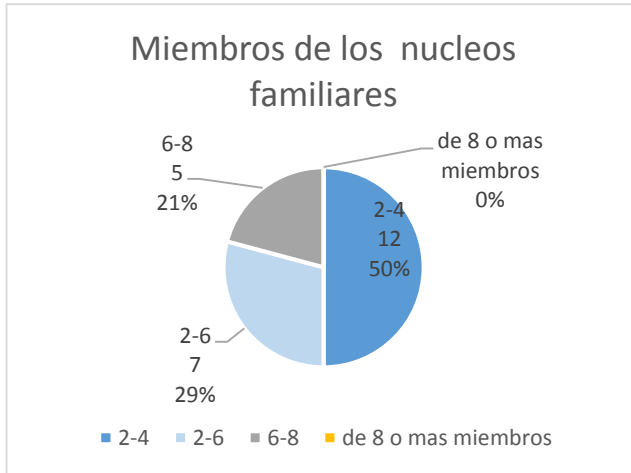


Gráfico 2. Miembros familiares Fuente: Propia

Una vez aplicado la encuesta a 24 personas, el 50% poseen núcleos familiares conformados por 2 a 4 miembros, el 29% conformado por 5 a 6 y el 21% conformado por 7 a 8 miembros. Donde se observa que el mayor porcentaje de las familias están conformadas por pocos miembros.

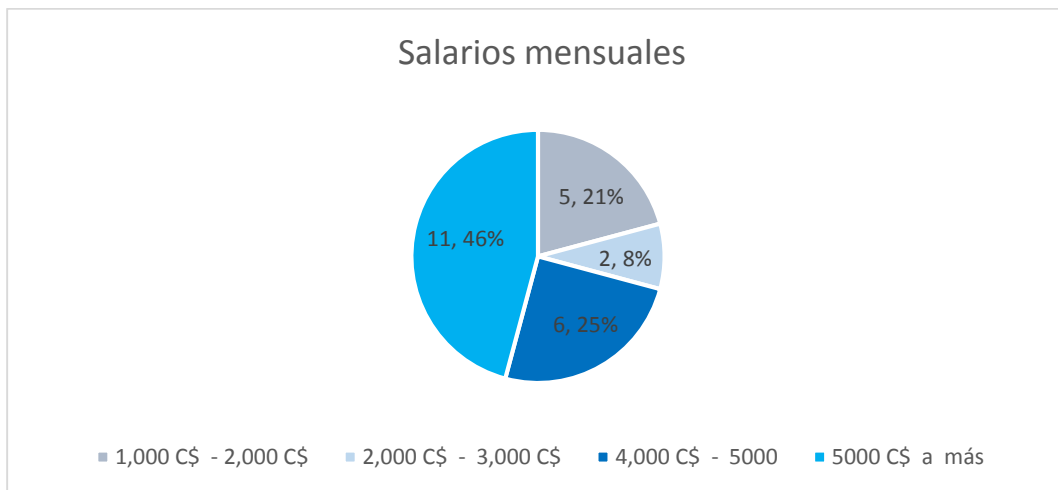


Gráfico 3. Salarios mensuales Fuente: Propia

En el gráfico número 3 se demuestra el rango de los ingresos económicos que obtiene comúnmente las familias en esta área, donde solo el 46% obtiene ingresos de C\$ 5,000 a más y el 54% enfrenta una gran limitante gracias a sus bajos ingresos económicos.

En el gráfico número 4 se obtuvo como resultado que solo el 27% de la muestra cuenta con seguro médico, con el cual pueden tratarse si llegan a desarrollar enfermedades respiratorias, el 73% no cuenta con seguro médico por ende quedan expuestos a gastos adicionales perjudicando aún más su economía familiar.

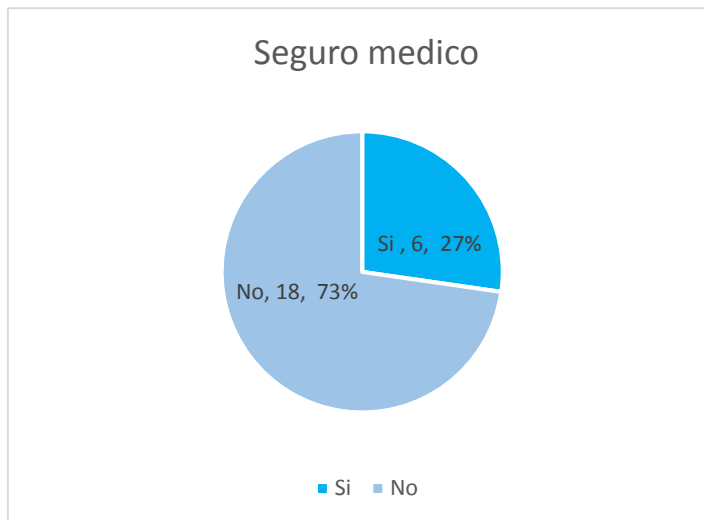


Gráfico 4. Asegurados
Fuente: Propia



Gráfico 5. Alternativa al no tener seguro
Fuente: Propia

El Gráfico 5. se aprecia que solo 4 personas o 25% de las 24 encuestas visitan clínicas privadas y de los 25 solo 12 a centro hospitalarios públicos siendo la mayoría con un 75% según el área de estudio de municipio de la concepción.

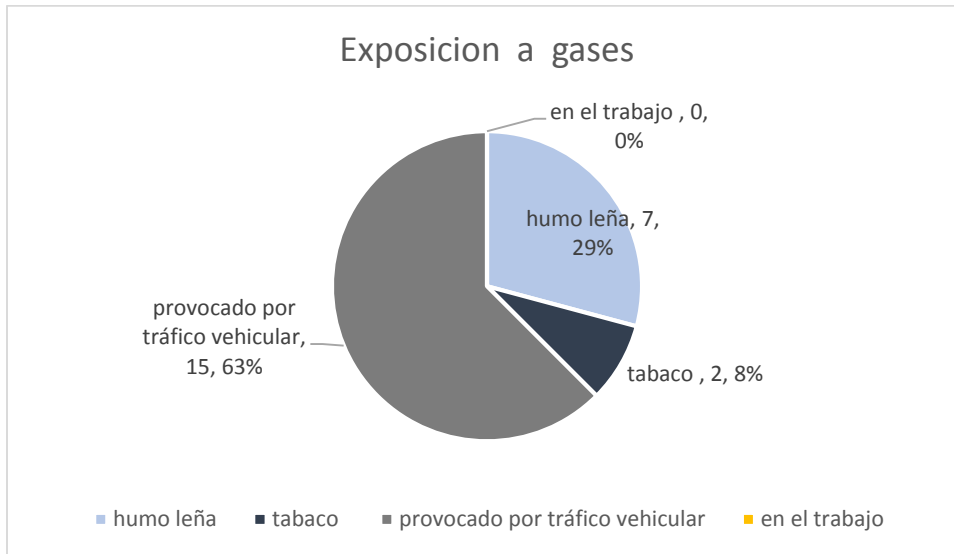


Gráfico 6. Exposición a gases
Fuente: Propia

En el gráfico 6. Se muestra las maneras más comunes de exposición a gases que puede afectar el sistema respiratorio donde el consumo del tabaco provoca un 8% de exposición, cocinar a base de leña un 29% y donde la mayor exposición de gas es debido a tráfico vehicular con un 63%.

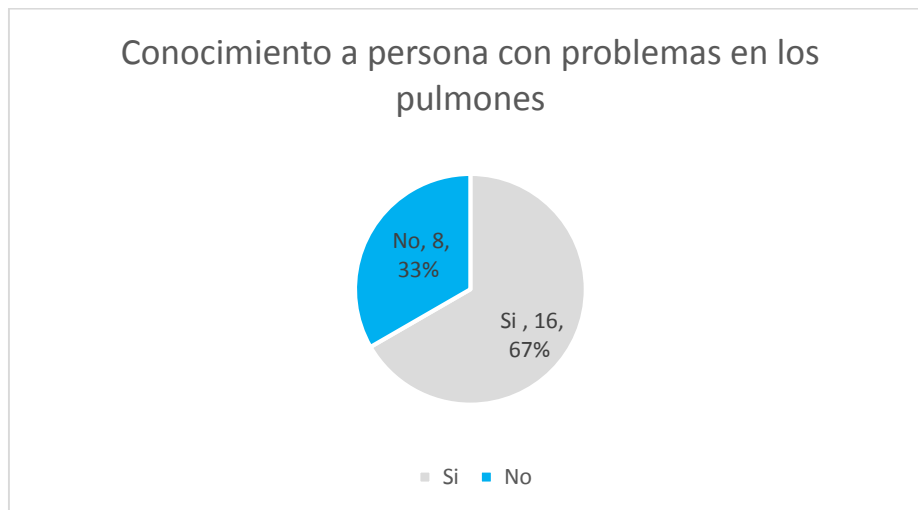


Gráfico 7. Conocimiento con problemas en los pulmones
Fuente: Propia

Según los datos obtenidos de la muestra de el grafico 7. Solo el 33% no conocen a personas con problemas en los pulmones o afectaciones respiratorias a como se presenta en la siendo la mayoría 67% que conocen a personas con algún daño en los pulmones.

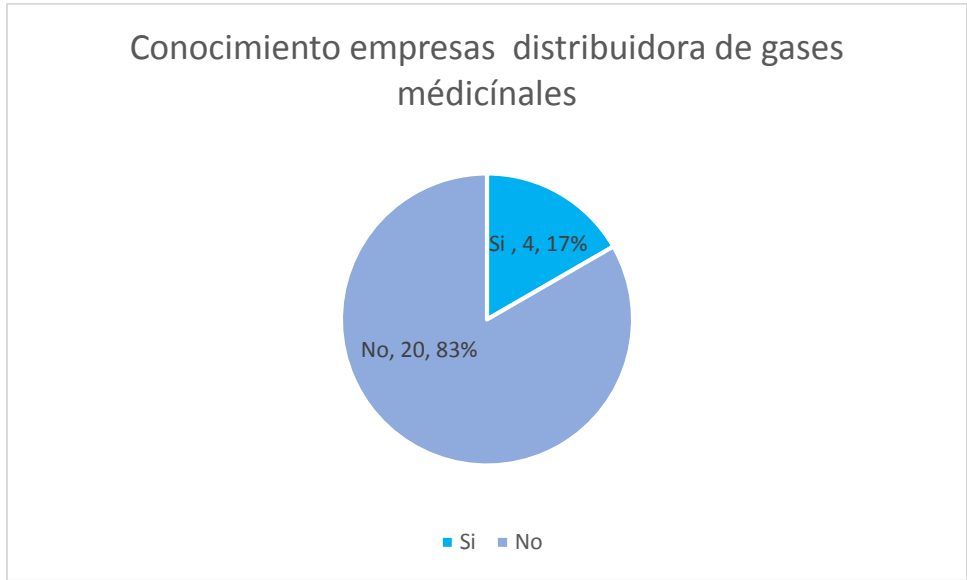


Gráfico 8. Conocimiento empresas distribuidora de oxígeno
Fuente: Propia

Solo el 17% de los encuestados conocen distribuidoras de gases medicinales, el 83% carece de esta información, observadas en el gráfico 8.

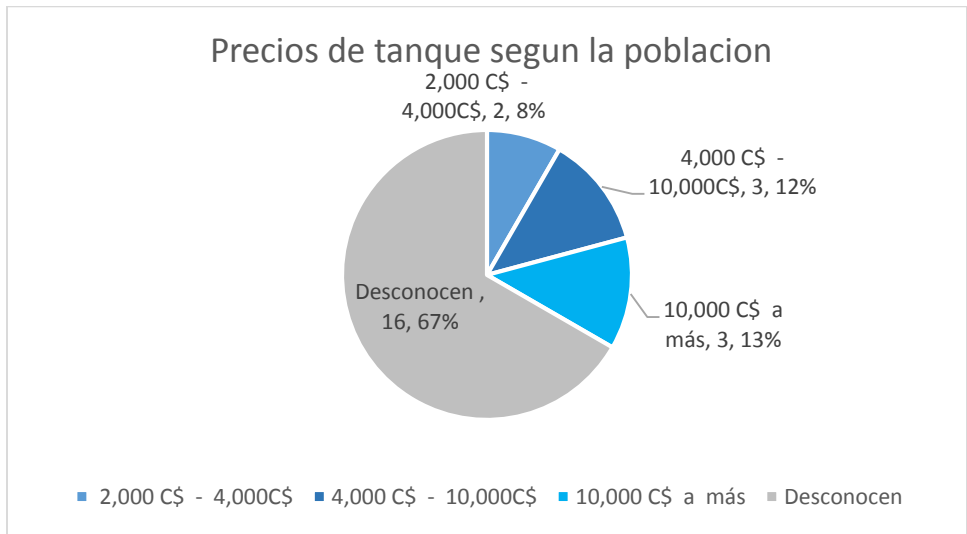


Gráfico 9. Conocimiento precios tanques de oxígeno
Fuente: Propia

Según los resultados de la encuesta realizada el 67% de los individuos desconocen cuánto cuesta un tanque de oxígeno medicinal, el 8% piensa que el valor del tanque oscila de C\$ 2,000 a C\$ 4,000, el 12% piensa que de C\$4,000 a C\$10,000 y solo el 13% cree que va de C\$10,000 a más.

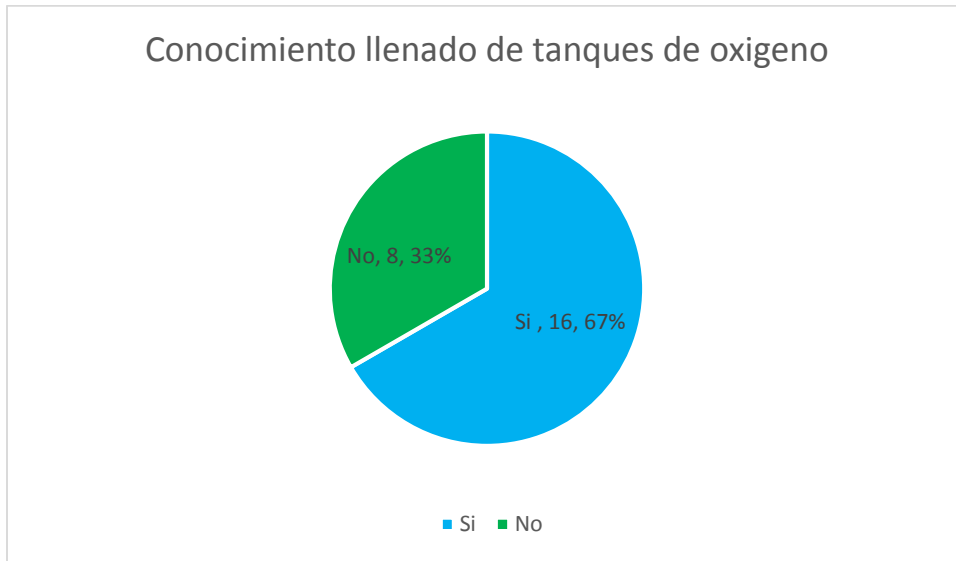


Gráfico 10. Conocimiento llenado tanque de oxígeno
Fuente: Propia

En el gráfico 10 se presenta con 33% a los individuos que no sabían que hay que rellenar los tanques una vez consumidos por el paciente y un 67% si estaba al tanto de esa información.

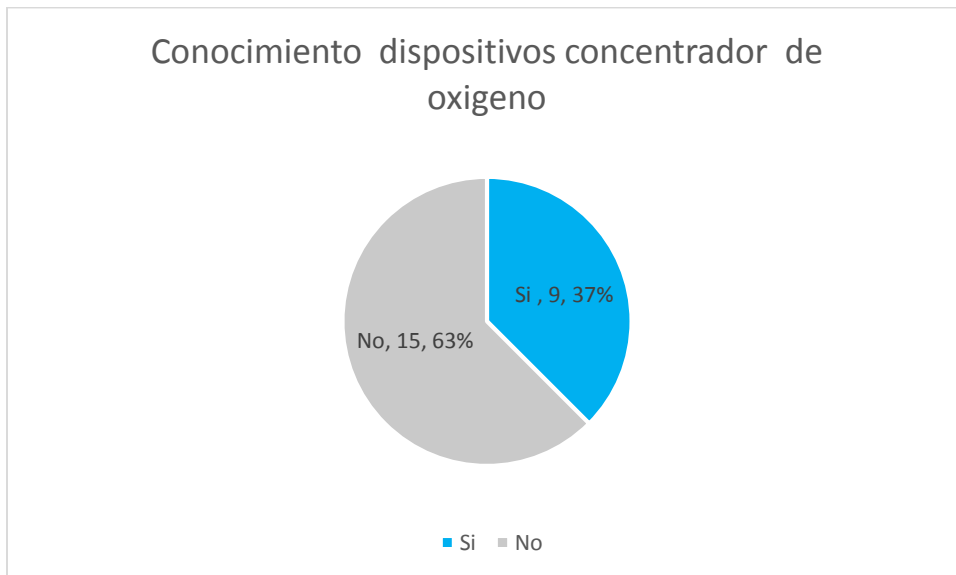


Gráfico 11. Conocimiento de las personas sobre dispositivos concentradores de oxígeno
Fuente: Propia

En la encuesta realizada solo el 37% de la muestra conoce que es un concentrador de oxígeno y el 63% restante no poseen ningún conocimiento previo al tema.

8.1.5. Duración de los tanques de oxígeno

Debido a los costos de los tanques de oxígeno se detallarán el tiempo que duran mediante su uso a modo de proyectar el impacto económico del consumidor.

$$\text{Según la formula} = \frac{P \times L - M}{Q}$$

P = Presión en bares

M = Margen de presión (15 constante)

L = capacidad del tanque en litros

Q = Caudal de Salida en litros/ min.

Ejemplo: Teniendo en cuenta un tanque con presión a 50 bar y una capacidad de 5 litros de envase con un caudal de salida de 2L/m. determine su duración de oxígeno.

$$t = \frac{50\text{bar} \times 5\text{L} - 15\text{bar}}{2\text{ l/m}} = 245\text{min}$$

Un tanque de 250L. con un flujo de 2L/min. duraría 117min = 1.95h

En el mercado ya está estandarizado las capacidades de tanque oxígeno esto según el tipo y se clasifican de la siguiente Manera.

Tabla 4.Capacidad tanque de oxígeno medicinal

Tipo	Capacidad
C	240L
D	360L
E	625L
M	2,500L
MM	3,000L
G	5,300L
H	6,900L

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta los valores de la tabla 4. se nos facilita el cálculo para determinar la duración de en un tanque de oxígeno de uso continuo. se divide la capacidad entre el caudal de salida, con esto se logra realizar la tabla 5.

Tabla 5. Duración de los tanques de oxígeno según el caudal continuo

Tanque		Duración según Caudal de salida continuo			
Tipo	Capacidad	15L/m	10 L/m	5 L/m	2 L/m
C	240L	16 min	24 min	48 min	2 h
D	360L	24 min	36 min	1:20 h	3 h
E	625L	41 min	1:02 h	2:08 h	5:12 h
M	2,500L	2:70 h	4:16 h	8:33 h	20:87 h
MM	3,000L	3:20 h	5:00 h	10 h	25 h
G	5,300L	5:53 h	8:50 h	17:66h	44:10 h
H	6,900L	7:40 h	11:30 h	23 h	57:30 h

Fuente: Propia

8.1.6. Viabilidad de comprar tanque de oxígeno para el municipio

Precios tanques de algunas presentaciones de tanque de oxígeno en segundo semestre 2020.

Tabla 6. Precios tanques de oxígeno

Distribuidor	Capacidad	Precio	Precio llenado
SERMER	635 Litros	364\$ = 12,600 C\$	No especificado
Gaspro Nicaragua	240 Litros	160\$ = 5,536 C\$	150 C\$
Gaspro Nicaragua	2500 Litros	602\$ = 20,830 C\$	1,035 C\$
Producto del Aire S.A	240 Litros	194\$ = 6,712 C\$	200 C\$
Producto del Aire S.A	625 Litros	500\$ = 17,300 C\$	645 C\$

Fuente: Propia

Caso de un paciente con necesidad de oxígeno

Después de un diagnóstico de la enfermedad que causa la insuficiencia respiratoria y con consecuencia de hipoxemia, el médico brinda las medidas a seguir y una de ellas es la receta o dosis médicas para poder tratar dicha enfermedad durante un periodo prolongado. Observar Anexo 3, en él se muestran que uno de los tratamientos es el oxígeno con dosis de 2L/min cada 6h por un periodo de 6 meses, con estos datos podemos calcular el impacto económico de adquirir dicho producto.

Teniendo como caso a una persona del municipio de la concepción con insuficiencia respiratoria con necesidad de oxígeno para sobrevivir, el médico recomienda oxigenoterapia al menos durante 6 meses y se conoció que en el municipio (Observar gráfica 3) tienen salarios con un promedio 5,000 C\$ mensuales.

Tabla 7. Datos de una receta médica para oxigenoterapia

Tratamiento	Dosis	Tiempo	Repetir cada	por periodo de
Oxígeno	2L/min	2 horas	6 horas	3 meses

Fuente: Propia

Calculo cantidad de horas oxígeno al mes

$$h_{oxigeno} = \frac{24h}{6h} = 4 \text{ secciones}$$

$$h_{oxigeno} = 2 \text{ horas} * 4 \text{ secciones} = 8 \text{ horas de oxigeno diarios}$$

Cantidad de horas por mes

$$h_{oxigeno/mes} = 8h * 30 \text{ dias} = 240h \text{ al mes}$$

El cálculo anterior se muestra para una persona que necesita oxígeno con dosis de 2 litros por minuto de uso continuo con periodos cada 6 horas necesitara al menos de 240h al mes.

Con datos de la tabla 6. Podemos saber el impacto económico de dicho tratamiento, creándose así la siguiente tabla.

Tabla 8. Costo de adquirir tanque oxígeno medicinal por mes

Oxígeno cada 6 horas a 2 Litro / Minutos con 2h de duración por un mes				
Alternativa	Duración	Cantidad de producto	Precio llenado	Precio total al mes
Tanque 240L	2h	120 tanques	150	18,000 C\$
Tanque 2500L	20h	12 tanques	1,035	12,420 C\$

Fuente: Propia

En conclusión;

Un paciente con problemas respiratorios con necesidad de oxígeno medicinal con un caudal de 2L/min por 2 horas continuas cada 6 horas diarios, la factura en promedio sin el transporte del producto, serían de 11,900C\$/mes siendo imposible poder cubrir esta necesidad con el salario de 5,000 C\$ mensuales en la comarca 19 de Julio municipio de La Concepción, Masaya.

8.2. Elaborar un dispositivo concentrador de oxígeno cumpliendo con las especificaciones técnicas de la norma ISO 80601-2-69.

Para poder elaborar un dispositivo concentrador de oxígeno se basará con el documento brindado por OMS “especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno” que se basa en la normativa ISO 80601-2-69, publicada en el año 2016 de dicha organización, donde se tomaron los aspectos funcionales como la base para diseñar y construir el dispositivo.

8.2.1. Descripción

Un concentrador de oxígeno es un dispositivo médico autónomo, alimentado por electricidad, que está diseñado para concentrar el oxígeno a partir del aire ambiente. Valiéndose del proceso denominado adsorción por presión oscilante (PSA) por su sigla en inglés, este aparato produce oxígeno concentrado hasta un 95,5%. El aire atmosférico se hace pasar por un filtro de partículas gruesas de entrada antes de enviarlo al compresor. El aire a presión atraviesa un intercambiador térmico para reducir la temperatura antes de pasar por los tamices moleculares, que contienen zeolita, un mineral que a presiones elevadas adsorbe el gas nitrógeno (N₂) de manera preferencial. Cuando cada tamiz se despresuriza, se libera N₂. Se abren entonces unas válvulas para que el oxígeno concentrado se acumule en un depósito, desde el cual se puede usar un flujómetro para la liberación dosificada y continua de oxígeno al paciente con una tasa de flujo especificada. (OMS, 2016).

8.2.2. Adsorción por presión oscilante – PSA

El funcionamiento de la adsorción por presión oscilante, se fundamenta que bajo presión los gases nitrógeno tienden a ser atrapados por partículas sólidas o adsorbentes. Cuando la presión incrementa más gas es adsorbido y cuando decrece la presión el nitrógeno se libera.

En la mezcla de gases como el aire, se introduce a presión hacia unas partículas adsorbentes que bloquea el nitrógeno más fuertemente de lo que hace con el oxígeno. Parte o todo el nitrógeno se quedará en el recipiente lleno de adsorbente, mientras se libera del otro extremo del recipiente el gas enriquecido en oxígeno.

Cuando un recipiente de adsorbente se satura de nitrógeno y no puede adsorber más, se abre una válvula de escape para reducir la presión del recipiente. Esto provoca liberar el nitrógeno acumulado, regenerando las partículas de adsorción e iniciar una vez más otro ciclo de adsorción de nitrógeno y separación de oxígeno. Para poder aumentar el rendimiento de separación de gases se usa dos recipientes llenos de adsorbente denominado ciclo Skarstrom esto se puede observar la figura 21.

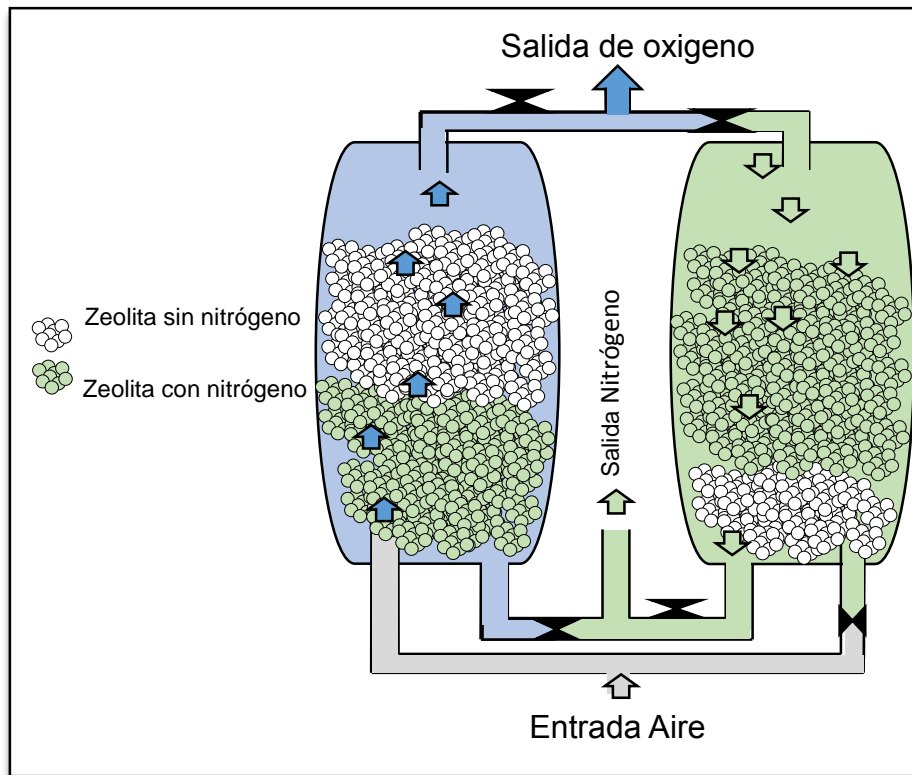


Figura 21. Primer ciclo PSA Skarstrom, absorbiendo nitrógeno y liberando nitrógeno
Fuente: Propia

Figura 21. Se puede observar el primer ciclo de PSA. Mientras un recipiente (izquierda) separa oxígeno y saturándose de nitrógeno, el otro recipiente está liberando el nitrógeno acumulado del ciclo anterior. Por otra parte, en el ciclo siguiente se invierte el sentido del aire con el uso de válvulas direccionales, de esta manera se hace un sistema de auto regeneración de la zeolita o adsorbentes de nitrógeno.

En la elaboración del concentrador de oxígeno se usará la tecnología PSA Skarstrom desarrollada en 1960.

8.2.2.1. Adsorbente de nitrógeno y purificador de oxígeno

Los tamices moleculares, que contienen zeolita, es un mineral que a presiones adsorbe el gas nitrógeno (N₂) de manera preferencial. Cuando cada tamiz se despresuriza, se libera N₂. (OMS, 2016).

Zeolita

Para la elaboración de la etapa de separación de oxígeno se usará 2 recipiente lleno zeolita, que se usa para retener el nitrógeno y liberar el oxígeno. Aunque existen una gran variedad de zeolita ya sea por distribución de tamaño de los poros o los cationes existente. El tipo de zeolita a elegir es la de 13X debido a que se usa normalmente para la purificación de oxígeno debido a su mayor atracción del nitrógeno. La zeolita 13X comparada a otras zeolitas como la de tipo 5A, puede adsorber más nitrógeno y menos oxígeno. Según estudio (Mofarahi, 2013).

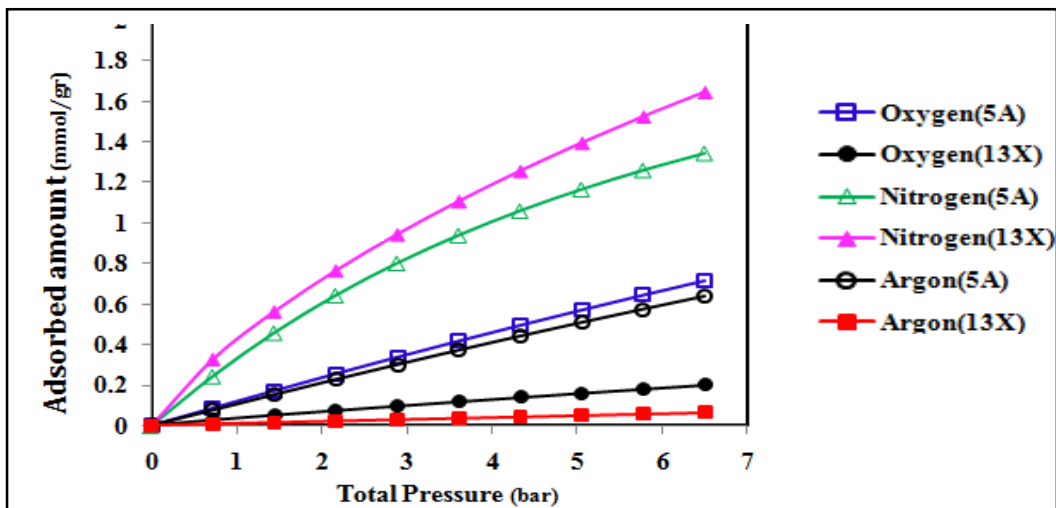


Figura 22. Capacidad de adsorción zeolita 5A y 13X
Fuente: (Mofarahi, 2013)



Zeolita 5A 4X8



Zeolita 13x 12X8



Zeolita 4A 4X8

Figura 23. Presentaciones de la zeolita
Fuente: Propia

8.2.2.2. Cálculo dimensiones del recipiente contenedor de zeolita

El recipiente lleno de zeolita es de suma importancia y su cálculo de sus dimensiones es importante debido que está relacionado con la capacidad de adsorción de nitrógeno del sistema. En general este será ocupado como un reactor con mineral poroso de zeolita que filtra el oxígeno y que retiene el nitrógeno.

Para el cálculo de sus dimensiones, se obtuvieron según las libras del tamiz molecular. Estas fueron de 3 libras de zeolita tipo 13x en granos de 8X12 para el desarrollo del concentrador de oxígeno. Con este dato se podrá calcular las dimensiones del recipiente contenedor de zeolita.

Tabla 9. Características zeolita 13X

Especificación	Datos
Tipo	13x
Tamiz	8x12
Diámetro (mm)	1.6-2.4
Densidad	40 lb/ft ³

Fuente: Propia

$$Volumen_{zeolita} = \frac{Masa_{zeolita}}{Densidad_{zeolita}}$$

$$Volumen_{zeolita} = \frac{3 \text{ lb}}{40 \text{ lb/ft}^3} = 0.0075 \text{ ft}^3 = 2,123 \text{ cm}^3$$

Según la masa de la zeolita se determina el volumen de las columnas o recipientes contenedora de zeolita el cual dio como resultado 2,123cm³. El volumen total de zeolita calculado se compartirá en dos columnas idénticas, haciendo así que cada una de ellas tendrá un volumen de 1,061cm³.

Una vez teniendo el volumen total de un recipiente, y conociendo el radio en cm de un cilindro, se usa la siguiente ecuación para determinar la altura del recipiente.

Tabla 10. Altura del recipiente según diámetro del cilindro

Diámetro (in)	Altura (cm)	Fórmula
1	209	$Altura = \frac{volumen}{\pi r^2}$ <p>Calculo para un cilindro de 3 pulgadas de diámetro. Si 3 in =7.62cm y radio = 3.81cm.</p> $Altura = \frac{1,063cm^3}{\pi \times (3.81cm)^2} = 23.31cm$
1 ½	93	
2	52	
2 ½	33	
3	23	
3 ½	17	
4	13	

Fuente: Propia

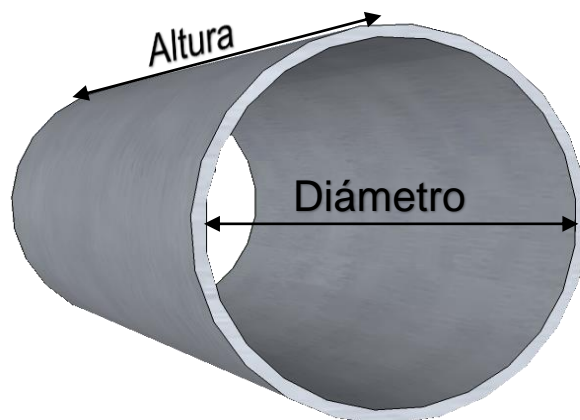


Figura 24. Dimensiones del recipiente de zeolita

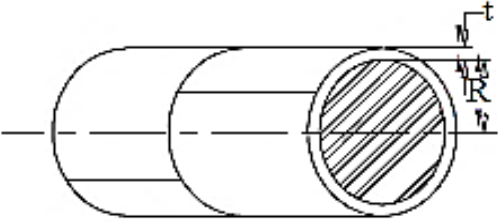
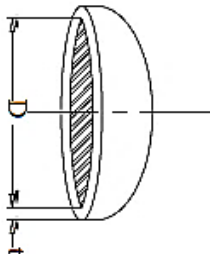
Fuente: Propia

En la figura 24. se muestra las dimensiones usadas para poder aplicar la fórmula de la tabla 10. En el diseño se usará tubo de acero inoxidable de 3 pulgadas de diámetro con una altura de 23 cm. Las dimensiones del recipiente más los espacios ocupados por las electroválvulas, compresor y todos los elementos que conforman el dispositivo son importantes al momento de construir el encapsulado final del dispositivo ya sea un diseño del tipo portátil o estacionario a como es el proyecto de este trabajo.

8.2.2.3. Cálculo de presión del recipiente contenedor de zeolita

Según (Megyesy, 1992) las fórmulas para calcular la presión interna máx. que puede soportar un recipiente son:

Tabla 11. Fórmulas de Presión interna Max en cilindros

Forma	Formula
<p data-bbox="418 541 607 569">Cuerpo Cilindro</p> 	$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$
<p data-bbox="407 863 618 890">Tapa Elipsoidales</p> 	$P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$
<p data-bbox="760 1220 837 1247">Donde</p>	
<p data-bbox="237 1293 1341 1360"> S = Valor esfuerzo, en lb/pulg2 D = Diámetro interior, en pulg. R = Radio interior, en pulg. t = Espesor de pared, en pulg. P = Presión diseño, en lb/pulg2 </p>	

Fuente: Propia

Se usará tubo de acero inoxidable con estándares ASTM-A-312 o ANSI-B-36- 19. ambos establecen los espesores de los tubos según su tipo o clasificación tales TP304 como SCH 10S, 40S, 80S. En este diseño se usará del tipo 40S de 3 pulgada diámetro y 0.2161 pulgadas de espesor o calibre.

Para la elaboración del recipiente contenedora de zeolita, y usando tubo de acero inoxidable 40s de 3 pulgadas, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 12. Datos para cálculos de presión máx. en cilindros.

D = 3 pulg.
R = 1.5 pulg.
S = 18,800 lb/pulg ² . Ver anexo 8 propiedades del acero inoxidable
E = 1. para cilindro sin soldadura de junta o sin uniones
t = 0.2161417 pulg. Según calidad 40s de la norma ASTM-A-312 y grado TP304.

Fuente: Propia

Estos datos nos ayudan a determinar el límite de presión máx. que se puede ingresar al recipiente con el fin de evitar accidentes o estallidos.

Presión Max Cilindro

$$p_{cilindro} = \frac{18,800 \text{ lb/pulg}^2 * 1 * 0.21 \text{ pulg}}{1.5 + 0.6 * 0.21 \text{ pulg}} = \frac{4,063.464}{1.630} = 2,493 \text{ psi}$$

Presión Max Elipsoidales

$$p_{elip} = \frac{2 * 18,800 \text{ lb/pulg}^2 * 0.21 \text{ pulg}}{3 \text{ pulg} + 0.2 * 0.21 \text{ pulg}} = \frac{8,126.928}{3.043} = 2,670 \text{ psi}$$

Con estos datos el recipiente contenedor de zeolita soporta aprox. 2,400 psi

Factor de Seguridad

Según (Rios & Roncancio , 2007). El factor de seguridad se puede considerar como una medida de la incertidumbre en el diseño de modelos analíticos, en teorías de fallas y en datos de las propiedades del material manejado. Este factor siempre será mayor a uno, y nos indica qué tanta confianza y exactitud es la que se emplea en los cálculos.

$$fs = \frac{P_{max}}{P_{trabajo}} = \frac{2,400 \text{ psi}}{45 \text{ psi}} = 53 \text{ veces superior al valor minimo 1}$$



Figura 25. Diseño del recipiente de zeolita
Fuente: Propia

Estudio de laboratorio sobre la zeolita

En la Figura 21 “Nivel de adsorción según el tipo de Zeolita “ muestra la gráfica de los resultados de (Mofarahi, 2013), en ella se aprecia que en presiones de 3 bares o 43.5 PSI el nivel de adsorción del nitrógeno es de aproximadamente 1 mmol por gramo, si bien en el presente diseño se usara 1,361 gramos o 3 libras de zeolita se adsorberá 1,361 mmol o 1.361 moles de nitrógeno por cada ciclo en el diseño.

En la sección de antecedentes se muestra las investigaciones en que nos basamos al momento de elaborar el dispositivo. En el principal referente se realizaron múltiples experimentos en el laboratorio de Dinámica de Fluidos de la universidad de los Andes en el año 2018, donde se sometieron a prueba 3 libras de Zeolita 13X.

En los resultados de esa investigación se extrajeron los datos significativos que nos ayudara realizar el dispositivo concentrador de oxígeno propuestos. La tabla nos muestra los resultados extraídos, con el fin de utilizarlo en este proyecto presente.

Tabla 13. Resultados extraídos del laboratorio sobre la zeolita de la Universidad de los Andes

Resultados del dispositivo con 45 PSI de trabajo y 3 libras de zeolita 13X	
Variables	Resultados
Concentración de oxígeno	86% oxígeno en 1.30 min
Tiempo de saturación de Nitrógeno	18 min
Pérdidas de presión	2.75 PSI
Flujo máximo	+20 L/m

8.2.3. Diagrama del Sistema

A continuación, se mostrará el esquema en bloques, observar en la figura corresponde los diferentes sistemas que conforman la elaboración del dispositivo concentrador de oxígeno.



Figura 26. Esquema en bloques del concentrador de oxígeno
Fuente: Propia

8.2.3.1. Sistema electrónico

En la figura 27 y 28, se muestra la interfaz Arduino que se conecta principalmente con el microcontrolador Atmega 2560 que almacena y ejecuta el código creado en el sistema de programación (figura 30). La figura muestra cómo están interconectado los diferentes componentes discretos y sus respectivos pines entradas o salidas para la comprensión de su funcionamiento electrónico de toda la interfaz.

El diseño electrónico del dispositivo concentrador de oxígeno, está conformado principalmente por el microcontrolador Atmega2560 que presta las terminales digitales de entrada y salida (figura 29). para la interconexión de los sensores y componentes actuadores.

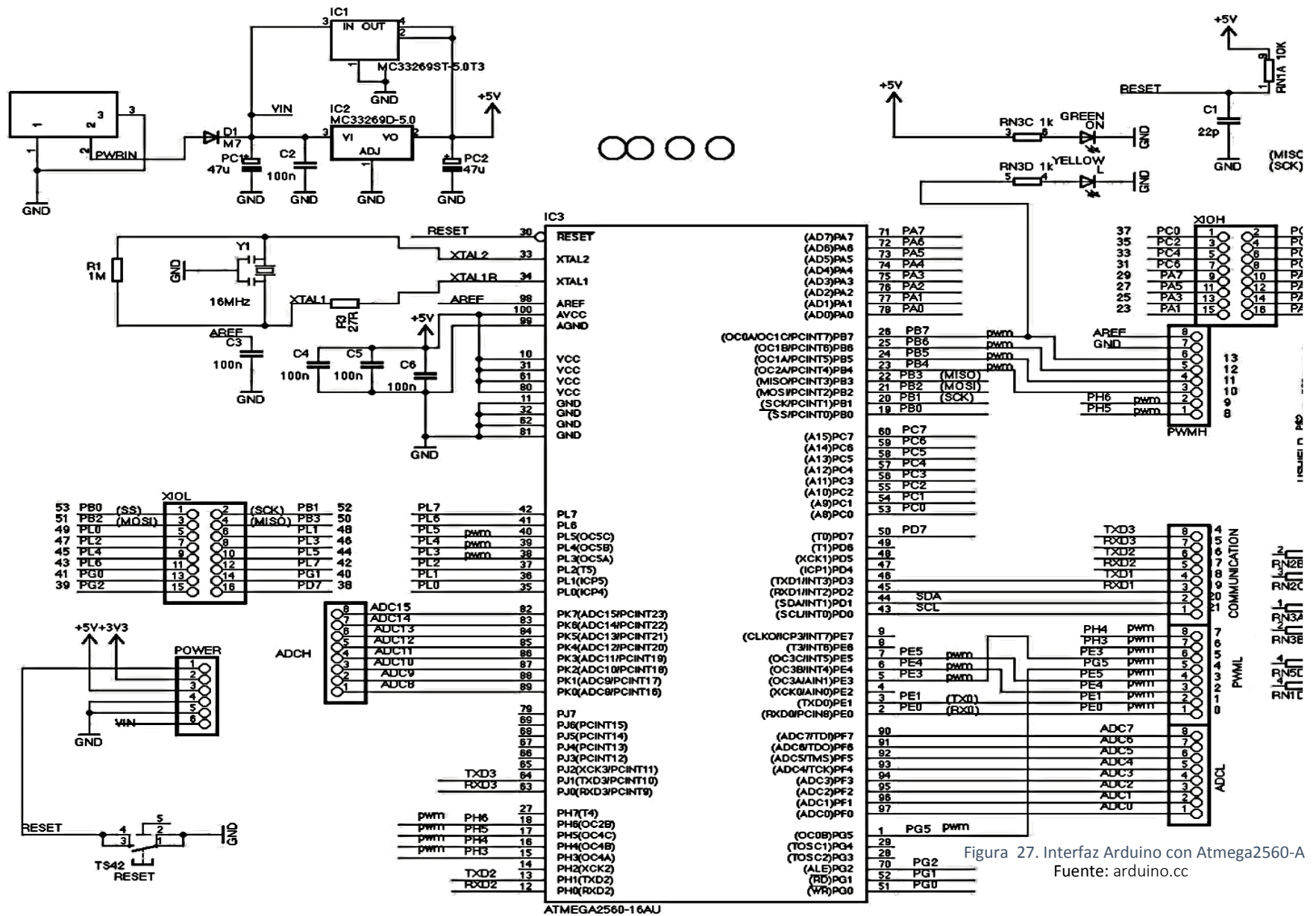


Figura 27. Interfaz Arduino con Atmega2560-A
Fuente: arduino.cc

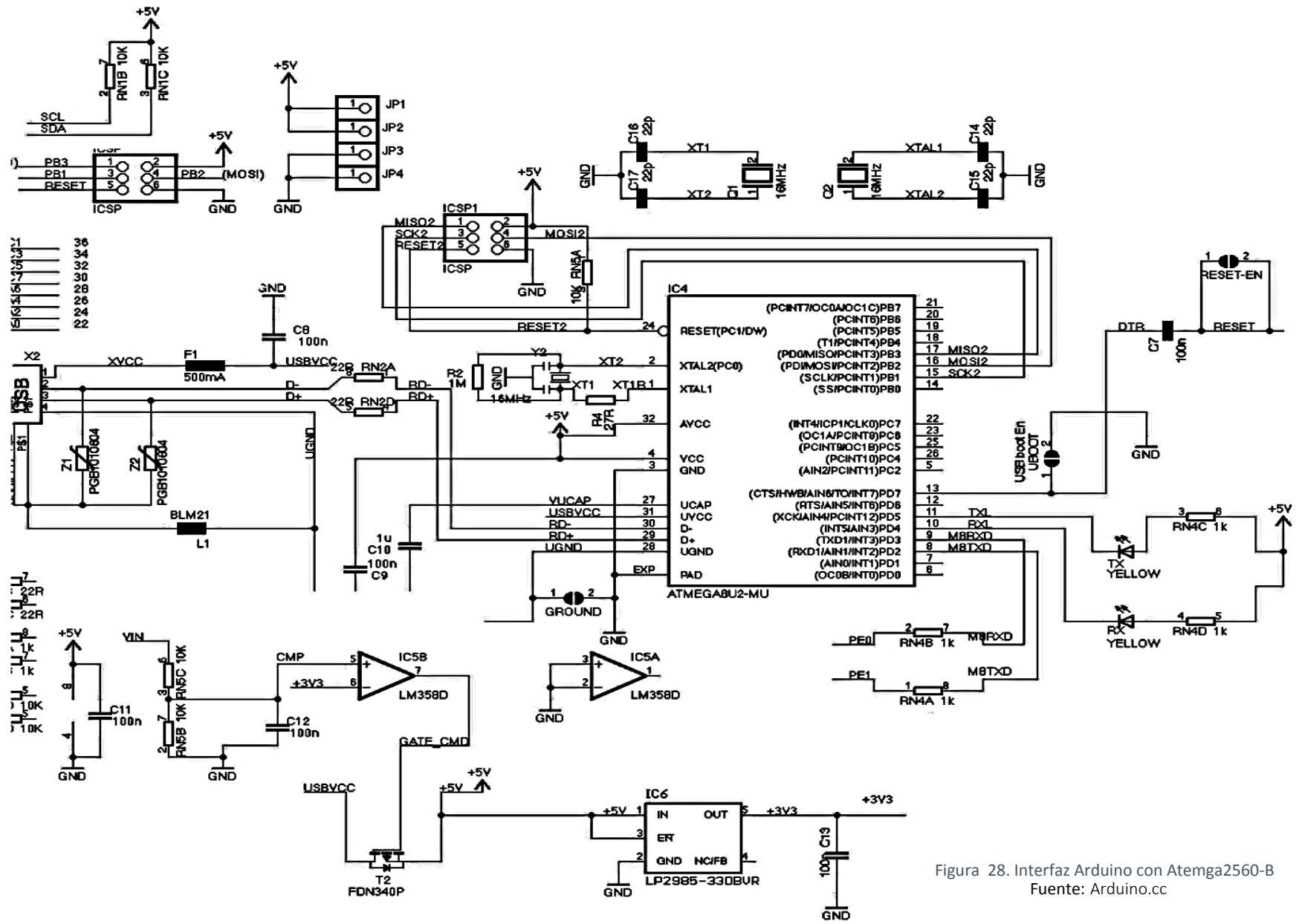


Figura 28. Interfaz Arduino con Atemga2560-B
Fuente: Arduino.cc

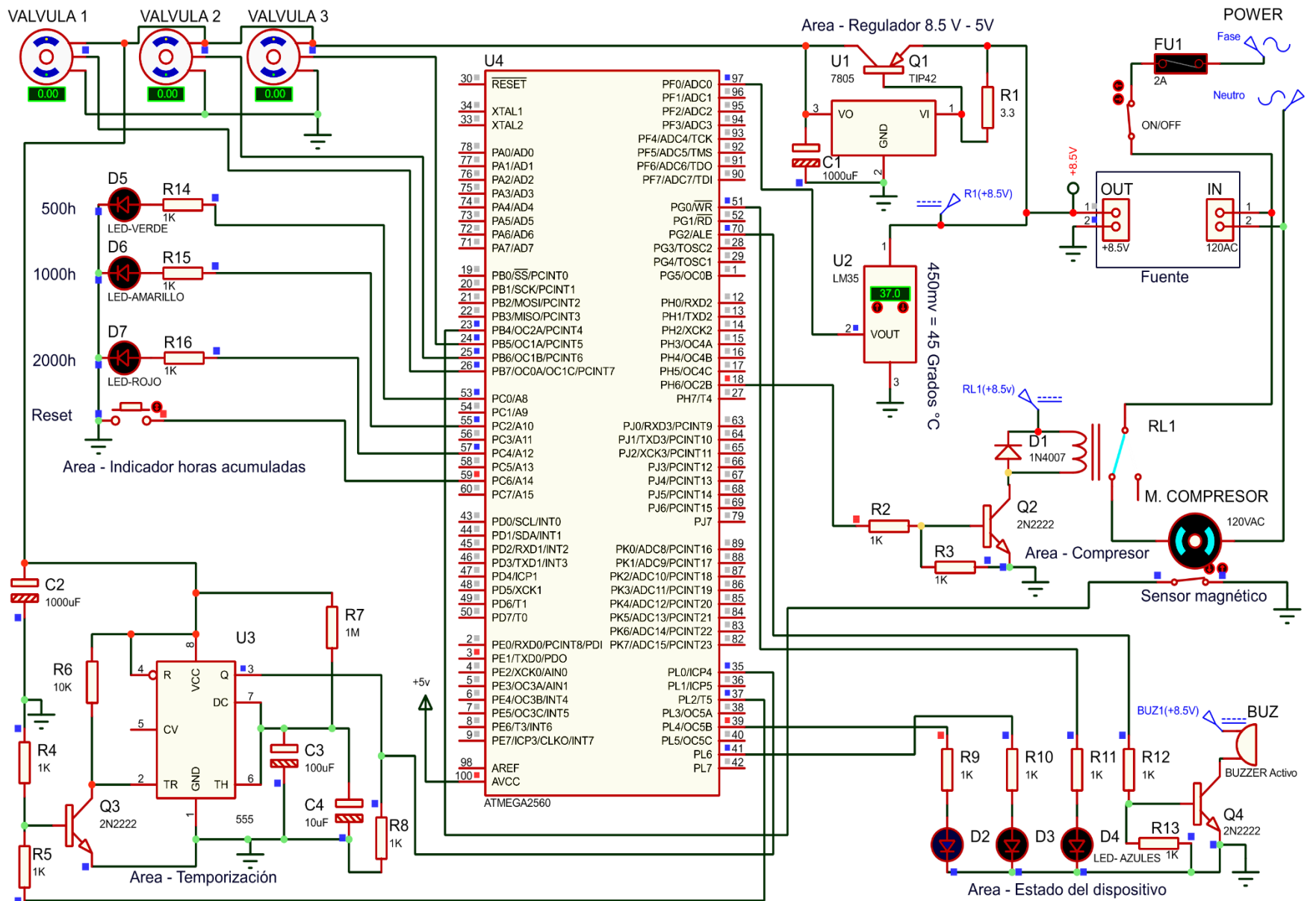


Figura 29. Diagrama electrónico del concentrador de oxígeno
Fuente: Propia

Figura 29. Se muestra las diferentes conexiones eléctricas que permite el correcto funcionamiento del dispositivo concentrador de oxígeno.

Para el controlador principal del dispositivo concentrador de oxígeno se usó la interfaz Arduino que conectan con el microcontrolador Atmega 2560. Cuenta con 53 pines digitales, de las cuales se utilizan los pines 11, 12, y 13 de la interfaz que controla los ángulos de las electroválvulas, los pines 9 y 10 se usó para censar y desactivar el motor del compresor de aire, el pin 49 se usó para leer el estado de salida del LM555 configurado en monoestable y pin 47 para volver activar el temporizador LM555. El pin Analógico A0 corresponde a la conexión del sensor de temperatura LM35, Los pines 41,43,45 y 39 son conexiones que permite mostrar las diferentes señales visuales y auditivas del estado del dispositivo. Los pines 33,35 y 37 conectan diodos emisores de luz que ayudan a determinar las horas acumuladas del funcionamiento del dispositivo, respectivamente el pin 31 resetea las horas acumuladas. La interfaz se alimentará de una fuente de 8.5 voltios, las electroválvulas se alimentan de una fuente regulada de 5V brindados por el integrado regulador lineal 7805 con refuerzo de alta corriente. A continuación, se muestra la tabla 14. del funcionamiento de cada conexión.

Tabla 14.. Función de los pines del Microcontrolador ATmega 2560

Pines Interfaz	Pines Atmega 2560	Función
A0 =	97	Censa la temperatura
9 =	18	Activa / desactiva compresor
10 =	23	Censa el compresor
11,12,13 =	24,25,26	Controla el ángulos de las electroválvulas
31 =	59	Reinicia hora acumuladas
33,35,37 =	57,55,53	Estado de hora acumuladas
39 =	70	Activa / desactiva alarma
41 =	51	Indica temperatura elevada
43 =	41	Indica el estado compresor
45 =	39	Estado de encendido
47 y 49 =	37 y 35	Temporiza ciclo de electroválvulas

Fuente: Propia

Temporización de las válvulas

Para temporizar las válvulas en dos minutos por ciclos, se usó un integrado especializado en dicho trabajo este es el LM555 configurado en monoestable, con hoja de datos y/o datasheet del integrado se sacó la fórmula para crear un pulso con el tiempo deseado.

Fórmula para configuración en monoestable

$$t_{Pulso} = Ln(3) * R * C$$

Donde:

$$t_{Pulso} = \text{en segundos} , R = \text{en Ohm} \text{ y } C = \text{Faradios}$$

Para facilitar los cálculos se estableció R como 1MΩ y despejando la formula se encontró el valor del capacitor deseado.

$$C = \frac{t_{Pulso}}{Ln(3) * R}$$

$$C = \frac{120s}{Ln(3) * 1,000,000\Omega} = 109.22 \mu F$$

Al no ser un valor comercial se usan dos capacitores en paralelos uno de 100μF y otro de 10 μF. Teniendo el valor del capacitor necesario y configurado como monoestable el integrado LM555 se logra crear un pulso en alto de 2 min. Que se leerán y se usara para temporizar el primer ciclo de las electroválvulas.

El integrado LM555 configurado en monoestable solo se activa con un pulso bajo en el pin 2 “Tigger” para poder generar en su salida un pulso alto de 2min, luego pasa a estado bajo su salida, debido que esto ocurre una vez es necesario enviar un pulso bajo de nuevo al pin 2 “Trigger” para que se repita la temporización una y otra vez, este pulso de reactivación se envía cada 4 minutos que proviene del pin 37 del microcontrolador Atmega2560 y se dirige a la base del transistor Q3 que genera el pulso bajo en el pin 2 del LM555. Observar graficas del Anexo 6.

8.2.3.2. Sistema de Programación

Diagrama de Flujo

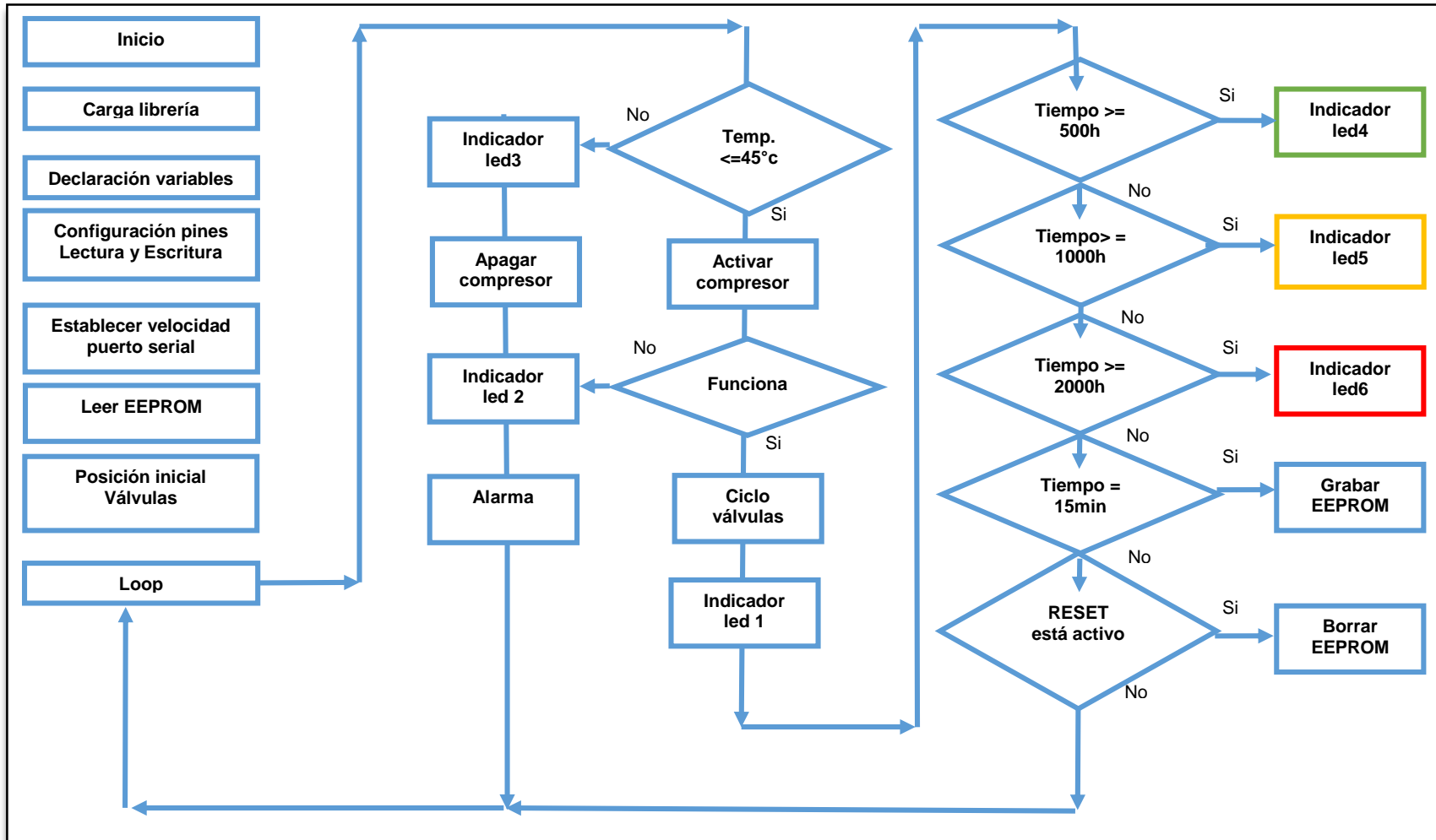


Figura 30. Diagrama de flujo de la programación
Fuente: Propia

Sistema de Programación

En el sistema de programación se requiere un diagrama de flujo que muestre una forma sencilla y directa el funcionamiento interno de los componentes, decisiones y funciones a realizar. Los microcontroladores por lo general se programan a través de lenguaje ensamblador, en este caso se realiza en un lenguaje basado en C++ que posteriormente el software IDE de Arduino compila el texto con las herramientas `avr-binutils`, `avr-gcc` y `avr-libc` que están dentro del software, permitiendo convertir el lenguaje C++ a uno compatible para el microcontrolador Atmega2560.

Cuando el microcontrolador se enciende guarda el tiempo transcurrido en la función `millis ()` está se ocupará para evitar crear `delay ()`, que son críticos para calcular tiempos, con la función `millis ()`, podemos crear subrutinas saltando así líneas de código en particular.

En la figura (30), en primera instancia se tiene el Inicio (en este punto el microcontrolador ya está siendo alimentado) se establecen las variables y se identifica los pines utilizados de la interfaz Arduino, se establece la velocidad del puerto serie y se lee la memoria EEPROM interna del microcontrolador estos datos se guardan en la variable `hora`, luego la válvula se sitúa en una posición inicial y posteriormente entra Loop donde se lee línea por línea el código programado.

Dentro del Loop se inicia leyendo la variable del sensor de temperatura, donde se toma una decisión en dependencia del valor leído del sensor, redirigiéndose a una función en particular, si la respuesta fuera un si avanza a otra línea de código y haciendo lo mismo con las otras líneas de código, cuando el microcontrolador llega a un tiempo de 15 minutos encendido calculado con la función `millis ()` se guarda este tiempo en la memoria EEPROM y se suma el valor en la variable `hora`. Una vez llegado a la última línea del código se repite el Loop infinita veces.

Para guardar el tiempo se tomó en cuenta las escrituras máximas que puede soportar la memoria EEPROM es decir de 100K escrituras, permitiendo registrar un total de 1,041 días de funcionamiento o, 2 años y 10 meses con 7 días y 12 horas como máximo.

8.2.3.3. Sistema Mecánico

Conjunto de válvulas

En el diseño de las válvulas se utilizaron 3 servo motores de 180 grados y 3 válvulas de 4 posiciones. Creando así un conjunto de 3 electroválvulas de 3 vías y 2 posiciones (válvula 3/2 con accionamiento eléctrico). A continuación, se detallará las descripciones de los materiales:

Válvula de 4 posiciones

Son válvulas de 3 vías y 4 posiciones de accionamiento manual, se utilizaron 2 posiciones de estas (0 y 90 grados) y 3 vías de conexión para direccionar el de flujo de aire del sistema.

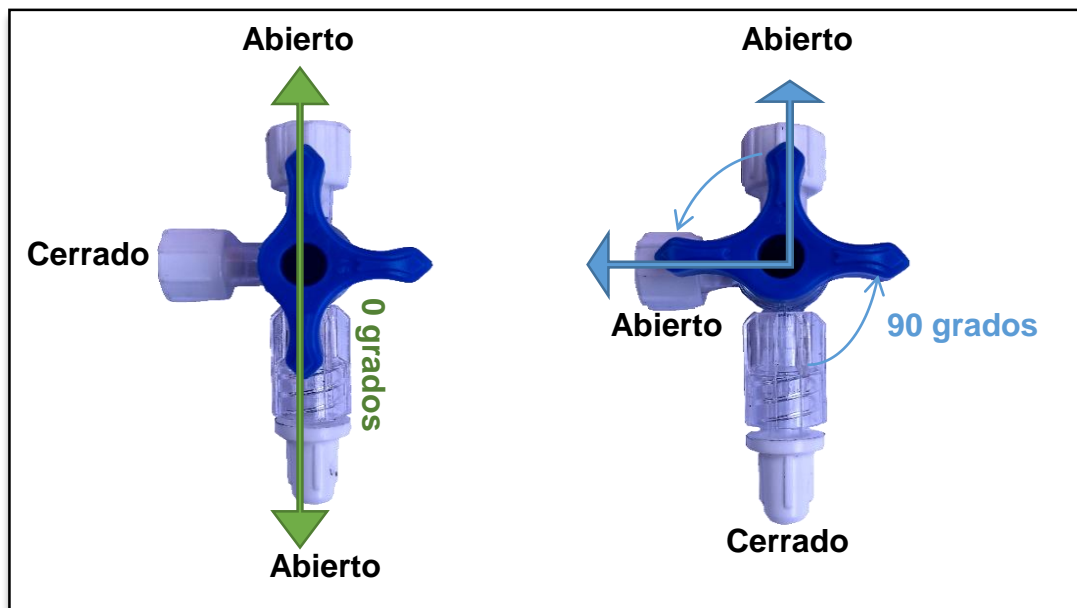


Figura 31. Posiciones usadas de las válvulas 3/4 de uso medico

Fuente: Propia

Servo motores

Son dispositivos electromecánicos, posee un alto torque debido a sus estructuras de engranajes, permite realizar movimiento en ángulos mediante la modulación de ancho de pulso PWM proveniente de un microcontrolador. En este diseño se estableció un pulso Min y Max de $1\mu s$ a $2\mu s$. para generar los ángulos de 0 y 90 grados.

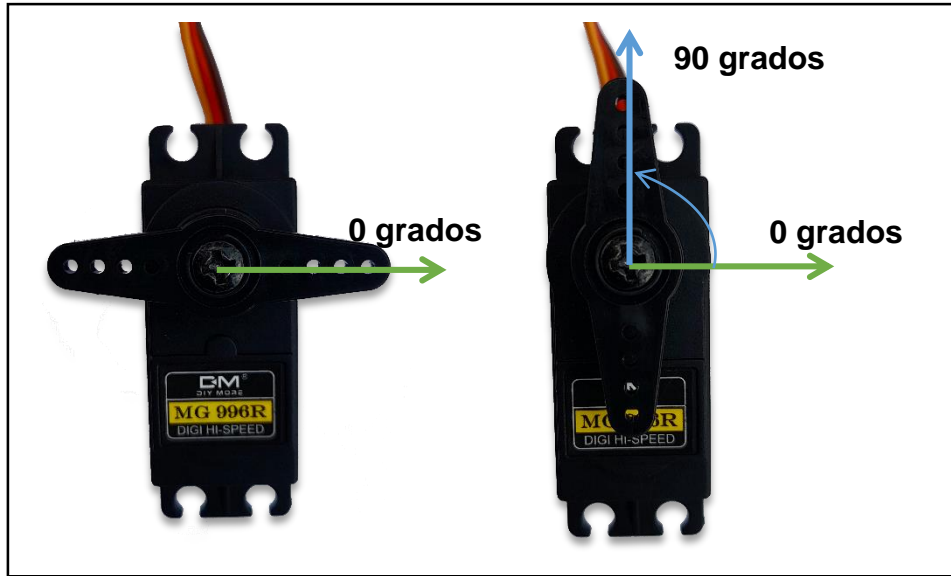


Figura 32. Servomotor en ángulos de 0 y 90 grados
Fuente: Propia

8.2.3.4. Sistema Neumático

Unos de los principales dispositivos eléctricos que requiere el concentrador de oxígeno es el compresor, normalmente se usan del tipo con aceite, pero estos generan partículas de gotas de aceite a las tuberías para resolver ese problema se usa un tren de filtros separadores de aceite, pero aumentaría el precio del dispositivo, teniendo en cuenta los costos finales se usó un compresor a pistón sin aceites para evitar comprar dichos filtros. Observar anexo 7 sus características.

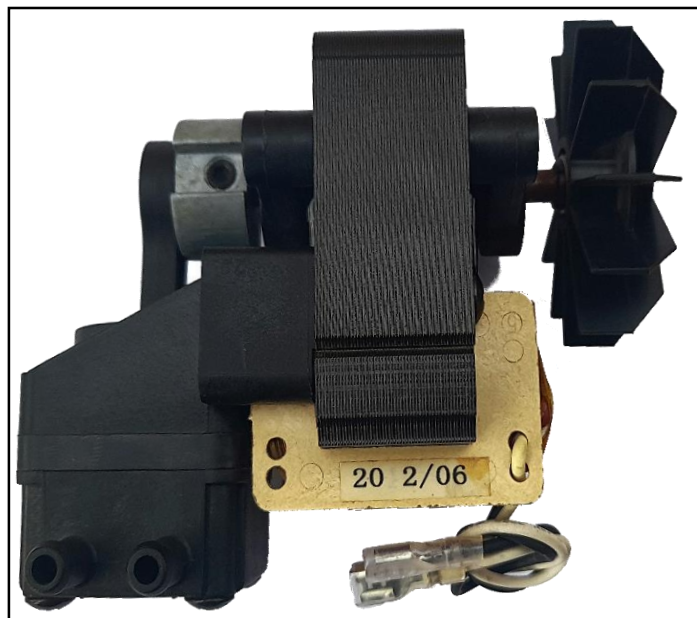


Figura 33. Compresor usado en el dispositivo
Fuente: Propia

Ciclo 1 del Sistema PSA

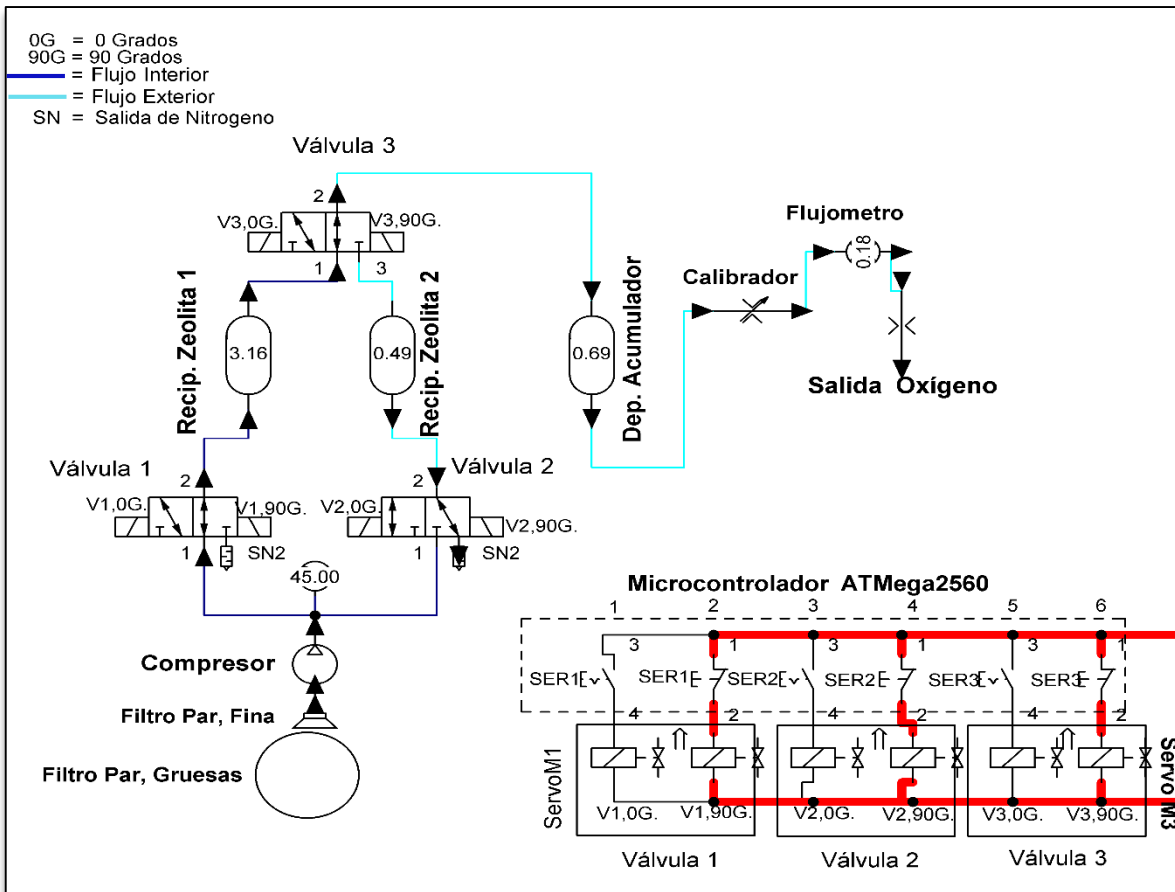


Figura 34. Simulación primer ciclo del flujo de aire del sistema
 Fuente: Propia

Se usó Fluid Sim para mostrar el flujo de aire del sistema, las válvulas mostradas aquí son representadas por válvulas de accionamiento eléctrico que se gobierna por un grupo de interruptores que representan el microcontrolador.

En la figura 34. Se muestran las acciones que realiza los diferentes actuadores del sistema controlados por el microcontrolador Atmega2560. Una vez que los sensores detectan las condiciones ideales para funcionar se inicia activando el compresor y a la vez el primer ciclo de las válvulas. Las válvulas 1 y 3 se configura con un ángulo de 90 grados mientras que solo la válvula 2 se mueve a un ángulo 0 grados. En este momento el aire que proviene del compresor fluye a través de las válvulas 1, pasando el recipiente de zeolita 1 y la válvula 3, donde finalmente se dirige hacia el depósito acumulador, mientras válvula 2 permite liberar el nitrógeno acumulado del recipiente 2, cuando se llega un tiempo de 2 minutos se activa el segundo ciclo del sistema.

Ciclo 2 del Sistema PSA

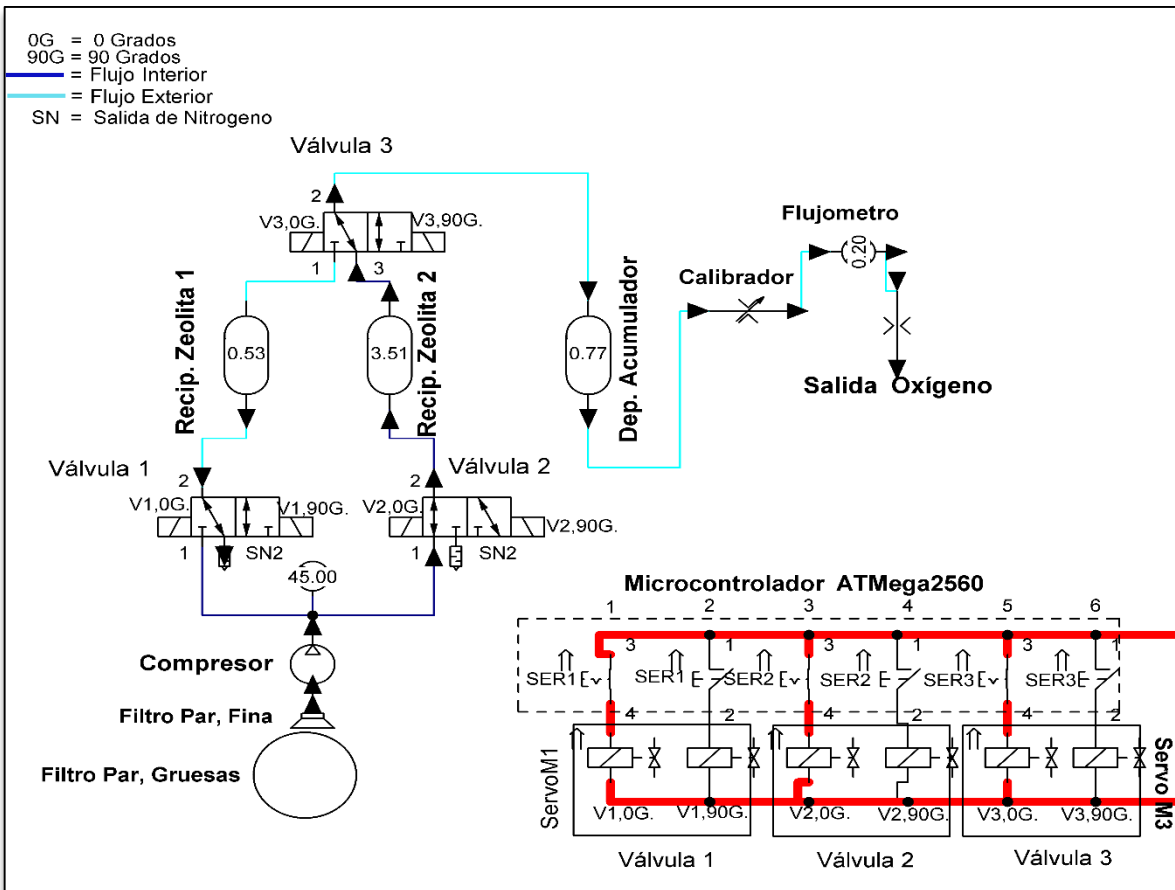


Figura 35. Simulación segundo ciclo del flujo de aire del sistema
Fuente: Propia

En este momento ya transcurrió 2 minutos desde que se inició el ciclo 1 del sistema se inicia moviendo todas las válvulas, las válvulas 1 y 3 se mueve a un ángulo de 0 grados y la válvula 2 a un ángulo de 90 grados es decir lo contrario del ciclo 1.

Esto permite que el recipiente de zeolita 1 libere todo el nitrógeno acumulado, mientras el aire proveniente del compresor se dirige hacia la válvula 2, pasando el recipiente de zeolita 2 hacia la válvula 3 que una vez más finaliza hacia el depósito acumulador, de igual forma después de pasar un tiempo de 2 minutos se vuelve a iniciar el ciclo 1 de manera que los ciclos se repitan una y otra vez.

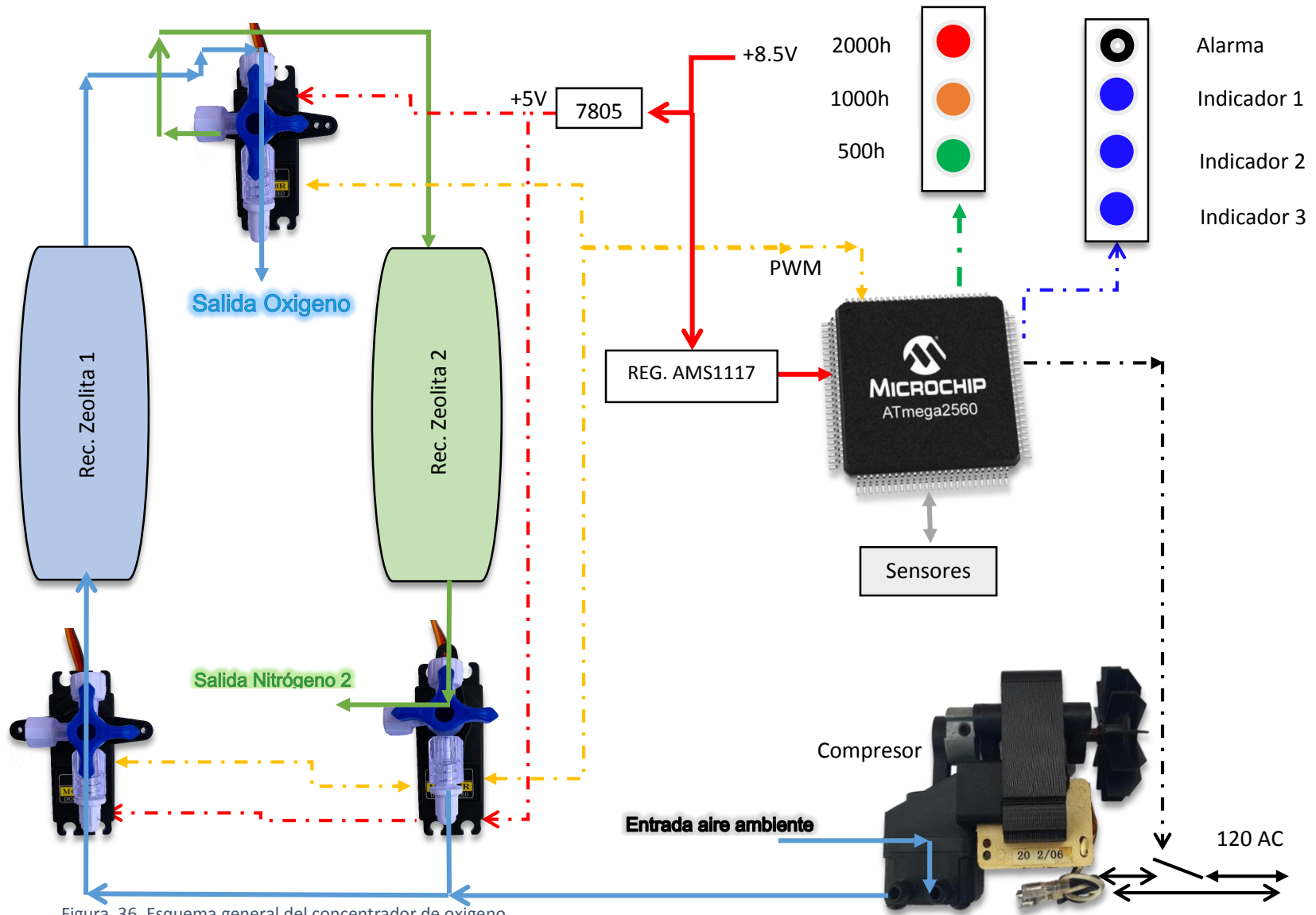


Figura 36. Esquema general del concentrador de oxígeno
Fuente: Propia

8.2.3.5. Presupuesto

Tabla 15. Presupuesto de la elaboración del dispositivo

Dispositivos Electrónico			Materiales		
Materiales	Cantidad	Costo total	Material	Cantidad	Costo total
Compresor	1	500 C\$	Tubo acero	1 Metro	1,000 C\$
Arduino Mega	1	450 C\$	Manguera	4 Metro	150 C\$
Servo Motor	3	350 C\$	Encapsulad.	Cajón	100 C\$
Fuente Voltaje	1	120 C\$	Pintura	2	180 C\$
TIP42C	1	30 C\$	Llave 3 Vías	3	150 C\$
LM555C	1	15 C\$	Zeolita 13X	3 Libras	1,500 C\$
LM7805	1	25 C\$	Suma de costos		
LM 35	1	60 C\$	Costo electrónico		1,825 C\$
Capacitores	4	20 C\$	Costo materiales		3,080 C\$
Pulsador	1	5 C\$	Mano de obra		500 C\$
Resistencias	16	10 C\$	Total		5,405 C\$
Led	6	30 C\$	Total en dólar		160 \$
Zumbador	1	35 C\$			
Conectores	1 paquete	110 C\$			
Baquelita	1	25 C\$			
Estaño	2 metro	40 C\$			

Fuente: Propia

8.3. Demostrar el funcionamiento del Concentrador de oxígeno, a través de un prototipo, según las especificaciones técnicas de la norma.

8.3.1. Resultados del documento de las especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno

Finalidad de su uso		
14	Finalidad clínica o de otro tipo	Administración de un flujo bajo, continuo y limpio de oxígeno concentrado (>82%) obtenido del aire ambiente (21%). Los accesorios adecuados permiten tratar a dos o más pacientes con un concentrador.
15	Nivel de uso (si corresponde)	Centro de salud, hospital general, hospital de distrito, hospital provincial, hospital regional, hospital de especialidades.
16	Departamento o sala clínica (si corresponde)	Sala pediátrica, quirófano.
17	Sinopsis de los requisitos funcionales	<p>1. Proporciona un flujo continuo de oxígeno concentrado (>82%) a partir del aire ambiente a través de una o dos salidas.</p> <p>2. Suministra oxígeno a través de puntas o catéteres nasales.</p> <p>3. El flujo del concentrador se puede dividir para administrarlo al menos a dos pacientes pediátricos con flujómetros (integrados o agregados) que permiten un control de la tasa de flujo continuo.</p> <p>4. Requiere una fuente de alimentación continua de corriente alterna, como la obtenida de la energía solar, una batería o un respaldo de la red eléctrica (por ejemplo, generador, UPS o batería).</p> <p>(El flujo máximo se elige basándose en la carga de pacientes prevista en un momento dado. Las necesidades de oxígeno varían según el paciente y el tipo de aplicación. En general, se necesitan hasta 2 l/min por paciente menor de 5 años de edad.)</p>

Características técnicas		
18	Requisitos detallados	<p>1. Una o dos salidas de oxígeno.</p> <p>2. Alarmas sonoras o visuales de baja concentración de oxígeno (<82%), batería baja y falla del suministro eléctrico.</p> <p>3. Alarmas sonoras o visuales de temperatura alta, tasa de flujo alta, baja o ausente y presión baja o alta.</p> <p>4. Eficiencia eléctrica <70 W x l/min.</p> <p>5. La interfaz del usuario debe ser de operación fácil; los números y pantallas serán claramente visibles.</p> <p>6. Cronómetro digital o analógico que muestre las horas acumuladas de operación del dispositivo.</p> <p>7. Salidas de oxígeno con conexiones dentadas de 6 mm (¼ de pulgada) o equivalente.</p> <p>8. Flujómetro con una tasa de flujo mínima de 0,5 l/min o menor.</p> <p>9. Flujómetro de ajuste continuo, con intervalos mínimos de 0,5 l/min (o más bajos para los niños).</p> <p>10. Monitor de oxígeno que indique cuando la concentración sea inferior al 82%.</p> <p>11. Nivel de ruido <50 dB(A).</p>
19	Parámetros desplegados	<p>Tasa de flujo del oxígeno (en el flujómetro).</p> <p>Horas acumuladas de operación.</p>
20	Controles ajustables por el usuario	Tasa de flujo del oxígeno.
Características fisicoquímicas		
21	Componentes (si corresponde)	<p>La caja debe ser dura, fácil de limpiar y segura de transportar.</p> <p>La salida de oxígeno no deberá romperse ni deformarse con facilidad.</p> <p>Contiene un limitador de flujo para evitar que se extraiga este gas por encima de la tasa de flujo máxima.</p>
22	Movilidad, portabilidad (si corresponde)	Todo el aparato podrá ser movido fácilmente por una persona (<27 kg).

		Ruedas pivotantes.
23	Materias primas (si corresponde)	Agua, detergente o solución limpiadora suave para limpiar el exterior y el filtro de partículas gruesas (si corresponde).
Requisitos de servicios públicos		
24	Suministro de electricidad, agua o gas (si corresponde)	<p>Requisitos de la fuente de alimentación: Amperaje: _____; Voltaje: _____; Tipo de clavija: _____ (según el país o entorno donde se va a usar).</p> <p>Regulador o estabilizador de tensión (voltaje) para permitir la operación a $\pm 20\%$ de la tensión de la red local.</p> <p>Protección contra sobretensión y sobre intensidad de la corriente.</p> <p>Protección eléctrica mediante disyuntores reiniciables o fusibles reemplazables, colocados en la línea neutra y la línea de tensión.</p> <p>Cumplimiento de _____ normas y reglamentos de electricidad.</p> <p>Protector de sobretensión.</p>
Accesorios, material fungible, piezas de repuesto y otros componentes		
25	Accesorios (si corresponde)	<p>Para dos o más pacientes pediátricos al mismo tiempo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 flujómetro montado sobre un soporte con un intervalo mínimo de 0 a 2 l/min; o bien • 1 separador de flujo de cuatro vías con boquillas de 0,5, 1 y 2 l/min y tapones ciegos. <p>Tuberías de oxígeno resistentes a las torceduras (de 15 m cada una) con conectores estándar.</p>

8.3.2. Guía de observación en el dispositivo

Tabla 16. Especificaciones técnicas del dispositivo concentrador de oxígeno

Especificación de la Norma	Observación en el dispositivo propuesto
Control de Flujo	
Concentración de oxígeno mayor del 82%	Concentración a 86%
Flujo mínimo de al menos 0,5 l/min	1 litro por minuto
Flujo con intervalos mínimos de 0,5 l/min	1 litro por minuto
Indicadores y alarmas	
Alarma de concentración \leq 82% de oxígeno	No
Interrupción del flujo	Led 2, Buzzer
Batería baja	Dispositivo estacionario sin baterías
Corte de luz	Indicador led 1
Temperatura elevada	Indicador led 3, Buzzer
Registra las horas acumuladas de operación	Registra hasta 2 Años
Salidas	
Una salida de oxígeno	Posee una salida
Caja	
Incorporar filtros de partículas gruesas	Si
Peso del dispositivo \leq 27 kg	26kg
Posee ruedas para trasladar el dispositivo	Si
Eficiencia de fuente de \leq 70W x l/m	17 W x l/m
Ruido acústico \leq 50dB	46dB
El concentrador deberá tener un enchufe eléctrico	Si
Etiqueta de especificaciones eléctrica	Si

Fuente: Propia

IX. Conclusiones

Se realizó un diagnóstico del área de estudio teniendo como resultado la calidad de vida y nivel económico de los habitantes de la comunidad 19 de Julio del municipio de La Concepción en el departamento de Masaya, estos datos muestran que es muy difícil adquirir tanque de oxígeno debido a los salarios en promedio de los habitantes, cuyos datos se tomaron en cuenta para determinar la necesidad de crear el dispositivo médico.

Se analizó el documento de las especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno donde se determinó el diagrama de bloque que conforma normalmente dichos dispositivos como la parte electrónica y mecánica, en el cual se tomaron los aspectos funcionales como la base para diseñar y construir el dispositivo.

Se realizó la elaboración del dispositivo, basado en investigación previas donde se determinó las diferentes cálculos y datos para la justificación de esta investigación tales como factor de seguridad en los recipientes, ciclo de trabajo y eficiencia de la zeolita. Dando como resultado un dispositivo con un valor de 5,405 C\$, el cual cuenta con sensores y alarmas que ayudan y determinan el estado del dispositivo.

Se evaluó el dispositivo con una guía de observación que permite determinar la funcionalidades y cumplimientos de la especificación técnica de los concentradores de oxígeno del documento brindado por la OMS del año 2016, basada en la normativa ISO 80601-2-69.

X. Recomendaciones

- Establecer un listado de proveedores o distribuidores de componentes y materiales para comparar precios, con el fin que el dispositivo sea lo más económico y accesible a personas de bajos recursos.
- Se recomienda diseñar las electro-válvulas por solenoide, debido a posible desgaste en los engranajes de los servomotores y en los movimientos de las válvulas manuales con el paso del tiempo.
- Diseñar un sensor de fracción inspirada de oxígeno FiO_2 .
- Agregar una purga entre los dos recipientes contenedora de zeolita para regenerar estas y/o liberar más rápido el nitrógeno acumulado.
- Complementar con un sistema de alimentación ininterrumpida “UPS” para usar el dispositivo en lugares que no exista energía eléctrica y/o en caso de apagones o interrupciones eléctricas.
- El dispositivo no puede ser usado en ningún momento sin alguna certificación sanitaria local o internacional.
- Colocar el dispositivo entre unos 10 cm de las paredes para garantizar la entrada de aire al sistema y la salida del nitrógeno.
- No fumar cerca con el dispositivo en funcionamiento.
- No colocar productos a base de líquidos cerca del dispositivo.

XI. Bibliografía

- American Cancer Society. (2 de 10 de 2020). *American Cancer Society*. Obtenido de <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-pulmon/tratamiento-microcitico.html>
- Apaza, D. (2010). *Microcontroladores S PIC, fundamentos y aplicaciones*. San Francisco: Universidad Autonoma de San Francisco.
- Boldrini, P. (2019). *Generador de Oxígeno para uso Hospitalario*. Buenos Aires, Argentina.
- Capote, A. (2018). Diseño de un generador de oxígeno para su aplicación en piscicultura. Bogotá, Colombia.
- Enacal. (3 de 10 de 2020). *BVSDE-Nicaragua*. Obtenido de <http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/enacal/Caracterizaciones/Masaya/LaConcepcion.html>
- Fernandez, F. (Julio de 2011). Sistema de Adsorción . *Análisis de los sistemas de refrigeración solar por adsorción* . Sevilla .
- Frank Ebel, S. I. (2010). *Fundamentos Neumática Electroneumática*. Denkendorf, Alemania, Alemania : Festo Didactic GmbH & Co. KG.
- Gonzales, M., & Rodriguez, J. (2011). Humidificación del aire inspirado y oxigenoterapia crónica. *PATOLOGÍA RESPIRATORIA*, 50-53.
- Hernandez, R. C. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill Interamericana.
- JV , S. (1984). Definición de zeolita. En *Zeolitas* (págs. 309-310). Elsevier.
- Megyesy, E. F. (1992). *Manual de Recipientes a Presión - Diseño y cálculos* . Guanajuato, Mexico: LIMUSA, S.A de C.V .
- Mofarahi, M. J. (2013). Comparison of two pressure swing adsorption. *Petroleum and Coal*.
- Moltalvo, M. (2010). Diseño y construcción de un sistema automatizado de control digital de oxigenoterapia para enfermedades respiratorias . Cuenca , Ecuador .

OMS. (2016). *Especificaciones técnicas de los concentradores de oxígeno*. Suiza: OMS.

Rios, L. C., & Roncancio, E. (2007). Scientia Et Technica. *Análisis y desarrollo de un programa de selección rápida de factores de seguridad, para diseño de elementos mecánicos*, 256.

Tamayo, M. (2004). *El proceso de la Investigación Científica*. Limusa: Limusa Noriega Editores.

Wikipedia. (29 de 09 de 2020). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.qwe.wiki/wiki/Nasal_cannula

Wright, J. (2003). *Environmental Chemistry*. New York: Routledge.

XII. Anexos

Anexo 1. Área de Estudio comarca 19 de Julio municipio de La Concepción del departamento de Masaya.



Anexo 2. Cuestionario realizado a los habitantes de la comarca 19 de Julio municipio de La Concepción del departamento de Masaya.

1. ¿De cuántos miembros conforma su núcleo familiar?

- O. 2-4
- O. 4-6
- O. 6-8
- O. de 8 o mas

2. ¿Cuál es su salario mensual?

- O. 1,000 C\$ - 2,000 C\$
- O. 2,000 C\$ - 3,000 C\$
- O. 4,000 C\$ - 5,000 C\$
- O. 5,000 C\$ a más

3. ¿Posee algún seguro médico?

- O. Si
- O. No

4. ¿Si no tiene seguro médico que alternativa tiene?

- O. Clínica Privada
- O. Centro Públicos

5. ¿De qué manera se expone a humo y/o gases diariamente?

- O. Humo leña
- O. Provocado por tráfico vehicular
- O. Tabaco (si fuma)
- O. En el trabajo

6. ¿Conoce alguna persona que tiene problemas en los pulmones?

- O. Si
- O. No

7. ¿Reconoce alguna compañía distribuidora de gases medicinal?

- O. Si
- O. No

8. ¿Sabe cuánto cuesta un tanque de oxígeno medicinal?

- O. 2,000 C\$ - 4,000C\$
- O. 4,000 C\$ - 10,000C\$
- O. 10,000 C\$ a más
- O. No


9. ¿Sabía que hay que llenar estos tanques una vez consumidos?

- O. Si
- O. No

10. ¿Conoce que es un concentrador de oxígeno?

- O. Si
- O. No.

Anexo 3. Receta médica para oxigenoterapia a un paciente


 **HOSPITAL METRÓPOLI XOLOTLÁN / SOLIDARIDAD**
M É T O D O

No. DE EXPEDIENTE: [REDACTED] FECHA: 2014/07/20

NOMBRE: [REDACTED]

Cotizante: Masc. Fem. Beneficiario Hijo

O² 9 2 LTS
X minuto
X 3 veces



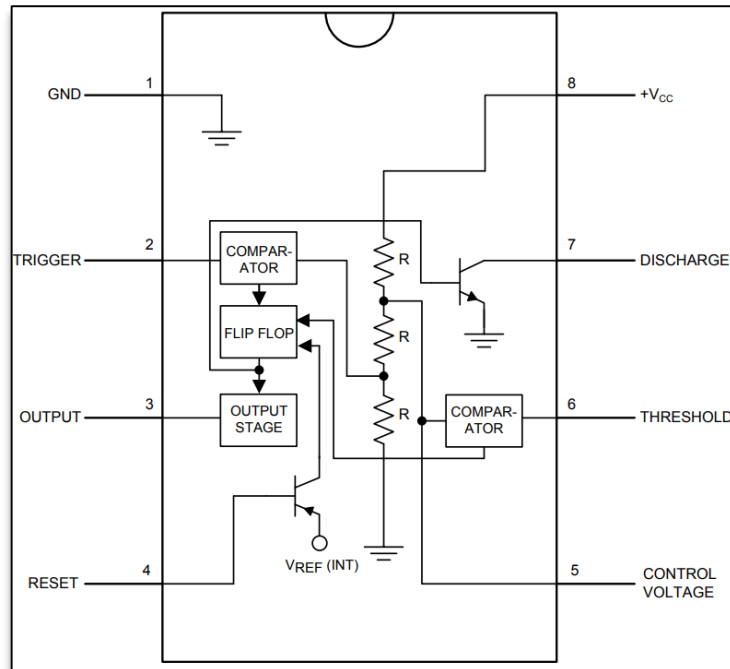
DE DONDE FUÉ LA PERCEPCIÓN SUR, FRENTE A INETER
TEL: 2244-2711-2811 • 2048-3305
MANAGUA, NICARAGUA
Impresiones EINM

PS 295

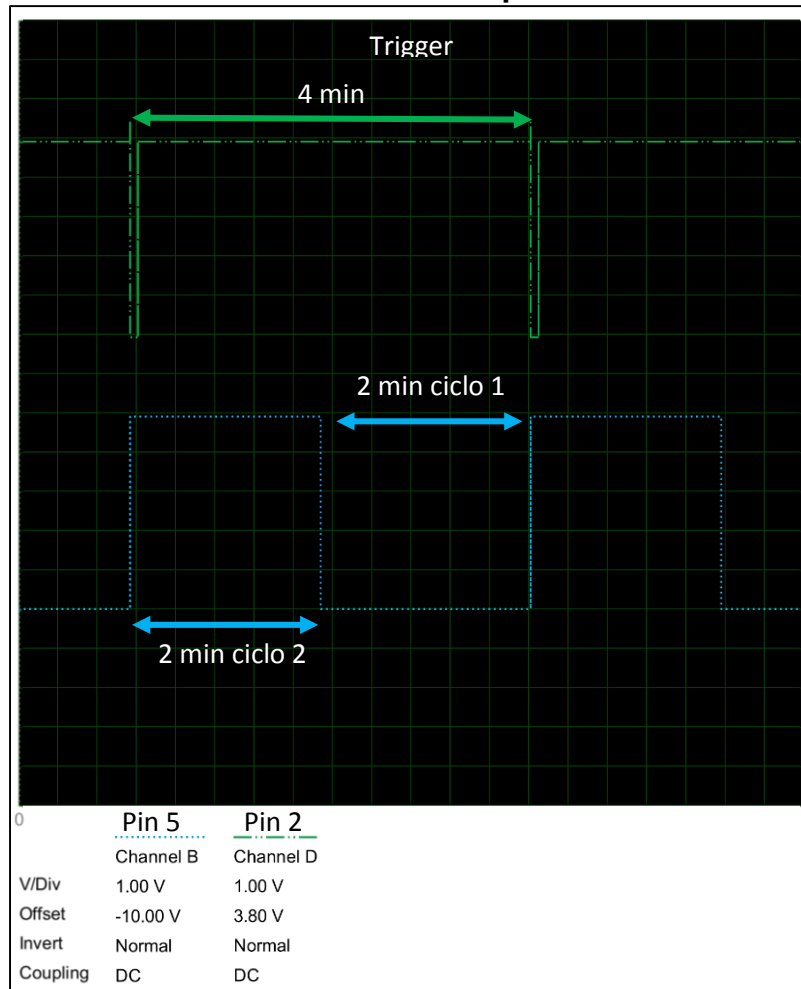
Anexo 4. Hoja de datos del microcontrolador Atmega2560

Microcontrolador ATmega2560	
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje MAX	6V
Pines de E / S digitales	54 (15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	dieciséis
Corriente por pin de E / S	40 mA
Corriente para pin de 3.3V	50 mA
Memoria flash	256 KB de los cuales 8 KB utiliza el gestor de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud	16.25 milímetros
Anchura	16.25 milímetros

Anexo 5. Configuración y función pines del LM555



Anexo 6. Grafica del Temporizador LM555



Anexo 7. Características del compresor del sistema

Modelo	YJ62/300
Fabricante	Zhaoli Motor
Laminación	25mm
Voltaje	120VAC
Polos	2
Corriente	1.4A
Frecuencia	50/60Hz
Input Power	<168W
Aislamiento Térmico	Clase B, 130°C
Tipo Mecanismo	Pistón con biela y manivela
Vida	1000h (continuas)
Presión de entrada	8 -16 PSI
Presión salida	30 - 50 PSI
Caudal de salida	4.5-10 L/min

Anexo 8. Propiedades del acero inoxidable

Composición Nominal, 18 Cr – 8 Ni

Cedencia min 30,000 lb/pulg ² Tensión min. 75,000 lb/pulg ²	Producto	No. De Espec.	Grado	Notas
	Placa	SA-240	304	2,3
	Tubo s/c	SA-213	TP304	-
	Tubo s/c	SA-312	TP304	2
	Tubo s/c	SA-312	TP304H	
	Tubo s/c	SA-376	TP304	2
	Tubo s/c	SA-376	TP304H	-
	Tubo vaciado	SA-452	TP304H	-
	Forj.	SA-182	F304	2
	Forj.	SA-182	F304H	-
	Barra	SA-479	304	2,3,5

Valores máximos de esfuerzo permitido, x 1 000 lb/pulg²

Para temperaturas del metal no mayores de grados F			
-20°, - 100°	200°	300°	400°
18.8	17.8	16.6	16.2
18.8	15.7	14.1	12.9

Notas

1. Estos valores de esfuerzo mayores exceden en 2/3. pero no exceden del 90% de la resistencia a la Cedencia a tal temperatura. El uso de estos puede producir cambios dimensionales debidos a la deformación permanente. No se recomiendan estos valores de esfuerzo para bridas ni juntas empacadas ni en otras aplicaciones en las que una deformación ligera pueda ocasionar fuga o mal funcionamiento.
2. A temperaturas superiores a 100°F, estos valores de esfuerzo se aplican solamente cuando se tiene 0.04% de carbono o más.
3. Para temperaturas superiores a 100°F. estos valores de esfuerzo pueden usarse sólo si el material se trata técnicamente, calentándolo a una temperatura min de 1 900°F Enfriándolo, rápidamente en agua o por algún otro medio.
4. Resistencia mínima especificada a tensión, 65 lb/pulg².
5. El uso de tablas de presión externa para el material en forma de barra de medidas estándares se permite únicamente para anillos aisladores.

Anexo 10. Prototipo final

