

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA

ÁREA REDES INTELIGENTES

TEMA ANÁLISIS PARA EL DESARROLLO DE UN MEDIDOR DE CONDICIONES AMBIENTALES EN HABITACIONES COMPARTIDAS.

AUTOR VILLALVA VILLAO DIEGO ANDRÉS

DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. IND. ZAMBRANO SILVA DENNIS HOLGER, MSC.

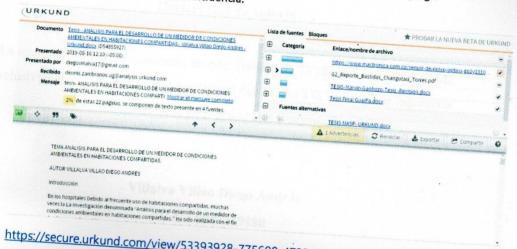
GUAYAQUIL, ABRIL 2019

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA UNIDAD DE TITULACIÓN ANEXO 6

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado ING. ZAMBRANO SILVA DENNIS HOLGER, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por VILLALVA VILLAO DIEGO ANDRÉS, C.C.: 0941219180, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN

Se informa que el trabajo de titulación: "ANALISIS PARA EL DESARROLLO DE UN MEDIDOR DE CONDICIONES AMBIENTALES EN HABITACIONES COMPARTIDAS", ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 2% de coincidencia.



https://secure.urkund.com/view/53393928-775698-472368

Mgs. ZAMBRANG SILVA DENNIS HOLGER CC: 0910739853

Declaración de autoría

"La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio Intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil"

Villalva Villao Diego Andrés

C.C.: 0941219180

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios y a todos aquellos que se una manera u otra han aportado con sus conocimientos, apoyo moral, económico y con su amor en este proceso y aprendizaje para mi carrera profesional.

Agradecimiento

De manera especial agradezco mucho a Dios por darme amor, inteligencia, capacidades y perseverancia para lograr terminar esta etapa.

A mis padres, a mi hermano y a

mi familia en general por el apoyo incondicional durante todo el transcurso de mi carrera universitaria para lograr la meta anhelada.

Agradezco a mi madre por esta

conmigo en todo momento dándome su apoyo constante sabiendo guiarme por el sendero de la verdad, que con esfuerzo y sacrificio se puede lograr los objetivos propuestos y nunca darse por vencido.

Índice general

\mathbf{N}°	Descripción	Pág.		
	Introducción	1		
	Capítulo I			
	El problema			
N °	Descripción	Pág.		
1.1	Planteamiento del problema	2		
1.2	Formulación del problema	3		
1.3	Sistematización del problema	3		
1.4	Objetivos de la investigación.	3		
1.4.1	Objetivo general.	3		
1.4.2	Objetivos específicos	3		
1.5	Justificación	4		
1.6	Alcance	4		
1.7	Variables			
1.7.1	Variable dependiente			
1.7.2	Variable independiente			
1.7.3	Operacionalidad de las variables	6		
	Capítulo II			
	Marco Teórico			
\mathbf{N}°	Descripción	Pág.		
2.1	Antecedentes	7		
2.1.1	EN300			
2.1.2	Medidor de calidad ambiental de interiores 800046			
2.1.3	Monitor de calidad ambiental 850070			
2.2	Marco teórico			
2.2.1	La unidad del paciente			
2.2.2	Condiciones ambientales en habitaciones del paciente			
2.2.2.1	Condiciones de iluminación			
2.2.2.2	Condiciones de insonoración			
2.2.2.3	Condiciones atmosféricas	13		
2.2.3	Higiene hospitalaria	14		
2.2.4	Medidor de condiciones ambientales			

2.2.5	Sensor de temperatura y humedad	
N°	Descripción	Pág.
2.2.6	Sensor de polvo	
2.2.7	Sensor de gases MQ	17
2.3	Marco conceptual	18
2.3.1	Indicador ambiental	18
2.3.2	Calidad ambiental	19
2.3.3	Biombos	19
2.3.4	Habitación del paciente	19
2.4	Marco contextual	19
2.5	Marco legal	19
	Capítulo III	
	Metodología	
\mathbf{N}°	Descripción	Pág.
3.1	Diseño de la investigación	
3.2	Enfoque de la investigación	
3.3	Método de la investigación	
3.3.1	Método descriptivo	
3.3.1.1	Niveles de CO2	
3.3.1.2	Niveles de polvo	
3.3.1.3	Niveles de temperatura y humedad	
3.3.2	Método deductivo	
3.4	Población y muestra	
3.5	Técnicas e instrumentos	
3.5.1	Entrevista	
3.6	Resultados generales de la entrevista	
3.7	Elección de componentes	
3.7.1	Comparación de sensores de gases	
3.7.2	Comparación de sensores de temperatura	
3.7.3	Comparación de sensores de polvo	

Capítulo III

Desarrollo de la propuesta

N°	Descripción	Pág.
4.1	Introducción	39
4.2	Diseño	39
4.3	Funcionamiento	41
4.4	Presupuesto	43
4.5	Programación	44
4.6	Conclusiones	47
4.7	Recomendaciones	47
	Anexos	48
	Bibliografía	54

Índice de tablas

\mathbf{N}°	Descripción	Pág.
1	Operacionalidad de las variables	6
2	Características de las habitaciones	10
3	Partículas de polvo	26
4	Condiciones de temperatura y humedad en ambientes cerrados	27
5	Temperatura por áreas en hospitales	28
6	Listado de sensores MQ	32
7	Diferencias entre sensores DHT11 y DHT22	34
8	Diferencias entre sensores de polvo	35
9	Diferencias entre Arduino mega, uno, nano y pro	37
10	Diferencias entre placas Arduino	43

Índice de figuras

N°	Descripción	Pág.
1	Medidor de calidad EN300	7
2	Medidor de calidad 800040	8
3	Medidor de calidad AMBIENTAL 850070	9
4	Habitaciones compartidas	10
5	Habitación iluminada naturalmente	11
6	Limpieza de insumos de la habitación del paciente	14
7	Medición de calidad Hobo	15
8	Sensor DHT11 y DHT22	16
9	Sensor de polvo óptico Sharp	17
10	Sensores MQ	18
11	Diseño de la investigación	21
12	Estadística de infecciones intrahospitalarias	23
13	Sensor MQ135	33
14	Sensor DHT22	34
15	Sensor óptico GP2Y1010AU0F	36
16	Arduino uno	38
17	Diagrama de bloques del sistema de control de calidad del aire en	39
	habitaciones compartidas	
18	Diseño en protoboard del dispositivo para el análisis de la calidad del aire	40
	en habitaciones compartidas.	
19	Diseño de las pisas para el revelado de la placa.	41
20	Mediciones del sensor de polvo	41
21	Mediciones del sensor MQ135	42
22	Mediciones del sensor DHT22	42

Índice de anexos

\mathbf{N}°	Descripción	Pág.
1	Modelo de entrevista	49
2	Diseño del dispositivo	50
3	Diseño PCB del dispositivo	51
4	Programación	52



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

UNIDAD DE TITULACIÓN

ANÁLISIS PARA EL DESARROLLO DE UN MEDIDOR DE CONDICIONES AMBIENTALES EN HABITACIONES COMPARTIDAS.

Autor: Villalva Villao Diego Andrés

Tutor: Ing. Ind. Zambrano Silva Dennis Holger, MSc

Resumen

El presente documento se ha realizado debido a la falta de herramientas tecnológicas que controlen la calidad ambiental en las habitaciones de hospitales del tipo compartidas, para evitar las infecciones intrahospitalarias que los pacientes podrían contraer durante su estancia en la misma. Esta investigación ha tenido un enfoque cualitativo y por medio de la investigación bibliografía se consiguió información sobre los parámetros y niveles que deben estar controlados para la óptima recuperación del paciente y las comparaciones entre componentes ideales que forman parte del dispositivo; además, utilizando la entrevista como herramienta se confirmaron los datos obtenidos en la investigación anterior. En la última sección del documento se muestra un diseño y programación que engloba los sensores necesarios para controlar el ambiente dentro de la habitación con lo que se demuestra el funcionamiento en conjunto de los mismos y el diseño de la placa PCB para el revelado de la placa y por último se tiene las conclusiones y recomendaciones respectivas para armar el dispositivo.

Palabras claves: Habitación, paciente, ambiental, contaminación, condición.



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

UNIDAD DE TITULACIÓN

'ANALYSIS FOR THE DEVELOPMENT OF AN ENVIRONMENTAL CONDITION METER IN SHARED ROOMS'

Author: Villalva Villao Diego Andrés

Advisor: IE Zambrano Silva Dennis Holger, MS

Abstract

This document has been produced due to the lack of technological tools that control the environmental quality in the rooms of shared hospitals, to avoid the intrahospital infections that patients could get during their stay in it. This research has had a qualitative approach and through literature research information was obtained on the parameters and levels that must be controlled for optimal patient recovery and comparisons between ideal components that are part of the device; in addition, using the interview as a tool, the data obtained in the previous investigation was confirmed. The last section of the document shows a design and programming that encompasses the sensors necessary to control the environment inside the room, demonstrating their overall operation and the design of the PCB board for developing the board. And finally you have the respective conclusions and recommendations to assemble the device.

Keywords: Room, patient, environmental, pollution, condition.

Introducción

En la actualidad se están presentando varios reportes sobre la cantidad de infecciones intrahospitalarias que adquieren los paciente durante la estancia en estos lugares, debido a lo antes mencionado se realizó un análisis sobre la forma en la que se contraen estos problemas y la forma en la que se controla la situación.

La higiene ambiental contribuye en gran medida al control de las infecciones. Se ha demostrado que determinados reservorios ambientales pueden ser el origen de colonización de pacientes y manos del personal que los asiste y de brotes de infección nosocomial, por ello se considera que, todo lo que rodea al paciente debe ser sometido a una limpieza rigurosa.

La investigación denominada "Análisis para el desarrollo de un medidor de condiciones ambientales en habitaciones compartidas." Ha sido realizada con el fin de ofrecer un dispositivo que permita alertar sobre los niveles de contaminación que hay en una habitación de hospital y que podría afectar directamente a la mejoría de los pacientes.

En la primera parte de la investigación se encuentra el problema, el mismo que es revisado a fondo como la frecuencia con la que se dan estos casos; además se describen los objetivos, delimitación y alcance necesarios para esta investigación.

El marco teórico contiene datos sobre los diferentes tipos de medidores de condiciones ambientales, las condiciones que tiene que tener las habitaciones de los hospitales y las complicaciones que se pueden presentar en la salud de los pacientes en caso de que no se tomen las medidas adecuadas de limpieza además de un análisis corto sobre los componentes para el sistema.

La investigación posee una metodología cualitativa que hace uso de la entrevista como herramienta para conocer sobre las necesidades tecnológicas que presenta esta área, además de métodos como el descriptivo para comparar lo componentes que utilizara el sistemas y el método deductivo que mediante estas comparativas se hace la selección de los más óptimos.

Por ultimo en el cuarto capítulo se muestra el desarrollo de la propuesta que contiene la forma en la que funciona el sistema y como se vería al implementarlo en una placa de pruebas y el respectivo presupuesto para armarlo. Luego se detallan conclusiones y recomendaciones sobre lo desarrollado sobre posibles cambios que el diseño podría tener a futuro.

Capítulo I

El problema

1.1 Planteamiento del problema

Para que el paciente se sienta seguro y tranquilo en su habitación es importante acondicionarla que sea un lugar cómodo para el paciente con los elementos necesarios para garantizar su bienestar. (Tena, 2015). Esto debe ser realizado para llevar a cabo la mejoría del paciente con más rapidez y con buenos resultados.

Las habitaciones para los pacientes es el espacio cerrado en el que este será alojado durante su ingreso, incluso puede ser el propio dormitorio del paciente o se puede adecuar otro espacio. (Mc Graw Hill, 2018). Estos factores son considerados importantes para ofrecer tranquilidad y comodidad al paciente para ayudar en la mejoría.

El entorno que rodea al paciente tiene una notable influencia sobre a respuesta de este al tratamiento que está recibiendo. En general las habitaciones tienen que ser espaciosas, tranquilas y soleadas. (Arzate Gómez, 2017). Estas habitaciones deben mantenerse limpias, aireadas y ordenadas para evitar la aparición de problemas psíquicos o patológicos como son las infecciones por lo que se prolongaría el tiempo de estadía en el hospital.

Las habitaciones hospitalarias deben reunir una serie de condiciones ambientales que van a repercutir, de manera directa, en el estado de salud y en la evolución del paciente. (Escuela de Enfermeia Gotinga, 2017). Las condiciones ambientales que mayor repercusión tiene sobre el paciente son las atmosféricas, la iluminación, la insonorización y la limpieza.

En cualquier momento dado, más o menos uno de cada 25 pacientes de hospital tiene una infección que contrajo en el hospital, según el Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. (Medline Plus, 2015). En este estudio se obtuvo que en el año 2011 ocurrieran muchas infecciones relacionadas con la atención sanitaria, que condujeron a unas numerosas muertes.

Muchos expertos creen que apenas el 50% de las superficies típicamente se desinfectan durante la limpieza de la habitación del paciente, según las notas de respaldo. Para este informe, los investigadores revisaron 80 estudios publicados entre 1998 y 2014. (Thompson, 2015). Debido a la falta de limpieza en habitaciones se presentan diferentes tipos de infecciones intrahospitalarias siendo las nosocomiales las más frecuentes. Debido a que los pacientes que ocupan este tipo de habitaciones tienen ingresos y salidas por lo que no se da el tiempo necesario para hacer una limpieza más a fondo.

Menos del 35 por ciento de los estudios se concentraron en las tasas de infección o de propagación de enfermedades debido a las superficies sucias, señalaron los investigadores. También encontraron que la mayoría de los estudios solo examinaban la efectividad de un único producto o método de limpieza, en lugar de compararlo con otros. (Thompson, 2015)

"Hay muchos métodos disponibles, pero simplemente no hay ensayos que comparen de forma directa a uno contra otro y observen los resultados que importan a los pacientes", dijo Umscheid.

1.2 Formulación del problema

¿De qué forma se podrá hacer una toma de muestras de las condiciones ambientales que existen en las habitaciones hospitalarias del tipo compartidas?

1.3 Sistematización del problema

- a) ¿Cómo se conocerá sobre los factores ambientales que pueden afectar en la salud de personas que comparten habitación?
- **b)** ¿Con que tipo de herramienta tecnológica se podrá realizar la toma de muestras de las condiciones ambientales en habitaciones compartidas?
- c) ¿Qué componentes serán los adecuados para implementarlos para el dispositivo?

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una herramienta tecnológica de bajo costo que permita obtener información sobre las condiciones ambientales que posee una habitación de hospital del tipo compartida para ayudar en la pronta mejoría de los pacientes.

1.4.2 Objetivos específicos

- 1) Investigar sobre los componentes y de qué forma afectan con más severidad al ambiente dentro de las habitaciones de hospitales.
- 2) Investigar sobre la necesidad de realizar medición de condiciones ambientales en una habitación compartida.

- Diseñar el dispositivo para la toma de datos para las condiciones de una habitación de hospital compartida.
- 4) Seleccionar los componentes ideales para el diseño del dispositivo.

1.5 Justificación

La importancia de tener un ambiente adecuado para los pacientes que se encuentran ingresados en salas de hospitales destaca en que para garantizar su mejora es necesario cuidar ciertos aspectos, debido a que en las salas compartidas existen diferentes necesidades, una de las importantes es la calidad del aire que rodea a los pacientes.

El riesgo de transmisión directa de una infección por una superficie es mínimo, pero puede contribuir a la contaminación cruzada secundaria a través de las manos de los profesionales o de los instrumentos en contacto con estas superficies. Por eso la higiene de las manos de los profesionales y la desinfección de las superficies es de extremada importancia. Está demostrado que muchos tipos de virus son capaces de sobrevivir en superficies ambientales de los centros de salud o en camas y equipos. Los factores que favorecen la contaminación del ambiente dentro de un hospital son los siguientes:

- Las manos de los trabajadores en contacto con las superficies.
- La ausencia de la utilización de técnicas básicas por los profesionales.
- Mantenimiento de superficies húmedas.
- Mantenimiento de superficies polvorientas.
- Condiciones precarias de revestimientos.
- Mantenimiento de la materia orgánica.

1.6 Alcance

El presente proyecto pretende ser la base para una serie de proyectos que estén basados en el uso de información que se obtiene a partir de las condiciones del ambiente para el usuario del dispositivo. Se pretende realizar el análisis de los principales componentes que se encuentran afectado a las condiciones ideales que debe poseer una habitación de hospital, entre los que se tiene la humedad, temperatura, y calidad del aire; para beneficiar a los pacientes que hacen uso de habitaciones compartidas.

1.7 Variables

1.7.1 Variable dependiente

Medidor de condiciones ambientales

1.7.2 Variable independiente

Condiciones ambientales en habitaciones compartidas

Tabla 1. Operacionalidad de las variables, 2019.

Variable	Descripción	Dimensiones	Indicador	Instrumento
			23° - 25°	Sensor de temperatura
Dependiente: Medidor de	Dispositivo electrónico que toma datos constantes sobre los	Control del aire	45 – 55%	Sensor de humedad
condiciones ambientales	factores que pueden influenciar en la mejoría del paciente.		Menos de 20000 ppm	Sensor de humedad
				Medidor de acumulación de polvo
			Niveles de temperatura	
Independiente: Condiciones ambientales en	Factores que se encuentran en una habitación compartida y	Niveles de contaminación	Niveles de humedad	D
habitaciones compartidas	afectan en la recuperación del paciente	ambiental en la habitación	Cantidad de polvo	Entrevista
			Acumulación de gases	

Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por Villalva Diego.

Capítulo II

Marco teórico

2.1 Antecedentes

En la actualidad existen diferentes modelos de medidores de condiciones ambientales, pero en su mayoría son costosos, guiados a situaciones industriales y no han sido desarrollados para obtener una información a distancia, si no que se los coloca en un lugar para que realice la toma de muestras y luego obtener la información que se ha almacenado en su memoria. A continuación, se describen algunos modelos comerciales.

2.1.1 EN300

Es un medidor ambiental robusto con montaje para tripie e interface RS232 para computadora posee una amplia pantalla tipo LCD para mostrar de manera simultánea temperatura y velocidad de aire o humedad relativa. Posee una retención de valores Min/Max, autoapagado, indicación de batería baja y sobrerango, posee una paleta o veneta de baja fricción para medición de velocidad de aire. Mejora la exactitud de la medición de la velocidad del aire en ft/min, MPH, m/s, km/h, y nudos.

Tiene un sensor de humedad con capacitor de película delgada para respuesta rápida y un termistor construido para mediciones de temperatura ambiente, con una entrada para termopar tipo K para medición de temperaturas de hasta 2372° F (1300°C); utiliza un diodo foto sensor de precisión para mediciones de luz con color corregido o coseno filtrado, posee una punta de prueba de temperatura tipo K y 6 baterías tipo AAA de 1.5V. (Final Test, 2018). Este tipo de instrumento esta guiado más al ámbito de mediciones de contaminación ambiental en espacios abiertos debido a que analiza incluso la fuerza del aire.



Figura 1. Medidor de calidad EN300, 2017. Información tomada de Final test. Elaborado por el autor.

2.1.2 Medidor de calidad ambiental de interior 800046

Es un equipo que sirve para monitorear la calidad del aire interior en los espacios públicos con niveles potencialmente elevados de CO2 (dióxido de carbono). Mide CO2, humedad, punto de rocío, temperatura del aire, temperatura de bulbo húmedo.

La mala calidad de aire puede provocar cansancio, incapacidad para concentrase, dolor de cabeza, irritaciones, entre otros, la OMS para preservar la salud recomienda unos valores máximos para 28 sustancias, no obstante resulta muy costoso medir todas estas sustancias, por lo que la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE recomienda la medición del (CO2), el cual sin ser considerado contaminante se usa como indicador de la calidad de aire interior, también recomienda un límite de concentración máxima de 1000 ppm de CO2 para satisfacer los criterios de confort. (Elicrom, 2017). Este dispositivo tiene como finalidad la medición de calidad del aire en interiores, o lugares en los que se puedan encerrar contaminantes ambientales.



Figura 2. Medidor de calidad ambiental 800046, 2017. Información tomada deElicrom. Elaborado por el autor.

Este instrumento es ideal para el monitoreo de la calidad del aire en espacios públicos concurridos potencialmente con altos niveles de CO2 (dióxido de carbono), tales como oficinas, fábricas, aulas, hospitales y hoteles. Los mismos parámetros de medición se pueden también utilizar para probar el aire de los equipos de climatización.

Se puede visualizar simultáneamente el nivel de CO2, humedad y temperatura del aire, o el usuario puede elegir una pantalla giratoria de punto de rocío y la temperatura de bulbo húmedo en lugar de la temperatura del aire. También calcula TWA (Promedio ponderado de

tiempo) y STEL (Short - Term Exposure Limit). Calibración por el usuario sencilla de CO2 y la humedad relativa. Alarma audible en el umbral CO2. Tecnología NDIR (infrarrojo no dispersivo) asegura la precisión a largo plazo, la estabilidad y la fiabilidad. Viene en un estuche y 4 pilas AA. (Elicrom, 2017). Este tipo de instrumentos es recomendable usarlos a nivel industrial para grandes niveles de contaminación.

2.1.3 Monitor de calidad ambiental 850070

Este monitor sirve para pruebas ambientales en cualquier lugar. Combina un anemómetro, higrómetro, termómetro y un medidor de luz en una sola unidad compacta que pesa solo 5.3 oz (150 g). Cuenta con pantalla doble con batería baja e indicaciones de rango excesivo, botones de tonos, función mín. / Máx., Apagado automático y función de espera. (Itemsind, 2015). Viene listo para usar con estuche de transporte suave, muñequera, instrucciones y una batería de 9V.



Figura 3. Medidor de calidad ambiental 850070, 2015. Itemsind. Elaborado por el autor.

2.2 Marco teórico

2.2.1 La unidad del paciente

La patología y la edad del paciente son factores determinantes que hay que tener en cuenta en la organización y disposición de la unidad del paciente. Las medidas de la habitación dependen del número de camas. Las dimensiones aproximadas se pueden ver a continuación:

Tabla 2. Características de las habitaciones, 2018

Habitaciones	Medidas
Individuales (1 cama)	Aproximadamente 10 m ²
Dobles (2 camas)	Aproximadamente 14 m ²
Triples (3 camas)	Aproximadamente $18 - 20 \text{ m}^2$

Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por Villalva Diego.

El número máximo de camas por habitación no debe ser superior a cuatro. La habitación debe disponer de espacio suficiente (1,20 m) entre las camas, y 1,12 m entre la cama y la pared, de tal forma que sea posible atender al paciente tanto desde los laterales como desde los pies de la cama, permitiendo, además, el paso de una camilla y el camillero. (Blink Learning, 2012). En la figura 4 se observa una habitación compartida por 2 camas.



Figura 4. Habitaciones compartidas, 2012. Blink learnign. Elaborado por el autor.

El número de camas por unidades del paciente varía de un hospital a otro, siendo la gran mayoría de dos o tres. La situación idónea es disponer en cada planta, o control de enfermería, de habitaciones individuales y de habitaciones compartidas, para utilizar una u otra modalidad en función de las características de los pacientes. (Mc Graw Hill, 2018)

En las habitaciones con varias camas, cada unidad puede aislarse mediante biombos o cortinas para asegurar y respetar la intimidad de los pacientes. En las habitaciones individuales, se considera unidad del paciente a todo el contenido y el espacio físico de la propia habitación. (Torres, 2019)

La unidad de pacientes con algún tipo de dependencia física debe disponer de un aseo adaptado a su discapacidad, con plato de ducha en lugar de bañera, suelo antideslizante y asideros en la pared para facilitar el uso del inodoro, sin que haya riesgo para los pacientes.

2.2.2 Condiciones ambientales en habitaciones de pacientes

La higiene ambiental contribuye en gran medida al control de las infecciones. Se ha demostrado que determinados reservorios ambientales pueden ser el origen de colonización de pacientes y manos del personal que los asiste y de brotes de infección nosocomial, por ello se considera que, todo lo que rodea al paciente debe ser sometido a una limpieza rigurosa. (Guerra, 2018)



Figura 5. Habitación iluminada naturalmente, 2012. Blink learnign. Elaborado por el autor.

Las habitaciones hospitalarias deben reunir una serie de condiciones ambientales que van a repercutir, de manera directa, en el estado de salud y en la evolución del paciente. Las condiciones ambientales que mayor repercusión tienen sobre el paciente son: iluminación, insonorización, higiene y limpieza, y condiciones atmosféricas. (Park, 2017)

2.2.2.1 Condiciones de iluminación

Las condiciones de iluminación repercuten en el bienestar y en la evolución de la enfermedad del paciente. La iluminación en los centros sanitarios puede ser de dos tipos:

- a) Luz natural: es la producida por los rayos solares; por sus propiedades curativas, desinfectantes, térmicas, etc., es la más indicada para el cuidado y la recuperación de los enfermos. Algunos especialistas opinan que una habitación está bien iluminada si tiene un espacio de ventanas igual, en superficie, a casi la cuarta parte del suelo. (Idae, 2010)
- b) Luz artificial (iluminación eléctrica): está diseñada de forma que pueda ser utilizada según las necesidades. Puede adaptarse para que proporcione luz indirecta, como luz de foco directo para el examen del paciente, luz para leer o luz de menor intensidad. Durante la noche, debe haber un piloto de emergencia encendido en la pared, para que la habitación no quede a oscuras y el paciente pueda ver, si tuviera necesidad de levantarse. (Idae, 2010)

2.2.2.2 Condiciones de insonoración

Los investigadores han demostrado que el ruido ambiental, expresado en decibelios (dB), produce fatiga física y trastornos nerviosos o emocionales. (Foraster, 2017). El ruido que se genera en el entorno hospitalario puede provenir del exterior o del interior:

- a) Ruido exterior: suele producirse como consecuencia de obras, circulación, sirenas de ambulancias, etc., que, además, pueden llevar asociada la producción de vibraciones.
 (Mc Graw Hill, 2018). Estos ruidos pueden paliarse mediante sistemas de aislamiento colocados en las ventanas, con el fin de disminuir su influencia sobre el estado emocional de los pacientes.
- **b**) Ruido interior: es consecuencia del tránsito de personas en los pasillos y de la actividad laboral del centro sanitario. Para evitar la producción de ruidos, es importante que el personal sanitario cumpla y haga cumplir las siguientes normas:
 - Respetar lo carteles de recomendación de silencio.
 - Hablar en tono moderado y evitar risas escandalosas.
 - Moderar el volumen de la televisión o radio.
 - Controlar la utilización de los teléfonos móviles.
 - Abrir y cerrar las puertas con cuidado, evitando que golpeen.

- Desplazar el mobiliario suavemente y sin arrastrarlo.
- Utilizar calzado de suela flexible o de goma para evitar desplazamientos ruidosos.
- Realizar el transporte de las camas, sillas de ruedas, carros, pies de goteo, etc.
 Con cuidado, evitando golpes en las paredes, muebles o puertas.

2.2.2.3 Condiciones atmosféricas

Las condiciones atmosféricas que tienen una mayor incidencia sobre el paciente son:

1) Temperatura:

- a) La temperatura ambiente de la unidad de hospitalización debe estar entre los 20-22 °C, aunque puede variar en las diferentes zonas del hospital. Así, en los pasillos estará entre 20-21 °C, en las consultas externas entre 21-23 °C, en los quirófanos entre 25-28 °C, etc. (Park, 2017)
- **b**) Se regula mediante termómetros o termostatos de los que se dispone en las unidades de los pacientes, pasillos, dependencias especiales, etc.
- c) Muchos hospitales disponen de circuitos cerrados de ventilación que llevan incorporado un sistema automático de control de la temperatura.
- **d**) Es importante que se realice un correcto mantenimiento y limpieza de los sistemas de control de la temperatura para evitar la contaminación de los sistemas de refrigeración, sobre todo por Legionella. (Park, 2017)

2) Humedad:

- a) Los valores del grado de humedad que se consideran óptimos oscilan entre el 40 y el 60 %.
- **b**) Se controla mediante el uso de higrómetros que se colocan en la unidad del paciente, pasillos y dependencias especiales.
- c) Sin embargo, en algunos estados patológicos, como ciertas afecciones respiratorias, un grado de humedad relativamente bajo (del 10 al 20 %) resulta más cómodo para el paciente. (Mc Graw Hill, 2018)

3) Ventilación y pureza del aire:

- a) La ventilación se realiza, normalmente, abriendo las ventanas y la puerta durante cortos espacios de tiempo. Para renovar el aire de la habitación es suficiente con abrir la ventana durante 10-15 minutos. (Lo Monaco, 2016)
- **b**) Siempre que sea posible, se lleva a cabo durante los procedimientos de cambio de ropa de cama y limpieza de la habitación.

- c) Al ventilar la habitación, se evitarán las corrientes de aire. Es recomendable el empleo de un biombo para evitar que el aire llegue de forma directa al paciente.
- d) En los hospitales modernos con circuito cerrado de aire acondicionado o sistemas de climatización, no deben abrirse las ventanas de las habitaciones para ventilar, pues el aire está en constante renovación y, si se hiciera, se producirían descompensaciones en el circuito del aire. (Lo Monaco, 2016)
- e) Las impurezas habituales que se encuentran en el aire son gases, partículas de polvo y microorganismos.
 - Las enfermedades respiratorias pueden diseminarse mediante estas impurezas que se propagan a través del aire, por ejemplo, al estornudar, hablar o toser.
- f) En las habitaciones debe protegerse a los pacientes contra la infección mediante la aplicación de técnicas de aislamiento, liberación del polvo, buena ventilación y amplio espacio entre las camas.

2.2.3 Higiene hospitalaria



Figura 6. Limpieza de insumos de la habitación del paciente, 2017. Hildebrandt. Elaborado por el autor.

Las condiciones de higiene y limpieza repercuten seriamente en la evolución del paciente. La acumulación de eliminaciones (orina, vómitos, exudados, heces, etc.) en un ambiente semicerrado o cerrado da lugar a olores desagradables que repercuten en el paciente, en el personal sanitario, en otros pacientes y en las visitas (Mena, Cervera, González, & Salas, 2016). Esto hace que el entorno resulte incómodo y, desde el punto de vista sanitario, una posible fuente de infección.

Cuando se da de alta al paciente, debe realizarse una limpieza más exhaustiva de la unidad y de todo el material que tenga que ser reutilizado, pues es necesario desinfectarlo y esterilizarlo.

A diario se limpiará el marco de la cama, así como el resto de los elementos habituales de la habitación del paciente (mesa, silla, sillón, etc.). Cuando al paciente se le dé el alta, o se desocupe la habitación, la limpieza se realizará más a fondo, siempre según el protocolo hospitalario. (Blink Learning, 2012)

Las habitaciones de los hospitales están realmente sucias. El 75 % de las habitaciones para internación de pacientes están contaminadas con bacterias capaces de causar infecciones estafilocócicas. Se debe utilizar paños desinfectantes para limpiar todas las "superficies de alto contacto" que podría tocar: la superficie de la mesa con ruedas, los apoyabrazos de las sillas, las barandas de la cama, el teléfono, el botón del timbre y el control remoto del televisor. A menudo, el personal de limpieza pasa por alto este tipo de cosas. Hay paños desinfectantes en todos los pisos del hospital, y quizá el asistente pueda ayudarlo en pequeñas tareas como esta. (Bailey, 2012)

2.2.4 Medidor de condiciones ambientales

Los registradores de datos ambientales o data loggers son aparatos electrónicos que miden y registran parámetros relativos al medio ambiente en tiempo real. Funcionan con sensores integrados o externos y microcontroladores, circuitos programables que ejecutan las instrucciones que han sido grabadas previamente en su memoria. (Hildebrandt Gruppe, 2016).



Figura 7. Medidor de calidad Hobo, 2017. Hildebrandt. Elaborado por el autor.

Con estos aparatos modernos, el registro de datos se realiza de forma constante e independiente, sin necesidad de vigilar su funcionamiento o realizar ajustes diarios. De esta

forma establecen un periodo de seguimiento donde se revisa la información recogida cada cierto tiempo. Según las necesidades de cada edificio y cada caso particular, se puede realizar un análisis de datos con una visión global o un estudio de indicadores por separado.

2.2.5 Sensor de temperatura y humedad

Los sensores DHT11 y DHT22 son sensores digitales de Temperatura y Humedad, fáciles de implementar con cualquier microcontrolador. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante y solo un pin para la lectura de los datos. Tal vez la desventaja de estos es la velocidad de las lecturas y el tiempo que hay que esperar para tomar nuevas lecturas (nueva lectura después de 2 segundos), pero esto no es tan importante puesto que la Temperatura y Humedad son variables que no cambian muy rápido en el tiempo. (Naylamp Mechatronics, 2016)

El sensor DTH11 trabaja con un rango de medición de temperatura de 0 a 50 °C con precisión de ±2.0 °C y un rango de humedad de 20% a 90% RH con precisión de 4% RH. Los ciclos de lectura deben ser como mínimo 1 o 2 segundos.

El sensor DTH22 tiene un rango de medición de temperatura es de -40°C a 80 °C con precisión de ± 0.5 °C y rango de humedad de 0 a 100% RH con precisión de 2% RH, el tiempo entre lecturas debe ser de 2 segundos.

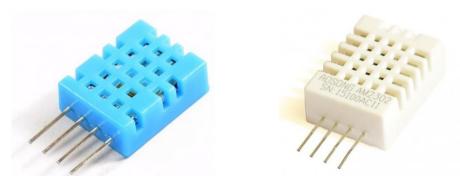


Figura 8. Sensor DHT11 y DHT22, 2017. Información tomada de Nylamp Mechatronics. Elaborado por el autor.

Como se observa la diferencia entre estos sensores es solo el rango y precisión, otra diferencia es que el DHT11 puede soportar ciclos más rápidos de lectura.

2.2.6 Sensor de polvo

Permiten medir de forma sencilla la concentración de polvo en el aire. Integra un diodo infrarrojo y un fototransistor en un arreglo diagonal, que permiten medir la luz reflejada por las partículas de polvo en el aire. El sensor posee una salida de voltaje lineal y proporcional

a la cantidad de polvo detectado. La sensibilidad del sensor es de 0.5V por cada 0.1mg de polvo por metro cúbico. El sensor incluye el cable de tipo JST de 6 pines necesario para su conexión a Arduino u otro microcontrolador.



Figura 9. Sensor de polvo óptico de Sharp, 2017. Información tomada de Nylamp Mechatronics. Elaborado por Villalva Diego.

Los del tipo óptico, como se muestra en la figura 9, poseen un diodo emisor de infrarrojos (IRED) y un phototran-Sistor están dispuestos en diagonal en este dispositivo. Detecta la luz reflejada de polvo en el aire. Especialmente, es eficaz para detectar de partícula muy fina como el humo del cigarrillo. Además, se puede distinguir el humo de polvo de la casa por el patrón de impulsos de tensión de salida.

El polvo se divide por tamaño, desde la más pequeña "partículas finas" (De 0.1 en 2.5 UMM), hasta secundaria (De 2.5 en 10 UMM), hasta grandes (De 10 en 30 UMM), Cuáles son los puntos visibles para el ojo desnudo en rayos de sol. Dependiendo del tamaño, los efectos biológicos son muy diferentes. Parada de partículas grandes en la nariz, y se caen fácilmente. Los promedios de se detienen en los bronquios, y fomentar tos, bronquitis y alergias. Pero lo peor es los "partículas finas" que, alcanzar dentro de los pulmones, se acumulan a lo largo de la vida, y puede causar enfermedades graves.

2.2.7 Sensor de gases MQ

Los sensores de gases MQ son una familia de dispositivos diseñados para detectar la presencia de distintos componentes químicos en el aire. Podemos conectar estos dispositivos a un autómata o procesador como Arduino. (Luis LLamas, 2018). Existe una gran variedad

de sensores MQ. Cada modelo está diseñado para detectar una o más sustancias, pensadas para un uso específico, como por ejemplo detección gases inflamables, calidad del aire o detección de alcohol en aire respirado.

Los sensores de gases MQ suelen proporcionarse con una placa de medición estándar con el comparador LMC662 o similar, que permite obtener la lectura tanto como un valor analógico, como un valor digital cuando se supera un cierto umbral regulado a través de un potenciómetro ubicado en la placa. (Luis LLamas, 2018). Los sensores de gases deben ser calibrados antes de obtener una medida precisa. Aun calibrados estos sensores no disponen de la garantía necesaria para formar parte de un sistema de seguridad.

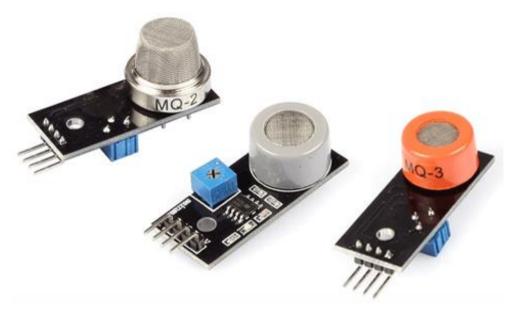


Figura 10. Sensores MQ, 2018. Información tomada de Nylamp Mechatronics. Elaborado por Villalva Diego.

Los sensores de gases son dispositivos con alta inercia, es decir, la respuesta necesita tiempos largos para estabilizarse tras un cambio de concentración de los gases medidos. Ello es debido a la necesidad física de que el gas abandone el material sensible, lo cual es un proceso lento. Todos los modelos MQ disponen de un calentador necesario para elevar la temperatura del sensor, y que sus materiales adquieran la sensibilidad.

2.3 Marco conceptual.

2.3.1 Indicador ambiental

El término indicador ambiental se puede definir de diferentes maneras. Se pueden describir como "medidas físicas, químicas, biológicas o socioeconómicas que mejor representan los elementos clave de un ecosistema o de un tema ambiental". Otra definición

de indicador podría ser "una medida directa o indirecta de la calidad ambiental que se puede usar para evaluar el estado y las tendencias en la capacidad del medio ambiente para apoyar la salud humana y ecológica". (Loné, 2016)

2.3.2 Calidad ambiental

Es el conjunto de características (ambientales, sociales, culturales y económicas) que califican el estado, disponibilidad y acceso a componentes de la naturaleza y la presencia de posibles alteraciones en el ambiente, que estén afectando sus derechos o puedan alterar sus condiciones y los de la población de una determinada zona o región. (Celec EP, 2013)

2.3.3 Biombos

Se refiere a muebles formados por uno o varios paneles móviles, de diferentes tamaños, formas, materiales y diseños. Habitualmente son articulados y esto permite que se puedan extender y plegar según las necesidades concretas del momento. Además, no necesitan montaje por lo que sólo se tiene que colocarlo donde se lo necesita y posteriormente si se necesita moverlo puede ser plegado y colocarlo en cualquier esquina para que no ocupe prácticamente ningún espacio. (Biombos, 2016)

2.3.4 Habitación del paciente

La unidad del paciente es el conjunto de elementos estructurales y materiales que cada paciente va a necesitar durante su estancia en el centro hospitalario.

2.4 Marco contextual

La presente investigación se lleva a cabo en la ciudad de Guayaquil, buscando mejorar el ambiente de habitaciones compartidas de hospitales para la recuperación pronta y de la mejor manera de los pacientes.

2.5 Marco legal

Que, el Art. 350 de la Constitución de la República del Ecuador señala que el Sistema de Educación Superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo;

Según el Art. 8 de LOES denominado Fines de la Educación Superior indica que la educación superior tendrá los siguientes objetivos:

a) Aportar al desarrollo del pensamiento universal, al despliegue de la producción científica, de las artes y de la cultura y a la promoción de las transferencias e innovaciones tecnológicas;

En el capítulo 2 Art. 6 de La Autoridad Sanitaria Nacional, sus competencias y responsabilidades estipula que es responsabilidad del Ministerio de Salud Pública y su numeral 32 —Participar en coordinación y con el organismo competente en la investigación y el desarrollo de la ciencia y tecnología en salud.

En la ley de acciones de salud indica que impulsara acciones de promoción de la salud en comunidades, municipios y en diferentes localidades.

El artículo 360 indica que garantiza mediante las instituciones públicas de la salud los cuidados de la salud en base a la atención primaria de la salud. Se incluye a este artículo el 388 donde esta señala que se destinara el recurso monetario para el desarrollo tecnológico para áreas médicas y científicas.

El artículo 32 de la norma legal señalada hace referencia a los derechos de salud, la seguridad social y contextos sanos que respaldan el buen vivir

Capítulo III

Metodología

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de investigación se especifica como las metodologías y técnicas seleccionadas por el investigador para acoplarlos de una forma prudentemente lógica para que el problema de la investigación sea manipulado de forma eficiente. Son pautas sobre la forma en que se debe hacer la investigación por medio de una metodología en particular. El investigador realiza una serie de preguntas que necesitan ser apreciadas. (QuestionPro, 2018).



Figura 11. Diseño de la investigación, 2019. Información adaptada de la investigación directa. Elaborado por Villalva Diego.

Como se observa en la figura 11 la presente investigación es del tipo cualitativa por lo que los métodos utilizados han sido el descriptivo y deductivo. Por parte de la investigación descriptiva se investigó sobre las condiciones ambientales en lugares cerrados y que tan frecuente se presentan complicaciones en los pacientes, como lo son las infecciones intrahospitalarias, y por el método deductivo cuales serían los componentes que irían en el dispositivo para el control ambiental; además se ha uso de la entrevista como técnica para obtener información por parte de las personas que laboran en centros médicos y que tienen constante contacto con los pacientes por lo que tiene conocimiento sobre la calidad de aseo que debe tener las habitaciones.

3.2 Enfoque de la investigación

Para esta investigación se realizó un enfoque del tipo cualitativo; el cual se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, los estudios cualitativos no siguen un proceso rígido y secuencial. Estos pueden desarrollar preguntas e hipótesis

antes, durante o después de la recolección y análisis de datos. Se basa en un método indagatorio o exploratorio, muchas veces previo al cuantitativo, para afinar las preguntas de investigación o proponer nuevas preguntas en relación a la cuestión de estudio. (Sanfeliciano, 2018).

Con esta investigación se busca comprender los fenómenos dentro del contexto usual, basándose en las descripciones detalladas de situaciones, personas, interacciones, comportamientos observados, documentos, para no generaliza resultados.

3.3 Método de la investigación

3.3.1 Método descriptivo

El método descriptivo es uno de los métodos cualitativos que se usan en investigaciones que tienen como objetivo la evaluación de algunas características de una población o situación en particular. En la investigación descriptiva, el objetivo es describir el comportamiento o estado de un número de variables. El método descriptivo orienta al investigador en el método científico. (Ok diario, 2018). La descripción implica la observación sistemática del objeto de estudio y catalogar la información que es observada para que pueda usarse y replicarse por otros.

En un estudio con 776 pacientes de dos Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) de Quito se ha encontrado que la incidencia de infecciones nosocomiales es similar a la de otros países como Colombia, Perú o Brasil, pero posee la tasa de mortalidad más alta.

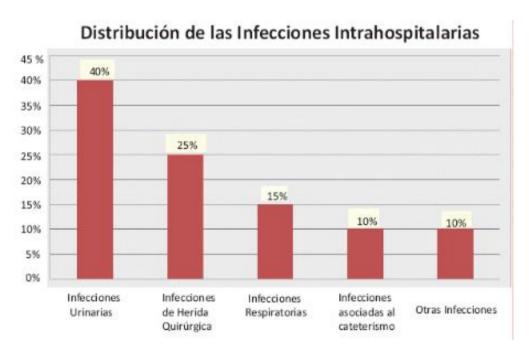


Figura 12. Estadísticas de infecciones intrahospitalarias, 2017. Información tomada de Inec. Elaborado por el autor.

Las infecciones nosocomiales (intrahospitalarias) llegan a afectar a una media del 7 por ciento de los pacientes ingresados. En Europa, hay 4,1 millones de personas afectadas y 37.500 muertes al año. Y, en España, hay 3.000 muertes/año y un sobrecosto del orden de 5.000 millones de euros al año.

El control del aire ambiente interior se ha demostrado completamente necesario, convirtiéndose la climatización en una instalación fundamental y de uso general en todo el mundo avanzado, con independencia de la climatología exterior del lugar donde se construye el hospital.

Es evidente, por tanto, que la instalación de climatización en un hospital debe obtener más objetivos que los habituales de mantener unas condiciones de confort y esto es lo que en gran medida las hace diferentes de las instalaciones normales aunque los principios termodinámicos y físicos en general sean los mismos en un hospital concurren circunstancias específicas que lo diferencian de otros edificios, entre ellos destacan:

- a) Edificio con una higiene y limpieza ambiental especial a la cual colaboran: el personal, el diseño y construcción del mismo y muy especialmente la climatización.
 - b) Concentración de enfermos y muchas personas con defensas bajas.
 - c) Muchos locales interiores que deben ser adecuadamente ventilados.
 - d) Cargas internas de calor debidas a equipamiento médico muy altas.

Además de la transmisión de organismos patógenos entre las personas (personal sanitario, enfermos, acompañantes, visitas) que coinciden en el hospital, existen riesgos ambientales habituales tales como:

- a) Medicamentos aerosolizados
- b) Productos químicos de limpieza y desinfección.

Así como riesgos ambientales esporádicos de tipo biológico (aunque frecuentes):

- a) Aspergillus.
- b) Legionella.
- c) Staphylococcus aureus.
- d) Otros.

3.3.1.1 Niveles de CO2

El dióxido de carbono es un asfixiante simple que actúa básicamente por desplazamiento del oxígeno y que a elevadas concentraciones (>30.000 ppm) puede causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición.

Es un componente del aire exterior en el que se encuentra habitualmente a niveles entre 300 y 400 ppm, pudiendo alcanzar en zonas urbanas valores de hasta 550 ppm. El valor límite de exposición profesional (LEP-VLA) del INSHT para exposiciones diarias de 8 horas es de 5.000 ppm con un valor límite para exposiciones cortas de 15 minutos de 15.000 ppm. Estos valores son difíciles de encontrar en ambientes interiores no industriales como son oficinas, escuelas y servicios en general.

La emisión de dióxido de carbono en la respiración humana está ligada a la de otros productos procedentes del metabolismo humano (agua, aerosoles biológicos, partículas, alcoholes, aldehídos, etc.) llamados bioefluentes y responsables de la carga de olor por ocupación humana de un local. Por ello, el nivel de concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior puede tomarse, si no hay otras fuentes contaminantes, como indicador de la carga de olor existente debida a sus ocupantes.

Para establecer valores de referencia se han realizado estudios con personas a distintas tasas de ventilación y aunque existen datos que sugieren que a 600 ppm los individuos más sensibles ya manifiestan quejas y molestias, en la práctica se acepta que no debe superarse una concentración de 1.000 ppm de dióxido de carbono con el fin de evitar problemas de olor y para que el aire sea considerado aceptable para aproximadamente el 80% de las personas que se encuentran en el lugar.

Los ocupantes adaptados, es decir los que llevan un cierto tiempo en el local, pueden no notar molestias, en términos de olor corporal, hasta que la concentración de dióxido de carbono supera 2.000 ppm. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el hecho de que no se superen en un local estos niveles de dióxido de carbono no garantiza la ausencia de compuestos de origen distinto a los ocupantes (materiales, productos de consumo, actividades, etc.) que puedan ser molestos o nocivos para la salud.

Cuando los niveles medios de concentración de dióxido de carbono medidos en los registros de retorno son superiores a los valores de dióxido de carbono medidos en los conductos de retorno, generalmente quiere indicar que existe una fuga del aire de suministro hacia el pleno de retorno o también una entrada de aire exterior a este pleno. (ICV, 2017). esto quiere decir que por una parte, una fuga de aire exterior puede implicar la existencia de problemas de temperatura y/o de humedad. Por otra parte, una fuga de aire exterior o de suministro significa un coste energético mayor, aunque se esté proporcionando una ventilación adecuada a los ocupantes.

Si la concentración de dióxido de carbono en la toma de aire exterior del sistema de ventilación es significativamente inferior a la que se suministra por las rejillas de distribución, habrá que cuestionarse la eficiencia de las unidades de tratamiento de aire para tomar aire del exterior y distribuirlo a las áreas ocupadas (ICV, 2017). Midiendo el caudal en la toma de aire exterior y comparándolo con la cantidad de aire que llega a los registros de suministro (por ej. utilizando el método del porcentaje de aire exterior), se puede determinar si el valor de concentración más elevado en el suministro se corresponde con la mezcla diseñada de aire de retorno y aire exterior.

3.3.1.2 Niveles de polvo

Las neumoconiosis (enfermedades por exposición a polvos) han sido consideradas como profesionales. Hoy en día representan la quinta parte del total de enfermedades profesionales reconocidas en España.

Se producen muchos otros casos de enfermedades respiratorias (asma, bronquitis crónica, enfisema pulmonar) en las que la exposición laboral a polvo juega un papel importante y, sin embargo, se consideran enfermedades comunes. (Berenguer, 2015)

Según el tipo de partículas, los efectos sobre la salud pueden ser más o menos graves. No obstante, no hay polvos inocuos; cualquier exposición a polvo supone un riesgo. En general, el polvo provoca irritación de las vías respiratorias y, tras exposiciones repetidas, puede dar lugar a bronquitis crónica (ICV, 2017). Otros tipos de polvo provocan enfermedades específicas (amianto, sílice, plomo). Hay tipos de polvo que, además, pueden ser explosivos en ambientes confinados (carbón, caucho, aluminio).

Para conocer el tipo de polvo, a veces, es suficiente con saber la composición del material que lo origina. Otras veces, hay que recurrir al análisis químico de muestras de aire.

Las partículas más pequeñas son las más peligrosas: permanecen más tiempo en el aire y pueden penetrar hasta los lugares más profundos de los bronquios (ICV, 2017). El mayor riesgo está, pues, en el polvo que no se ve. Por esto suele medirse no el total de polvo atmosférico, sino sólo el llamado «polvo respirable». El «polvo respirable» es la fracción de polvo que puede penetrar hasta los alvéolos pulmonares.

Tabla 3. *Partículas de polvo*, 2019.

Tamaño de las partículas	Capacidad de penetración pulmonar
> 50 micras	No pueden inhalarse
10-50 micras	Retención en nariz y garganta
< 5 micras	Penetran hasta el alveolo pulmonar

Algunos problemas pueden identificarse sin necesidad de mediciones: nubes visibles de polvo, escapes de polvo de máquinas o instalaciones, Por lo que se tiene que la forma de saber con exactitud cuánto hay es pesar el polvo recogido en una muestra de aire mediante filtros apropiados. Se separa la fracción respirable y se mide su masa (en mg/m3) por un método denominado gravimetría. La toma de muestras puede hacerse por medio de muestreadores personales (la persona lleva consigo el aparato) o mediante muestreo estacionario (aparato fijo en un punto).

Entre los efectos nocivos del polvo hay que tener en cuenta:

Efectos respiratorios

- Neumoconiosis: silicosis, asbestosis, neumoconiosis de los mineros del carbón, siderosis, aluminosis, beriliosis, etc.
- Cáncer pulmonar: polvo conteniendo arsénico, cromatos, níquel, amianto, partículas radiactivas, etc.
- Cáncer nasal: polvo de madera en la fabricación de muebles y polvo de cuero en industrias de calzado.
- Irritación respiratoria: traqueítis, bronquitis, neumonitis, enfisema y edema pulmonar.
- Alergia: asma profesional y alveolitis alérgica extrínseca (polvos vegetales y ciertos metales).
- Bisinosis: enfermedad pulmonar por polvos de algodón, lino o cáñamo.
- Infección respiratoria: polvos conteniendo hongos, virus o bacterias.

Efectos generales

• Intoxicación: el manganeso, plomo o cadmio pueden pasar a sangre una vez inhalados como partículas.

Otros efectos

- Lesiones de piel: irritación cutánea y dermatosis (berilio, arsénico, ácido crómico, plásticos, etc.).
- Conjuntivitis: contacto con ciertos polvos.
- Riesgo de explosión: las materias orgánicas y metales sólidos pulverulentos, dispersados en el aire en forma de nube, pueden arder con violencia explosiva. Tal es el caso de fábricas de harina, azúcar, piensos, pulido de metales, etc.

En general, se considera que ninguna persona debe estar expuesta a polvo (conjunto de partículas insolubles en agua que no contienen amianto y su concentración en sílice cristalina

es menor del 1%) en concentraciones superiores a 10 mg/m3 de polvo total (polvo total = conjunto de partículas que se inspiran de todo el conjunto de materias en suspensión presentes en el aire) o a 3 mg/m3 de fracción respirable (fracción respirable = parte del polvo total que llega hasta los alvéolos pulmonares) (ICV, 2017).

3.3.1.3 Niveles de temperatura y humedad

El efecto de la temperatura por todos conocido, y las condiciones pueden desde 20°C a 28°C, según las circunstancias. La influencia del contenido de humedad en el aire es menos conocida, por lo que frecuentemente no se le concede la importancia que tiene, tanto si es demasiado alta, como demasiado baja:

- Afecta a salud de las vías respiratorias.
- Puede provocar el crecimiento de colonias bacterianas si es alta.
- Aumenta el efecto de la electricidad estática si es demasiado baja, provocando dolor de cabeza, etc.

En las Normas sobre las Condiciones de Diseño en los espacios climatizados, se indica el rango de valores requerido, como se muestra en la tabla 4:

Tabla 4. Condiciones de temperatura y humedad en ambientes cerrados, 2019.

Estación	Temperatura operativa	Humedad relativa
Verano	23° – 25°	45 – 60
Invierno	21° - 23°	40 – 50

Información adaptada de la investigación directa. Elaborado por Villalva Diego.

Como se observa en la tabla 4 debido a los cambios climáticos las habitaciones de los pacientes deben adecuarse a ciertas temperaturas dependiendo de la estación del año que esté presente. En los Hospitales coexisten espacios para muchos usos distintos, con diversas necesidades y distintas condiciones de diseño. En casos tales como Consultas, Salas de Espera, Vestíbulos, Zonas de Administración, e incluso en las Áreas de Hospitalización, las necesidades no son muy diferentes de lo que pueda requerirse en edificios del Sector Terciario (oficinas, locales de espectáculos, hoteles, etc.), aunque sí pueden darse requerimientos especiales, por darse ocupación permanente en el tiempo.

Tabla 5. Temperatura por áreas en hospitales, 2019

Área del hospital Rango de temperatura		Rango de humedad
Quirófanos	22 – 26	
Partos		
Medicina intensiva		
Cuidados especiales		45 550/
Infecciosos		45 – 55%
Prematuros	24 – 26	
Recién nacidos		
Hospitalización		
Quemados		30%
Fisioterapia	A definir	65%

Información adaptada de la investigación directa. Elaborado por Villalva Diego.

3.3.2 Método deductivo

El método deductivo es una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de premisas o principios. (Significado de, 2018). En este sentido, es un proceso de pensamiento que va de lo general (leyes o principios) a lo particular (fenómenos o hechos concretos). Según el método deductivo, la conclusión se halla dentro de las propias premisas referidas o, dicho de otro modo, la conclusión es consecuencia de estas.

Lu ego de realizar el análisis descriptivo sobre los niveles que de CO2 que pueden afectar a la salud se tiene que el dispositivo de mediciones de condiciones ambientales debe tener un sensor que mida los niveles de co2 presentes en la habitación para poder dar la ventilación adecuada.

3.4 Población y muestra

Para analizar la aceptación que tendría la fabricación del dispositivo que genere alertas sobre los niveles de contaminación dentro de una habitación compartida se ha seleccionado como población a personal de hospitales que tienen vínculo directo o conocimiento sobre la forma en la que se realiza la limpieza de las habitaciones en sus lugares de trabajo.

Los cuales puedan brindar más información sobre el control de las condiciones ambientales en habitaciones compartidas.

En los estudios cualitativos casi siempre se emplean muestras pequeñas no aleatorias, lo cual no significa que los investigadores naturalistas no se interesen por la calidad de sus muestras, sino que aplican criterios distintos para seleccionar a los participantes.

Debido a que esta investigación tiene enfoque cualitativo se decidió hacer un muestreo no probabilístico por medio del muestreo

3.5 Técnicas e instrumentos

Las técnicas para la obtención de datos son procedimientos o actividades con las que el investigador logra obtener los datos que necesita para tener una respuesta a la problemática de su trabajo investigativo.

3.5.1 Entrevista

Para la presente investigación se realizó una entrevista al personal de un hospital, entre los que se tiene enfermeros y enfermeras y auxiliares de enfermería; debido a que estos tienen contactos directo y constante con el paciente; el cuestionario se muestra a continuación:

1) ¿Trabaja usted en un hospital, clínica, otro?

- Auxiliar de enfermería 1: Si
- Auxiliar de enfermería 2: Si
- Enfermera: Si
- Enfermero: Si

2) ¿Qué cargo desempeña?

- Auxiliar de enfermería
- Auxiliar de enfermería
- Enfermera
- Enfermero

3) ¿Sabe usted como se realiza la limpieza de las habitaciones, describa?

 Auxiliar de enfermería 1: Si, hay 2 métodos la desinfección concurrente la cual la realiza solo el auxiliar de enfermería a los utensilios del paciente y la desinfección terminal la cual se realiza cuando el paciente deja la habitación y se la realiza en conjunto con el personal de limpieza.

- Auxiliar de enfermería 2: Si, la limpieza concurrente y terminal.
- Enfermera: Limpieza concurrente y terminal.
- Enfermero: Limpieza concurrente y terminal.

4) ¿Con que frecuencia se debe hacer la limpieza?

- Auxiliar de enfermería 1: Diariamente.
- Auxiliar de enfermería 2: A diario.
- Enfermera: A diario.
- Enfermero: Todos los días.

5) ¿La limpieza es igual en las habitaciones personales y en las compartidas?

- Auxiliar de enfermería 1: La desinfección concurrente es igual en ambas habitaciones.
- Auxiliar de enfermería 2: Todas las habitaciones deben ser aseadas de la misma forma.
- Enfermera: Las habitaciones son limpiadas de la misma forma.
- Enfermero: No se hace distinción sobre el tipo de habitación y se las limpia por igual.

6) ¿Se realiza ventilación en las habitaciones, con qué frecuencia?

- Auxiliar de enfermería 1: La ventilación dependerá de los recursos del lugar, ya que puede ser realizada por el uso de a/c y/o ventanas
- Auxiliar de enfermería 2: Por a/c.
- Enfermera: Por a/c
- Enfermero: Se lo realiza por a/c y ventanas o puertas.

7) ¿Cómo sabe en qué momento se debe ventilar la habitación?

- Auxiliar de enfermería 1: La ventilación debe estar presente todo el momento.
- Auxiliar de enfermería 2: La ventilación no debe faltar.
- Enfermera: Es realizada frecuentemente.
- Enfermero: Siempre se debe estar ventilando la habitación.

8) ¿Se realiza control de polvo en las habitaciones?

- Auxiliar de enfermería 1: Debido a que la limpieza es diaria no se tiene control sobre esto.
- Auxiliar de enfermería 2: No se hace control de esto.
- Enfermera: Solo con la limpieza diaria.
- Enfermero: Solo observando y la limpieza diaria.

9) ¿Qué tan perjudicial es la existencia del polvo para los pacientes?

- Auxiliar de enfermería 1: Podría afectar a las vías respiratorias del paciente.
- Auxiliar de enfermería 2: Siempre son complicaciones con las vías respiratorias.
- Enfermera: Afecta a las vías respiratorias.
- Enfermero: El paciente podría contraer infecciones en las vías respiratorias.

10) ¿Cómo saben en qué momento el polvo tiene altos niveles y la habitación debe ser aseada?

- Auxiliar de enfermería 1: Normalmente es ignorado.
- Auxiliar de enfermería 2: No hay una forma exacta de medirlo.
- Enfermera: No se hace medición de esto.
- Enfermero: No se realiza nada al respecto más que la limpieza estipulada.

11) ¿Se pueden concentrar altos niveles de CO2 en una habitación y así afectar al paciente?

- Auxiliar de enfermería 1: Si, afectan al paciente con fatiga y dolores de cabeza.
- Auxiliar de enfermería 2: Si.
- Enfermera: Fatiga y dolor de cabeza.
- Enfermero: Fatiga y dolor de cabeza.

12) ¿Cómo saben cuándo sucede esto?

- Auxiliar de enfermería 1: Es ignorado.
- Auxiliar de enfermería 2: No hay forma de medirlo.
- Enfermera: No se hace medición de esto.
- Enfermero: No se lo mide.

13) ¿Cree usted que un medidor de calidad ambiental dentro de la habitación seria de utilidad para controlar esto?

- Auxiliar de enfermería 1: Si.
- Auxiliar de enfermería 2: Si, así se tendría más control.
- Enfermera: Si.
- Enfermero: Si.

3.6 Resultados generales de la entrevista

No hay estadísticas exactas que indiquen que tanto puede afectar la falta de limpieza en las habitaciones de los pacientes sobre su salud y pronta recuperación. Los empleados de lugares donde se ofrezca el servicio de la salud se mostraron un poco reacios a brindar la información que se requería para la entrevista, debido a que se deben solicitar permisos para poder decir cosas al respecto.

Los entrevistados supieron indicar que el único método en el que se basan para hacer la limpieza es la observación y el horario en el que esa estipulado hacer la limpieza, lo cual no garantiza que la habitación este limpia de la forma adecuada.

De la investigación descriptiva y la observación se concluyó que es de suma importancia controlar los niveles de CO2 que se encuentran en la habitación y esto generalmente se da por la falta de ventilación y acumulación de gases.

Existe un rango de temperatura para cada tipo de lugar dentro del hospital y para cada estación del año, con el fin de evitar la propagación de virus.

Las partículas de polvo pueden convertirse en un gran problema ya que pueden provocar desde una alergia hasta neumonía, lo cual podría llevar al deceso del paciente.

El dispositivo debería tener sensores de gases, polvo, temperatura y humedad debido a que son los elementos que con más frecuencia pueden afectar al paciente y su recuperación.

Los entrevistados coincidieron en que si seria de utilidad un dispositivo como el que se está proponiendo debido a que reducirían los niveles de infecciones intrahospitalarias.

3.7 Selección de componentes

3.7.1 Comparación de sensores de gases

Tabla 6. *Listado de sensores MQ*, 2019.

Modelo	Sustancias detectadas	Calentador
MQ-2	Metano, butano, GLP, humo	5V
MQ-3	Alcohol, etanol, humo	5V
MQ-303A	Alcohol, etanol, humo	0.9V
MQ-4	Metano, gas natural comprimido (GNP)	5V
MQ-5	Gas natural, GLP	5V
MQ-6	Butano, GLP	5V

MQ-306A	Butano, GLP	0.9V
MQ-7	Monóxido de carbono	Alternado 5V y 1.4V
MQ-307A	Monóxido de carbono	Alternado 0.2V y 0.9V
MQ-8	Hidrógeno	5V
MQ-9	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 5V y 1.5V
MQ-309A	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 5V y 1.5V
MQ-131	Ozono	6V
MQ-135	Benceno, alcohol, humo, calidad del aire	5V
MQ136	Ácido sulfhídrico	5V
MQ-137	Amoniaco	5V
MQ-138	Benceno, tolueno, alcohol, acetona, propano, formaldeido, hidrogeno	5V
MQ-214	Metano, gas natural	5V
MQ-216	Gas natural, gas carbón	6V
MG-811	Dióxido de carbono	6V



Figura 13. Sensor MQ135, 2019. Información tomada de Amazon. Elaborado por el autor.

Según la investigación realizada, uno de los componentes que se acumula con más facilidad dentro de las habitaciones de hospitales es el CO2, dentro de la familia de los sensores MQ la mejor opción que se tiene es el MQ135, debido a que es necesario no solo mide la calidad del aire en un aspecto general, lo que incluye el CO2 además, percibe si la existencia de humo por lo que el dispositivo debería tener el sensor antes mencionado.

3.7.2 Comparación de sensores de temperatura y humedad

Tabla 7. Diferencias entre los sensores DHT11 y DHT22, 2019.

Parámetro DHT11 DHT22				
1 at affect 0	DIIII	DH122		
Alimentación	$3Vdc \le Vcc \le 5Vdc$	$3.3 \text{Vdc} \le \text{Vcc} \le 6 \text{Vdc}$		
Señal de salida	Digital	Digital		
Rango de medida de temperatura	De 0 a 50 °C	De -40 a 80 °C		
Precisión temperatura	± 2 °C	<± 0.5 °C		
Resolución temperatura	0.1 °C	0.1 °C		
Rango de medida de humedad	De 20% a 90% RH	De 0 a 100%RH		
Precisión de humedad	4% RH	2% RH		
Resolución de humedad	1% RH	0.1% RH		
Tiempo de censado	1s	2s		
Tamaño	12 x 15.5 x 5.5 mm	14 x 18 x 5.5 mm		

Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por Villalva Diego.

Otro de los componentes que debe ser controlado dentro de la habitación del paciente es la temperatura por lo que es necesario implementar en el sistema un sensor de este tipo, debido a que se debe medir los niveles de temperatura y humedad se buscar sensores con esta característica, por lo que la mejor opción son los sensores DHT11 y DHT22 ya que dentro tienen la cualidad de hacer las mediciones.

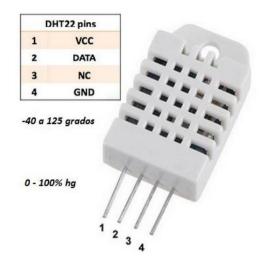


Figura 14. Sensor DHT22, 2019. Información tomada de Amazon. Elaborado por el autor.

Entre estos dos sensores existen cualidades similares, pero uno tiene más precisión de medición que otro y un margen mucho menor de error, debido a que se necesita datos los más exactos posibles la mejor opción es el DTH22 que es el que se visualiza en la figura 14.

3.7.3 Comparación de sensores de polvo

Tabla 8. Diferencias entre sensores de polvo, 2019.

Parámetros	SDS011	DSM501	GP2Y1010AU0F	
Sensibilidad	0.3 mg/m3	0.1 mg/m3	0.1 mg/m3	
Voltaje de salida	5 V	5 V	5 V	
Potencia	0.5 V	0.5 V	0.5 V	
Consumo de energía	100 mA	90 mA	11 mA (máx. 20 mA)	
Dimensiones	71 x 70 x 23 mm	59 x 45 x 20 mm	46 x 30 x 17.6 mm	
Peso	25g	25g	16g	

Detección de concentración	0.0-999.9μg / m3	0 a 1.4 μg/M3	$0 - 600 \ \mu g/M3$
Temperatura de operación	-20 a 50 °C	-20 a 80 °C	-20 a 80 °C
Tiempo de estabilización	1 minuto después de encendido	1 minuto después de encendido	1 minuto después de encendido

Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por Villalva Diego.

Como se observa en la tabla 8, los 3 sensores comparados tiene un funcionamiento muy parecido, pero hay uno que posee características en las que destaca como el tamaño de las partículas que analiza y el voltaje y corriente con el que trabaja; por lo que se recomienda que el dispositivo sea desarrollado con un sensor GP2Y1010AU0F.



Figura 15. Sensor óptico gp2y1010au0f, 2019. Información tomada de Amazon. Elaborado por Villalva Diego.

El GP2Y1010AU0F de Sharp es un sensor óptico de calidad del aire, diseñado para detectar partículas de polvo. Un diodo emisor de infrarrojos y un fototransistor están dispuestos en diagonal en este dispositivo, para permitirle detectar la luz reflejada del polvo en el aire. Es especialmente efectivo en la detección de partículas muy finas como el humo del cigarrillo, y se usa comúnmente en sistemas de purificación de aire.

El sensor tiene un consumo de corriente muy bajo (20~mA máx., 11~mA típico) y puede alimentarse con hasta 7 V CC. La salida del sensor es un voltaje analógico proporcional a la densidad de polvo medida, con una sensibilidad de 0.5V/0.1mg/m 3 .

Para interactuar con el sensor, debe conectarse a su conector de paso de 6 pines y 1,5 mm; Tenemos un conector de acoplamiento para esto.

Metodología 37

Tabla 9. Diferencias entre Arduino mega, uno, nano y pro, 2019.

Característica	Arduino Uno	Arduino Mega	Arduino Nano	Arduino Pro
Microcontrolador	ATmega328V	ATmega256	ATmega168 – ATmega328	ATmega328V
Voltaje de operación	5V	5 V	5V	5V
Voltaje de entrada	6-20V	6-20V	6-20V	6-20V
Pines digitales de E/S	14 (6 PWM)	54 (15PWM)	14 (6 PWM)	14 (6 PWM)
Pines analógicos	6	16	8	6
Memoria	32Kb	256Kb	16Kb	32Kb
SRAM	2Kb	8Kb	1Kb	2 Kb
EEPROM	1Kb	4Kb	512 Bytes	1Kb
Reloj	16MHz	16MHz	16MHz	16MHz

La idea de usar Arduino para el sistema es debido a las facilidades que ofrece la placa como el lenguaje de programación, costo y facilidades de adquisición.

En la tabla 9 se muestra información sobre las características de las principales placas Arduino que podrían ser utilizados para el sistema; de los cuales debido a la cantidad de pines que se necesitan, memoria y velocidad de procesamiento se recomienda usar el Arduino mega, ya que tiene lo necesario para el sistema.



Figura 16. Arduino Mega, 2019. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el Villalva Diego.

Capitulo IV

Desarrollo de la propuesta

4.1 Introducción

En la actualidad sobre lo que respecta a la calidad del aire en las habitaciones de pacientes no se toman las medidas adecuadas para evitar que los pacientes adquieran complicaciones como las infecciones intrahospitalarias más que las que respectan a la limpieza de la habitación según el reglamento de cada hospital.

Debido a eso se ha ideado un sistema que permita tomar muestras de la calidad del aire para la toma de decisiones adecuada y evitar se susciten problemas para la pronta alta de los pacientes.

4.2 Diseño

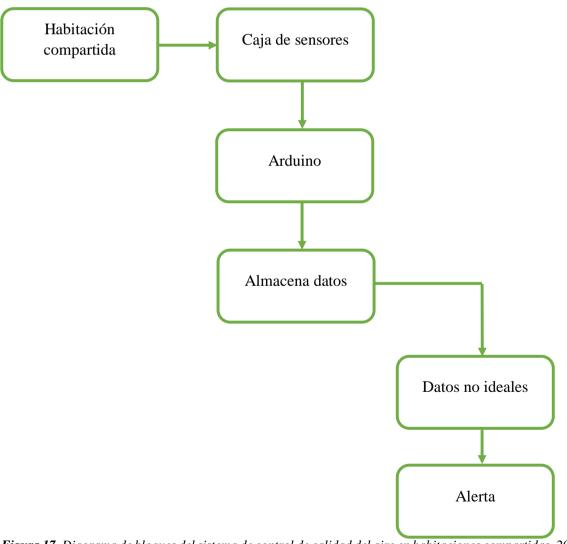


Figura 17. Diagrama de bloques del sistema de control de calidad del aire en habitaciones compartidas, 2019. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Villalva Diego.

En la figura 15 se observa el diagrama de bloques del funcionamiento del sistema propuesto, en el que se indica que en la habitación compartida que tiene le espacio a analizar se encuentra la caja de sensores envía los datos al Arduino y que a su vez el Arduino los almacena en el data logger y que en caso de que los parámetros analizados no sean los ideales se genere una alerta para realizar la toma de decisiones y mejorar la situación que se encuentre dentro de la habitación.

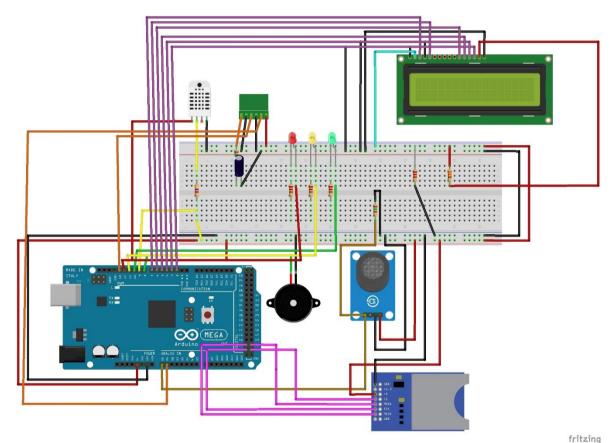


Figura 18. Diseño en protoboard del dispositivo para análisis de la calidad del aire en habitaciones compartidas, 2019. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Villalva Diego.

Como se observa en la figura 18 de izquierda a derecha, debido a que el dispositivo propuesto es portátil recibe alimentación por medio de un batería de 9 voltios que esta conectad al Arduino el mismo que a su vez tiene conectado un data logger para hacer el respectivo almacenamiento de la toma de datos; luego se tiene el sensor de polvo de Sharp GP2Y1010AU0F que para conectarlo se debe agregar una resistencia de 150ohms y un condensador de 220Uf, como se mencionó anteriormente este sensor es ideal para sistemas purificadores de aire. Luego se tiene el sensor DHT22 que tiene una resistencia de 1K de protección y un piezo eléctrico que está conectado a un pin digital y a un pin de tierra; luego se encuentra el sensor MQ135 debido que es ideal para medir las condiciones del aire y

medir los niveles de CO2 que está conectado a un pin analógico para enviar la señal y a un pin positivo y negativo del Arduino; por último se encuentra una pantalla LCD que servirá para visualizar los datos que se están tomando en caso que se necesite.

En esta investigación se muestra también las pistas que se deberían hacer al realizar el revelado de placas, lo cual se muestra en la figura 19 a continuación.

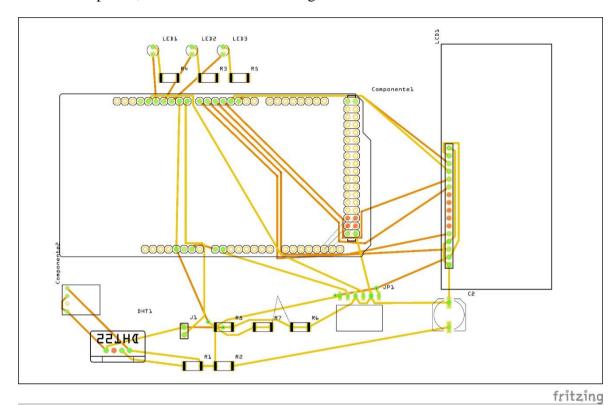


Figura 19. Diseño de las pistas para el revelado de la placa, 2019. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Villalva Diego.

4.3 Funcionamiento

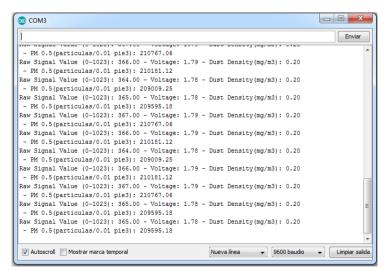


Figura 20. Mediciones del sensor del polvo, 2019. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Villalva Diego.

En la figura 20 se muestra el texto que muestreo que está realizando el sensor en el que indica el valor de la medición en bruto, el voltaje con el que está trabajando y la densidad de la partícula de polvo; por ultimo indica la cantidad partículas que se encuentran en el aire por metro cúbico.

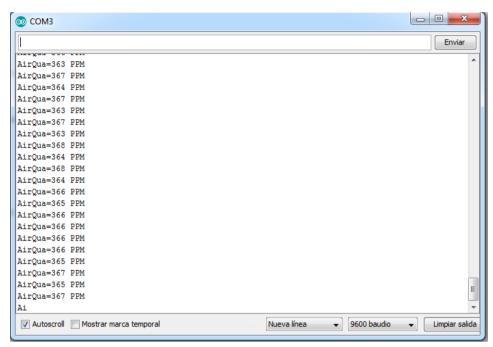


Figura 21. Mediciones del sensor MQ135, 2019. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Villalva Diego.

En la figura 21 se muestra la forma en la que el sensor Mq135 realiza la toma de datos, indicando la cantidad de partículas por moléculas que hay en la muestra tomada.

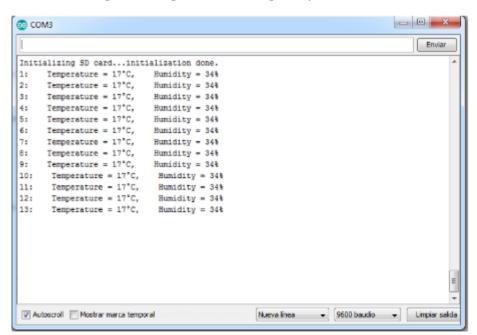


Figura 22. Mediciones del sensor DHT22, 2019. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Villalva Diego.

En la 19 se muestra la forma en la que el Arduino hace la toma de muestras para indicar los niveles de temperatura y humedad que se van actualizando conforme pase el tiempo al igual que todas las medidas anteriores con un retraso de 1000 milisegundos.

4.4 Presupuesto

Tabla 10. Diferencias entre placas Arduino, 2019.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Valor
Arduino	1	15\$	20\$
Data Logger	1	8\$	8\$
Memoria SD	1	15\$	15\$
Condensador	1	0.20\$	0.20\$
Resistencia	2	0.10\$	0.20\$
Sensor MQ135	1	5\$	5\$
Sensor DHT22	1	7\$	7\$
Pantalla LCD	1	5\$	5\$
Buzzer	1	0.50\$	0.50\$
Sensor de polvo	1	15\$	15\$
Batería	1	1	1\$
		Total	75.90\$

Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por Villalva Diego.

En la tabla 10 se muestra un presupuesto estimado de lo que se debería invertir en caso de desarrollar uno de estos dispositivos se requeriría gastar un total de 71.90\$ con todos los materiales para el respetivo armado desde el microcontrolador hasta la batería que lo alimenta.

4.5 Programación

```
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <DHT11.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
DHT11 dht11(6);
int measurePin = 0;
int ledPower = 12;
int sampling Time = 280;
int deltaTime = 40;
int sleepTime = 9680;
float voMeasured = 0;
float calcVoltage = 0;
float dustDensity = 0;
float pm05=0;
const int chipSelect = 10;
const int MQ_{PIN} = 2;
void setup(){
 lcd.begin(16, 2);
 lcd.home();
 lcd.setCursor ( 0, 1 );
 Serial.begin(9600);
 pinMode(ledPower,OUTPUT);
 Serial.begin(9600);
 pinMode(5, OUTPUT) ;
 pinMode(7, OUTPUT);
 pinMode(6, INPUT_PULLUP);
```

```
digitalWrite(7, HIGH);
 digitalWrite(5, LOW);
 delay (500);
}
void loop(){
 bool state= digitalRead(MQ_PIN);
 if (!state)
 {Serial.println("Deteccion");
 else
 {Serial.println("No detectado");
digitalWrite(ledPower,LOW);
delayMicroseconds(samplingTime);
voMeasured = analogRead(measurePin);
delayMicroseconds(deltaTime);
digitalWrite(ledPower,HIGH);
delayMicroseconds(sleepTime);
calcVoltage = 5*voMeasured/1024;
dustDensity = 0.17 * calcVoltage - 0.1;
pm05=(calcVoltage-0.0356)*120000;
now = RTC.now();
logfile.print(now.unixtime()); // seconds since 1/1/1970
logfile.print(", ");
logfile.print(count);
logfile.print(", ");
logfile.print(temp);
```

```
logfile.print(", ");
       logfile.println(hum);
       if (count++>64) // Este número controla cada cuantas lecturas escribimos
          logfile.flush(); // Para forzar la escritura en la SD
           count = 0;
         }
       Serial.print("Raw Signal Value (0-1023): ");
       Serial.print(voMeasured);
       Serial.print(" - Voltage: ");
       Serial.print(calcVoltage);
       Serial.print(" - Dust Density(mg/m3): ");
       Serial.println(dustDensity);
       Serial.print(" - PM 0.5(particulas/0.01 pie3): ");
       Serial.println(pm05);
       delay(1000);
}
```

4.6 Conclusiones

Debido a la forma en la que se desarrolló el dispositivo se pueden adaptar nuevos sensores por lo que el campo de uso puede ser extendido, por ejemplo al ámbito industrial, ya que los usados en este campo son costosos.

Con este dispositivo se pueden conocer las condiciones reales de la calidad ambiental que se encuentra en las habitaciones compartidas de hospitales.

El uso de este tipo de dispositivos sería muy conveniente para otros usuarios de diferentes estaciones de hospitales y no solo para los que usan habitaciones compartidas incluso podría ser utilizado en los hogares debido a que la acumulación de partículas que afectan la salud se da en diferentes lugares.

La forma en la que se presenta el dispositivo permite ser usado en otros fines como el control de calidad ambiental en viveros, jardineras, oficinas, etc.; lugares cerrados que son propensos a la acumulación de partículas perjudiciales para la salud.

4.7 Recomendaciones

Dar mantenimiento continuamente los sensores aprovechando el momento en el que se realice la descarga de la información.

Analizar la habitación para ubicar correctamente la caja de sensores para hacer una buena toma de muestras.

Se recomienda realizar un estudio sobre sensores que sean más precisos lo cual implicaría el cambio o mejora del microcontrolador, para tener un procesador de mejor resolución.

Se recomienda realizar un estudio para analizar el medio adecuado para la transición de datos ya sea por el uso de ethernet o de redes inalámbricas.

Desarrollar un sistema de back up de energía que permita al dispositivo seguir almacenando información en caso de pérdida de energía eléctrica para que no deje de recopilar datos.

Desarrollar una aplicación que permita descargar la data en caso de que no haya acceso a una base de datos.

Desarrollar una aplicación que alerte a la persona a cargo de la adecuación de habitaciones para que haga la toma de decisiones respectiva.

ANEXOS

Anexo 1

Modelo de entrevista

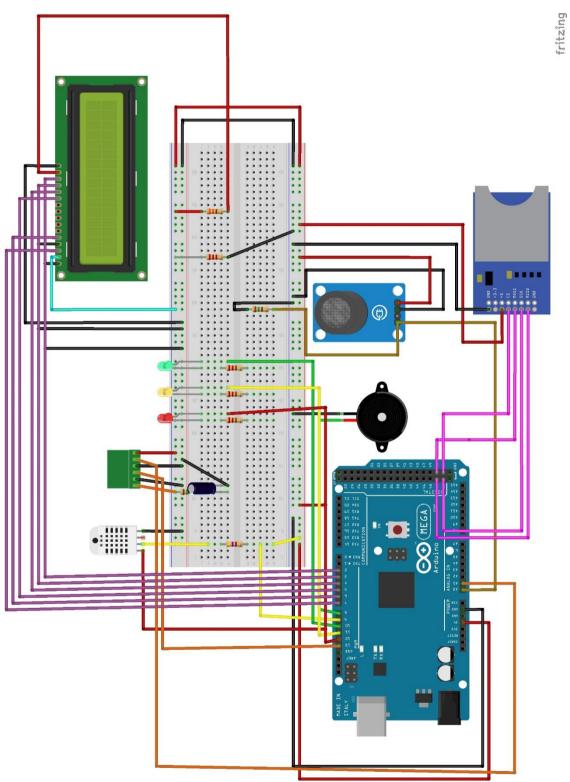
Universidad de Guayaquil Facultad de Ingeniería Industrial Carrera de Ingeniería en Teleinformática

La encuesta a continuación tiene fines educativos respecto al Trabajo de Titulación, ANÁLISIS PARA EL DESARROLLO DE UN MEDIDOR DE CONDICIONES AMBIENTALES EN HABITACIONES COMPARTIDAS; por lo tanto, se agradece la atención prestada a la misma y se pide que sea respondida con mucha sinceridad.

- 1. ¿Trabaja usted en un hospital, clínica, etc., especifique?
- 2. ¿Qué cargo desempeña?
- 3. ¿Sabe usted como se realiza la limpieza de las habitaciones, describa?
- 4. ¿Con qué frecuencia se debe limpiar una habitación?
- 5. ¿Qué factores ambientales influyen directamente en la recuperación del paciente y deben ser controlados, por qué?
- 6. ¿La limpieza es igual en habitaciones compartidas y habitaciones para un solo paciente?
- 7. ¿Se realiza ventilación en las habitaciones, con qué frecuencia?
- 8. ¿Cómo sabe en qué momento se debe ventilar la habitación?
- ¿Se realiza control de polvo en la habitación?
- 10. ¿Qué tan perjudicial es la existencia de mucho polvo para los pacientes?
- 11. ¿Cómo saben en qué momento el polvo tiene altos niveles y la habitación debe ser limpiada?
- 12. ¿Se pueden concentrar altos niveles de co2 en una habitación y así afectar al paciente?
- 13. ¿Cómo saben cuándo sucede esto?
- 14. ¿Cree usted que un medidor de calidad ambiental dentro de la habitación sería de utilidad para controlar esto?

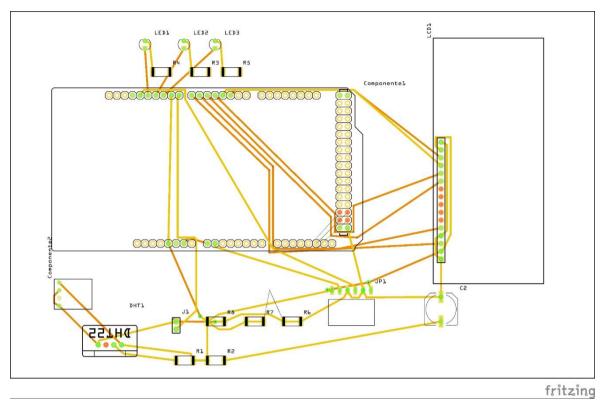
Anexo 2

Diseño del dispositivo



Anexo 3

Diseño PCB del dispositivo



Anexo 4

Programación

```
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <DHT11.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
DHT11 dht11(6);
int measurePin = 0;
int ledPower = 12;
int samplingTime = 280;
int deltaTime = 40;
int sleepTime = 9680;
float voMeasured = 0;
float calcVoltage = 0;
float dustDensity = 0;
float pm05=0;
const int chipSelect = 10;
const int MQ PIN = 2;
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.home();
  lcd.setCursor ( 0, 1 );
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPower, OUTPUT);
 Serial.begin(9600);
 pinMode(ledPower, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
 pinMode (5, OUTPUT) ;
 pinMode (7, OUTPUT) ;
 pinMode (6, INPUT PULLUP) ;
 digitalWrite(7, HIGH);
 digitalWrite(5, LOW);
 delay (500);
}
```

```
void loop(){
  bool state= digitalRead(MQ PIN);
  if (!state)
  {Serial.println("Deteccion");
  else
  {Serial.println("No detectado");
digitalWrite (ledPower, LOW);
delayMicroseconds(samplingTime);
voMeasured = analogRead(measurePin);
delayMicroseconds (deltaTime);
digitalWrite(ledPower, HIGH);
delayMicroseconds(sleepTime);
calcVoltage = 5*voMeasured/1024;
dustDensity = 0.17 * calcVoltage - 0.1;
pm05=(calcVoltage-0.0356) *120000;
now = RTC.now();
logfile.print(now.unixtime());
logfile.print(", ");
logfile.print(count);
logfile.print(", ");
logfile.print(temp);
logfile.print(", ");
logfile.println(hum);
if ( count++ >64 ) // Este numero controla cada cuantas lecturas escribimos
    logfile.flush(); // Para forzar la escritura en la SD
     count = 0;
  }
Serial.print("Raw Signal Value (0-1023): ");
Serial.print(voMeasured);
Serial.print(" - Voltage: ");
Serial.print(calcVoltage);
Serial.print(" - Dust Density(mg/m3): ");
Serial.println(dustDensity);
Serial.print(" - PM 0.5(particulas/0.01 pie3): ");
Serial.println(pm05);
delay(1000);
```

Bibliografía

- Arzate Gómez, K. (Abril de 2017). Medios electrónicos. Hospital Medica Sierra Cuauhtemoc. http://angelescuauhtemoc.com/wp-content/uploads/2015/05/HIGIENE-CORPORAL-Y-DE-LA-UNIDAD-DEL-PTE.pdf
- Bailey, E. (Marzo de 2012). Medios electrónicos. AARP. https://www.aarp.org/espanol/salud/enfermedades-y-tratamientos/info-03-2012/consejos-pacientes-ante-hospitalizacion.html
- Berenguer, M. J. (Julio de 2015). Medios electrónicos. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España. https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_549.pdf
- Biombos. (2016). Sitio web. Biombos. https://biombos.online/que-es-un-biombo/
- Blink Learning. (Diciembre de 2012). Medios electrónicos. Blink Learning. https://www.blinklearning.com/coursePlayer/clases2.php?idclase=65927740&idcurso=1168400
- Cajal, A. (2016). Sitio web. Lifeder. https://www.lifeder.com/investigacion-de-campo/
- Celec EP. (2013). Sitio web. CELEC EP. https://www.celec.gob.ec/hidropaute/sociedad-y-ambiente/sistema-de-calidad-ambiental.html
- Elicrom. (Julio de 2017). Sitio web. Elicrom. http://elicrom.com/medidor-de-calidad-ambiental-interior-800046/
- Escuela de Enfermeia Gotinga. (Noviembre de 2017). Sitio web. Escuela de Enfermeia Gotinga. http://gotincc.blogspot.com
- Final Test. (Marzo de 2018). Medios electrónicos. Final Test. https://www.finaltest.com.mx/Extech-EN300-p/en300.htm
- Foraster, M. (Octubre de 2017). Artículo de periódico. El País. https://elpais.com/elpais/2017/10/02/ciencia/1506943745_596305.html
- Guerra, D. (Enero de 2018). Medios electrónicos. Fun Larguia. http://www.funlarguia.org.ar/Herramientas/Guia-de-Prevencion-de-Infecciones-Intra-Hospitalarias/Higiene-hospitalaria
- Hildebrandt Gruppe. (Febrero de 2016). Sitio web. Hildebrandt Gruppe. http://www.hildebrandt.cl/que-es-un-medidor-de-datos-ambientales/
- ICV. (Agosto de 2017). Sitio web. ICV. https://www.icv.csic.es/prevencion/Documentos/manuales/polvo.pdf
- Idae. (Marzo de 2010). Medios electrónicos. Idae. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_hos pitales_01_81a4cdee.pdf

- Itemsind. (2015). Sitio web. Itemsind. https://itemsind.com/dev/monitores-de-ambiente/1571-6000918u.html
- Lo Monaco. (Noviembre de 2016). Sitio web. Lo Monaco. https://www.grupolomonaco.com/blog/2018/01/05/la-ventilacion-del-dormitorio-fundamental-para-la-salud/
- Loné, P. (Septiembre de 2016). Medios electrónicos. Comunidad ISM. http://www.comunidadism.es/blogs/%C2%BFque-es-un-indicador-ambiental
- Luis LLamas. (Agosto de 2018). Sitio web. Ingeniería Informática y Diseño. https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/
- Mc Graw Hill. (Enero de 2018). Sitio web. Mheducation. https://www.mheducation.com.mx/homepage
- Medline Plus. (Agosto de 2015). Sitio web. Intramed. https://www.intramed.net/contenidover.asp?contenidoid=87532
- Mena, D., Cervera, Á., González, V., & Salas, P. (Enero de 2016). Artículo científico. Research gate. https://www.researchgate.net/publication/303278502_Cuidados_Basicos_de_Enfermeria
- Naylamp Mechatronics. (Agosto de 2016). Sitio web. Naylamp Mechatronics. https://naylampmechatronics.com/blog/40_Tutorial-sensor-de-temperatura-y-humedad-DHT1.html
- Ok diario. (Junio de 2018). Artículo de diario. Ok diario. https://okdiario.com/curiosidades/que-metodo-descriptivo-2457888
- Park, E. (Agosto de 2017). Medios electrónicos. Fae Editorial. https://www.faeditorial.es/capitulos/uf2-cuidados-auxiliares-basicos.pdf
- Sanfeliciano, A. (Enero de 2018). Sitio web. La mente es maravillosa. https://lamenteesmaravillosa.com/disenos-de-investigacion-enfoque-cualitativo-y-cuantitativo/
- Significado de. (Junio de 2018). Sitio web. Significado de. https://www.significados.com/metodo-deductivo/
- Tena. (Febrero de 2015). Sitio web. Tena. https://www.tena.com.co/cuidadores/aprendiendo-a-cuidar/habitacion-del-paciente/
- Thompson, D. (Agosto de 2015). Medios electrónicos. Healt Day. https://consumer.healthday.com/espanol/caregiving-information-6/hospital-news-393/iquest-cu-aacute-l-es-el-mejor-m-eacute-todo-para-limpiar-las-habitaciones-de-los-hospitales-702221.html
- Torres, R. (Junio de 2019). Sitio web. 65 y más. https://www.65ymas.com/salud/beneficios-recuperarse-habitacion-hospital-compartida_4132_102.html