



Mapeo de la Calidad del aire a nivel paranasal mediante IoT

Ingeniería Eléctrica
Ingeniería Ambiental
Jefatura de Posgrados

Autores

- Ing. Juan Carlos Cobos Torres, PhD.
- Ing. Manuel Salvador Alvarez Vera, PhD.
- Ing. Diego Aquiles Heras Benavides, PhD.
- Ab. Marcela Sánchez Sarmiento, Mgs.
- Ing. Melva Francisca Gonzalez Salamea, Mgs.

Cuenca, 05 de octubre de 2019

N° Proyecto

PICVII19-38



1 TABLA DE CONTENIDOS

1	TABLA DE CONTENIDOS.....	2
2	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	3
3	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y PARTICIPANTES Y BENEFICIARIOS	4
3.1	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO	4
3.2	INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO	5
3.3	ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO	15
3.4	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	15
4	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	16
4.1	RESUMEN DEL PROYECTO.....	16
4.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
4.3	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	17
4.4	PALABRAS CLAVE	17
4.5	HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
4.6	DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	19
4.7	OBJETIVOS	20
4.7.1	GENERAL.....	20
4.7.2	ESPECÍFICOS.....	20
4.8	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
4.9	RESULTADOS ESPERADOS.....	21
4.10	ASPECTOS BIOÉTICOS Y SOCIALES.....	21
5	IMPACTO DEL PROYECTO	21
5.1	IMPACTO LEGAL, SOCIAL, TÉCNICO Y/O ECONÓMICO	21
5.2	IMPACTO AMBIENTAL.....	23
5.3	RIESGOS DEL PROYECTO	24
5.4	PLAN DE SOSTENIBILIDAD.....	24
6	DIFUSIÓN DE RESULTADOS.....	24
6.1	EFFECTOS MULTIPLICADORES	24
6.2	TRANSFERENCIA DE RESULTADOS	25
7	PLANIFICACIÓN Y FINANCIAMIENTO	25
7.1	FACILIDADES DE TRABAJO.....	25
7.2	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (ANEXO I)	25
7.3	PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN FINANCIERA (ANEXO II)	26
8	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS CITADAS	26
9	DECLARACIÓN FINAL	28



2 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

TÍTULO					
<i>Mapeo de la Calidad del aire a nivel paranasal mediante IoT</i>					
TIPO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN					
Investigación Básica <input type="checkbox"/>		Investigación (I+D+I) <input checked="" type="checkbox"/>		Investigación (I+V) <input type="checkbox"/>	
DIRECTOR DEL PROYECTO					
<i>Ing. Juan Carlos Cobos Torres, PhD.</i>					
CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN					
<i>Centro de Investigación de Ingenierías.</i>					
<i>Grupo de Investigación de Robótica, Visión Artificial, Sistemas Inteligentes y Embebidos.</i>					
LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL					
<i>Para información sobre las líneas de investigación dirigirse al enlace Líneas y Ambitos de Investigación Institucionales.</i>					
<i>Ciencias Exactas, naturales y tecnológicas</i>					
CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO					
<i>Consultar el código del campo y de la disciplina según UNESCO en el enlace SKOS</i>					
Campo	Ciencias Tecnológicas	Disciplina	Ingeniería y tecnología del medio ambiente	Subdisciplina	Ingeniería de la contaminación
MODALIDAD DEL PROYECTO					
Proyecto Menor <input type="checkbox"/>		Proyecto Intermedio <input checked="" type="checkbox"/>		Proyecto Interinstitucional <input type="checkbox"/>	
Programa: En caso de que el proyecto sea parte de un programa.			Programa Smart University 2.0		
TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO					
Duración del proyecto en meses			<i>12 meses</i>		
TIPO FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO					
Monto financiamiento UCACUE			<i>\$19.992,96 (diecinueve mil novecientos noventa y dos con noventa y seis centavos)</i>		



Monto otras fuentes de financiamiento	
Monto total del financiamiento proyecto	\$19.992,96 (diecinueve mil novecientos noventa y dos con noventa y seis centavos)

3 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y PARTICIPANTES Y BENEFICIARIOS

3.1 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO

Incluir una tabla por cada institución con las cuales se compartirá la investigación, agregue tantas instituciones como sean necesarias.

En el caso de que la investigación será colaborada o co-ejecutada con una o más instituciones, involucrando aporte monetario, personal científico e infraestructura, se deberá completar los datos de dichas instituciones en la tabla a continuación. Además, deberá incluir una carta de entendimiento entre la Institución Postulante y cada institución co-ejecutora, en la cual se establezca claramente cuál será la naturaleza de la participación y el grado de responsabilidad de cada institución durante la ejecución del proyecto.

Institución Ejecutora Principal:		Universidad Católica de Cuenca		
Dirección:	Ciudad:	Correo electrónico:	Dirección Web:	Teléfonos / Fax:
Av. de las Américas y Humbolt	Cuenca	info@ucacue.edu.ec	https://www.ucacue.edu.ec/	593 (07) 2-830-751 / 2-830-877 / 2-824-365

Institución Co Ejecutora 1:		(Nombre o siglas de la institución)		
Dirección:	Ciudad:	Correo electrónico:	Dirección Web:	Teléfonos / Fax:

Institución Co Ejecutora 1:		(Nombre o siglas de la institución)		
Dirección:	Ciudad:	Correo electrónico:	Dirección Web:	Teléfonos / Fax:



3.2 INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Nota: Debe incluirse al personal tanto de la UCACUE, como de la(s) institución(es) que comparten la investigación. Si es necesario añade una tabla por cada colaborador del equipo científico-técnico del proyecto. No se deben insertar Curriculum Vitae detallados, solamente los campos requeridos.

PERSONAL DEL PROYECTO			
Función en el proyecto	Director del Proyecto		
Nombres y apellidos:	Juan Carlos Cobos Torres		
Cédula de Identidad o Pasaporte:	0103767125	Categoría en el Registro Nacional de Investigadores de la SENESCYT (opcional)	REG-INV-19-03868
Institución a la que pertenece:	Universidad Católica de Cuenca		
Unidad Académica / Facultad	UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN / FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.	Carrera:	INGENIERÍA ELÉCTRICA
Grado académico más alto y/o especialización	Doctor en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática.	Cargo actual:	Docente - Investigador
Teléfonos:	0962635040 o 074041654	Correo Electrónico:	juan.cobos@ucacue.edu.ec
3 proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:			
Nombre proyecto1:	Robótica aplicada a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. RoboCity2030-III-CM (Fase III; S2013 / MIT-2748)		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
Programas de Actividades I+D en la Comunidad de Madrid y cofinanciado por los Fondos Estructurales	740.952,48 Euros	1 de octubre de 2014	1 de octubre de 2018



de la Unión Europea			
Nombre proyecto2:	Strategic Action in Robotics, Computer Vision and Automation 2012/00605/002		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
Universidad Carlos III de Madrid:	30.000 Euros	1 de enero de 2014	31 de diciembre de 2018
Nombre proyecto 3:	OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE RECAUDO EN UNIDADES DE TRANSPORTE URBANO		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
Universidad Católica de Cuenca	35.000 Dolares	7 de agosto de 2018	31 de enero de 2020
3 publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:			
Artículo 1:	Non-contact, simple neonatal monitoring by photoplethysmography		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
Sensors	20-05-2019	https://doi.org/10.3390/s18124362	Q2
Artículo 2:	Measuring heart and breath rates by image photoplethysmography using wavelets technique		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
IEEE Latin America Transactions	18-11-2017	https://doi.org/10.1109/TLA.2017.8071228	Q3
Artículo 3:	Hearing loss and its association with clinical practice at dental university students through mobile APP: a longitudinal study		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
Lecture Notes in Computer Science	Por confirmar	Paper aceptado en TIC.EC 2019	Q2



Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años. 3 de más alto impacto y relevancia:			
Título libro 1:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 2:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 3:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:

Función en el proyecto	Colaborador 1		
Nombres y apellidos:	Manuel Salvador Alvarez Vera.		
Cédula de Identidad o Pasaporte:	0103414322	Categoría en el Registro Nacional de Investigadores de la SENESCYT (opcional)	REG-INV-19-03865
Institución a la que pertenece:	Universidad Católica de Cuenca		
Unidad Académica / Facultad	Ingeniería Industria y Construcción	Carrera:	Ingeniería Ambiental
Grado académico más alto y/o especialización	Doctor en Ingeniería y Ciencias Ambientales	Cargo actual:	Docente
Teléfonos:	0984584131	Correo Electrónico:	malvarezv@ucacue.edu.ec
3 proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:			
Nombre proyecto1:	Tratamiento de residuos del faenamamiento de aves, con aplicación de microorganismos benéficos		



Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
UCACUE	9090,00	20 de septiembre de 2019	20 de septiembre de 2020
Nombre proyecto2:	Caracterización de microorganismos benéficos provenientes de tres pisos altitudinales de Azuay - Ecuador y su influencia en el cultivo de fresa		
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
UNALM-UCACUE	7000,00	Marzo de 2016	Noviembre de 2017
Nombre proyecto 3:			
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
3 publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:			
Artículo 1:	Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (Fragaria sp.)		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
Scientia Agropecuaria	9(1): 2018	10.17268/sci.agropecu.2018.01.04	
Artículo 2:	Potencial de la flora de la provincia del Azuay (Ecuador) como fuente de microorganismos benéficos.		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Scientia Agropecuaria	9(4): 2018	10.17268/sci.agropecu.2018.04.12	
Artículo 3:	Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos.		
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Scientia Agropecuaria	10(3): 2019	10.17268/sci.agropecu.2019.03.05	



Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años. 3 de más alto impacto y relevancia:			
Título libro 1:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 2:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 3:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:

Función en el proyecto	Colaborador 2		
Nombres y apellidos:	Diego Aquiles Heras Benavides.		
Cédula de Identidad o Pasaporte:	0103557518	Categoría en el Registro Nacional de Investigadores de la SENESCYT (opcional)	
Institución a la que pertenece:	Universidad Católica de Cuenca		
Unidad Académica / Facultad	Ingeniería, industria y construcción	Carrera:	Ingeniería Ambiental
Grado académico más alto y/o especialización	Master en Ingeniería computacional y matemática	Cargo actual:	Profesor
Teléfonos:	0995907036	Correo Electrónico:	dherasb@ucacue.edu.ec
3 proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:			
Nombre proyecto1:	Estudio morfométrico de las cuencas hidrográficas en la vertiente del pacifico, caso de estudio jubones		



Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
UCACUE	42000	Marzo 2018	Septiembre 2019
Nombre proyecto2:			
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
Nombre proyecto 3:			
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
3 publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:			
Artículo 1:	Clasificador de imágenes de frutas basado en inteligencia artificial		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
Killkana Técnica	vol1		
Artículo 2:			
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Artículo 3:			
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años. 3 de más alto impacto y relevancia:			
Título libro 1:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 2:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:



Título libro 3:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:

Función en el proyecto	Colaborador 3		
Nombres y apellidos:	Marcela Paz Sánchez Sarmiento.		
Cédula de Identidad o Pasaporte:	0104542410	Categoría en el Registro Nacional de Investigadores de la SENESCYT (opcional)	
Institución a la que pertenece:	Jefatura de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca		
Unidad Académica / Facultad	Unidad Académica de Ciencias Sociales	Carrera:	Derecho
Grado académico más alto y/o especialización	Magister en Derecho Procesal	Cargo actual:	Docente investigadora Jefatura de Posgrados
Teléfonos:	0984120110	Correo Electrónico:	msanchezs@ucacue.edu.ec
3 proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:			
Nombre proyecto1:			
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
Nombre proyecto2:			
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:



Nombre proyecto 3:			
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
3 publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:			
Artículo 1:	El mobbing o acoso laboral en el trabajo: análisis del caso ecuatoriano		
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
Killkana Sociales	1, 1, 2017	https://doi.org/10.26871/killkana_social.v1i1.8	
Artículo 2:			
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Artículo 3:			
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años. 3 de más alto impacto y relevancia:			
Título libro 1:	Límites a la actividad jurisdiccional indígena como garantía del debido proceso dentro de materia penal		
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
EDUNICA	ISBN-978-9942-972-47-7	2016	SI
Título libro 2:	El matrimonio y la unión de hecho de parejas del mismo sexo desde la óptica del principio de razonabilidad		



Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
EDUNICA	ISSN 2528- 8008	2017	SI
Título libro 3:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:

Función en el proyecto	Colaborador 4		
Nombres y apellidos:	Melva Francisca Gonzalez Salamea		
Cédula de Identidad o Pasaporte:	0101858058	Categoría en el Registro Nacional de Investigadores de la SENESCYT (opcional)	
Institución a la que pertenece:	Universidad Católica de Cuenca		
Unidad Académica / Facultad	Ingeniería, Industria y Construcción	Carrera:	Ingeniería Ambiental
Grado académico más alto y/o especialización	Magister en Protección y Remediación Ambiental	Cargo actual:	Docente
Teléfonos:	0987133143	Correo Electrónico:	mgonzalez@ucacue.edu.ec
3 proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:			
Nombre proyecto1:			
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
Nombre proyecto2:			
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:



Nombre proyecto 3:			
Institución:	Monto financiado	Fecha inicio:	Fecha finalización:
3 publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:			
Artículo 1:			
Revista:	Vol, Nro, fecha pub.	DOI:	Cuartil:
Artículo 2:			
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Artículo 3:			
Revista:	Vol, Nro, fecha	DOI:	Cuartil:
Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años. 3 de más alto impacto y relevancia:			
Título libro 1:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 2:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:
Título libro 3:			
Editorial:	ISBN:	Fecha publicación:	Revisión de pares:



3.3 ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Determinar el detalle de estudiantes (cuáles y cuántas) que participarán directamente en las actividades del proyecto. (Añada tantas filas como sea necesario)

Nombres completos	Cédula de Identidad	Correo Electrónico	Función	Unidad Académica / Carrera
José Luis Cueva Zapata	1104400906	jotalcz90@gmail.com	Colaborador 1	Ingeniería Eléctrica.
Carlos Paul Ortiz Alvarez	0302458773	capaoral@gmail.com	Colaborador 2	Ingeniería Eléctrica
Juan Pablo Patiño Ordoñez	0104987821	Juanpablopat90@hotmail.com	Colaborador 3	Ingeniería Eléctrica
Ronaldo Patricio Bermeo Panjon	1400735559	ronaldobermeo578@gmail.com	Colaborador 4	Ingeniería Ambiental
Jessica Elizabeth Villa Criollo	0106830953	jesicavilla4545@hotmail.com	Colaborador 5	Ingeniería Ambiental
Cesar Sánchez Espinoza	0104560073	Cesar.se1996@hotmail.com	Colaborador 6	Derecho
Marcia Veronica Merchán Berrezueta	0107393548	marciamerchanberrezueta@gmail.com	Colaborador 7	Ingeniería Ambiental
Brayan Jose Feijol Agila	0706148400	bryan.feijojil@hotmail.com	Colaborador 8	Ingeniería Ambiental

3.4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Descripción Beneficiarios Directos	Cantidad Estimada
Investigadores vinculados al proyecto	12
Alumnos de la Carrera de Ambiental	15
Alumnos de la Carrera de Eléctrica	10
Alumnos de la Carrera de Derecho	10



Alumnos de la Maestría de Energías Renovables	10
Descripción Beneficiarios Indirectos	Cantidad Estimada
Alumnos de la Carrera de Eléctrica	60
Alumnos de la Carrera de Ambiental	60
Alumnos de la Carrera de Derecho	60
Alumnos de la Maestría de Energías Renovables	30
Municipios	1

4 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

4.1 RESUMEN DEL PROYECTO

En la actualidad es de vital importancia la medición de la calidad de aire, con el fin de poder monitorear y ser consciente de las condiciones atmosféricas dentro de las ciudades. Por esta razón, el presente proyecto de investigación busca fusionar sistemas embebidos, componentes electrónicos e internet para poder cuantificar y evaluar las condiciones del aire a nivel paranasal de las personas. Este proyecto busca entre sus objetivos principales, cuantificar el grado de polución del aire mediante sensores portátiles colocados en personal de la Guardia Ciudadana que tiene rutas definidas con la finalidad de recolectar y registrar datos para su posterior contrastación con los datos existentes de las estaciones meteorológicas de la ciudad de Cuenca, lo cual permitirá visibilizar si las estaciones colocadas a una altura de 10 o más metros de altura, están cuantificando la contaminación del aire que los transeúntes tiene a nivel de la calzada,

4.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en la ciudad de Cuenca cuenta con una red de monitoreo de Calidad de Aire. Esta red está formada por 20 sistemas de vigilancia ubicados en diferentes lugares de la ciudad según el informe de Calidad del Aire Cuenca. La primera, la estación ubicada en la terraza del municipio de Cuenca que mide CO, NO₂, O₃, NO₂ y MP_{2.5}, adicionalmente medidas meteorológicas: precipitación, radiación solar global, velocidad y dirección del viento; temperatura y humedad relativa. Adicionalmente, el sensor ubicado en el Colegio Carlos Arízaga que mide la concentración de MP_{2.5}. Esta es la única estación y sensor que miden de manera automática los factores del aire antes detallados. Los otros 19 sistemas son una red de muestreo manual que miden concentraciones de NO₂, O₃ dos veces por mes cada 12 días aproximadamente y SO₂, benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos una vez al mes. Aunque es una red semiautomática la información presentada se encuentra sesgada por la ubicación y altura a la que se encuentran los sistemas de medición. En cualquier caso, es importante destacar que en los informes de calidad de aire se detalla que el tráfico vehicular es la fuente más importante de emisión. Por lo mismo, no es lo mismo realizar una medición a nivel paranasal donde los ciudadanos están inmersos con las emisiones de gases de los vehículos que realizar mediciones mediante estaciones meteorológicas que se encuentran ubicadas a alturas mayores a 10 metros. En base a lo expuesto se busca diseñar e implementar una subred de medición automática capaz de cuantificar el grado de polución del aire de manera portátil. Los sistemas podrán ser llevados por personal de la Guardia Ciudadana que tiene rutas definidas la finalidad de recolectar y registrar datos para su posterior procesamiento, facilitar el acceso a la información y la toma de decisiones. Para el desarrollo del mismo, se utilizará una gran variedad de sensores y diferentes plataformas de sistemas embebidos conectados a un servidor central mediante Internet. Diferentes



usuarios podrán acceder al servidor mediante una página web y/o una aplicación móvil para conocer los parámetros de la calidad del aire de su región o ciudad. Bajo los conceptos aplicados de IoT, se pretende proporcionar un servicio capaz de generar conciencia en la población sobre la contaminación del aire y facilitar la toma de decisiones a entidades gubernamentales.

4.3 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Contaminación atmosférica

La contaminación del aire es una alteración en los niveles de calidad y pureza del aire debido a emisiones naturales o antropogénicas de sustancias químicas y biológicas (D'Amato et al. 2016), es una mezcla compleja y ubicua de contaminantes que incluye partículas, sustancias químicas y materiales biológicos (Mannucci et al. 2015).

Las condiciones meteorológicas son un factor principal que determinan las variaciones diarias en las concentraciones de contaminantes (He et al. 2017), la urbanización con sus altos niveles de emisiones vehiculares y un estilo de vida occidentalizado están vinculados a la creciente frecuencia de enfermedades alérgicas respiratorias y asma bronquial observadas en las últimas décadas en la mayoría de los países industrializados (D'Amato et al. 2016).

La contaminación por emisiones vehiculares constituye una contribución importante al deterioro de la calidad del aire urbano y representan un riesgo potencial para la salud de los ciudadanos (Cannistraro et al. 2016) en todo el mundo, las diferentes formas de contaminantes son recibidas directamente por los transeúntes en la ciudad, ya que las partículas emitidas por el escape de vehículos y el ozono a nivel del suelo son los tipos más importantes de contaminantes peligrosos (D'Amato et al. 2016) que representan una serie amenaza para su salud.

Fuentes de contaminación atmosférica

La creciente población urbana y el aumento del volumen de tráfico motorizado en las ciudades han resultado en una severa contaminación del aire que afecta el medio ambiente circundante y la salud humana (Gulia et al. 2015). La contaminación ambiental es motivo de preocupación global debido a los efectos directos e indirectos sobre la población a la que afecta su calidad de vida.

Las fuentes de contaminación atmosférica son de origen natural y antrópicas, el desarrollo de las ciudades está directamente relacionado con el incremento vehicular y este con la contaminación. Tiene varias fuentes de emisión diferentes, pero los vehículos de motor y los procesos industriales contribuyen con la mayor parte de la contaminación del aire (Ghorani-Azam, Riahi-Zanjani, and Balali-Mood 2016). El tráfico de automóviles, los procesos industriales y los fenómenos naturales causan una notable contaminación del aire, incluidos los contaminantes gaseosos y de partículas, en los centros urbanos (Cevallos, Díaz, and Sirois 2017).

La contaminación del aire sigue siendo una mezcla compleja de contaminantes antropogénicos y fuentes naturales. Las actividades contaminantes en Cuenca como el tráfico vehicular, las industrias, el consumo de combustibles y el incremento de la población; generan un deterioro de la calidad de aire (EMOV 2015).

Tipo de contaminantes

La contaminación del aire está compuesta de partículas (PM) y contaminantes gaseosos, como el dióxido de nitrógeno y el ozono (Bourdrel et al. 2017), según la Organización Mundial de la Salud, seis contaminantes atmosféricos principales incluyen contaminación de partículas, ozono a nivel del suelo, monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y plomo (Ghorani-Azam, Riahi-Zanjani, and Balali-Mood 2016), el PM y el ozono representan las amenazas a la salud más extendidas para la enfermedad cardiopulmonar (Kurt, Zhang, and Pinkerton 2016).

El PM se clasifica según su tamaño en partículas gruesas (PM 10), partículas finas (PM 2.5) y partículas ultrafinas (Bourdrel et al. 2017).

Efectos de la contaminación atmosférica



En general, los contaminantes del aire tienen un amplio potencial para producir daños sobre la salud humana, esto depende del tipo de contaminante, sus propiedades físicas y químicas, así como el tiempo de exposición y concentración. Lo que aumenta la vulnerabilidad de las personas que se exponen a este tipo de contaminantes del aire, que pueden producir diversas condiciones médicas, así como defunciones prematuras derivadas de este tipo de contaminación (Protección para riesgos sanitarios, 2017).

La contaminación del aire ahora es plenamente reconocida como un problema importante de salud pública, responsable de una creciente gama de efectos sobre la salud que están bien documentados a partir de los resultados de un amplio esfuerzo de investigación realizado en muchas regiones del mundo (Kelly and Fussell 2015), la contaminación del aire tiene efectos agudos y crónicos sobre la salud humana, que afectan a varios sistemas y órganos diferentes (Kampa and Castanas 2008). La exposición a la contaminación atmosférica aumenta la morbilidad y mortalidad, y es uno de los principales contribuyentes a la carga mundial de morbilidad (Cohen et al. 2017).

La contaminación del aire afecta directamente la salud, los organismos vivos, la vegetación, el agua, el suelo y los edificios (Kuklinska, Wolska, and Namiesnik 2015). Además, se mueve fácilmente incluso a largas distancias. Ciertos contaminantes del aire influyen en el clima, causan procesos negativos en la capa protectora de ozono y contribuyen al efecto invernadero (Kuklinska, Wolska, and Namiesnik 2015).

Un conjunto creciente de investigaciones epidemiológicas y clínicas proporciona evidencia convincente de que la exposición a la contaminación del aire por partículas finas contribuye al desarrollo de enfermedades cardiovasculares y a la activación de eventos cardíacos agudos (Franklin, Brook, and Pope III 2015), varios estudios sugieren, aunque no son definitivos, que la exposición a la contaminación del aire exterior está relacionada con la prevalencia e incidencia de la EPOC, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) afecta a 12-16 millones de personas en los Estados Unidos y es la tercera causa de muerte (Hansel, McCormack, and Kim 2016). La degradación de la calidad del aire causada por 1 o más contaminantes, cuyos niveles de concentración y tiempo de presencia varían, se ha relacionado con el asma (D'Amato et al. 2016).

Según una evaluación de la OMS de la carga de enfermedad debida a la contaminación del aire, son más de dos millones las muertes prematuras que se pueden atribuir cada año a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos y en espacios cerrados (producida por la quema de combustibles sólidos) (OMS 2006)

Aspectos legales

Es por ello que, tanto a nivel nacional como internacional se han incorporado un catálogo de derechos fundamentales respecto a la calidad de vida de las personas. En constituciones como la de Bolivia y Ecuador, se han reconocido y garantizado el derecho de la población a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, conforme lo dispone el Art. 14 de la Constitución de la República del Ecuador, donde principalmente se garantiza el buen vivir o *sumak kawsay* como parte del interés público, en concordancia con el Art. 66 numeral 27 del mismo cuerpo legal donde prima el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Dentro de cada Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal como una de sus competencias, en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) señala en su artículo 54, literal k) que entre otras tienen la obligación de: “regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales. Por tanto, es obligación por parte del Estado garantizar e indemnizar a los individuos que se vean afectados por los daños que se puedan ocasionar a su salud vulnerándose su derecho a un medio ambiente sano”. Esto de acuerdo con otros cuerpos legales vigentes como la Ley de Gestión Ambiental, que en su artículo 5 determina como el Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial tienen como objetivo estratégico “garantizar los derechos de la población respecto a la gestión de los recursos naturales y la sostenibilidad ambiental como principio de la corresponsabilidad pública”.

De esta manera, la responsabilidad del Estado de optimizar el acceso al derecho público de un medio ambiente sano recae en cada uno de sus gobiernos autónomos descentralizados, para esto es



importante cristalizar en procedimientos la normativa vigente con la finalidad de mejorar y efectivizar la gestión de recursos naturales principalmente la de un medio ambiente sano, a través de una ética ambiental que permita garantizar la salud y desarrollo integral de los ciudadanos, así como todos los medios necesarios para la restauración del daño ocasionado de presentarse el caso.

4.4 PALABRAS CLAVE

Internet of Things (IoT), Redes de sensores, Smart Cities, Sistemas embebidos, Polución ambiental y Cambio climático

4.5 HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La hipótesis. -

Es posible construir e implementar una subred de medición de calidad de aire que sea portátil aplicando IoT para obtener mediciones de seis variables de calidad de aire y tres meteorológicas.

4.6 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

La investigación se ejecutará en tres fases i) Diseño de equipo portátil; ii) Monitoreo de la calidad del aire; iii) Procesamiento de la información

i) Para determinar la concentración de contaminantes (PM10, PM2.5, CO, CO2, SO2, NO2, O3) a nivel para nasal, así como el nivel de presión sonora y la temperatura, se diseñará un equipo portátil automático constituido por sensores específicos para registrar la concentración de gases, partículas, emisiones sonoras y condiciones de temperatura, se procederá así:

Paralelamente, se comenzara con los pasos necesarios para el diseño y construcción de los sistemas de medición de calidad del aire que se ejecutara de la siguiente manera:

- Planteamiento del prototipo, buscando determinar los materiales a ser utilizados mediante bosquejos.
- Se buscará prototipo digitalmente o mediante simulación, lo cual permita visibilizar la solución deseada. Por lo tanto, será un primer borrador que permitirá validar si cumple con el problema que se está resolviendo.
- Hacer y documentar muchas pruebas, lo más baratas posibles para detectar rápidamente y solventar posibles soluciones o mejoras a los prototipos.
- Diseñar los prototipos electrónicos en base a las ideas y problemas detectados.
- Programar software necesario en Arduino para poder controlar y hacer funcionar los diferentes sensores. Sera una etapa crucial ya que se tendrá que ir abordando cada sensor.
- Unificar el funcionamiento de todos los sensores en un solo sistema y bajo un solo código fuente que sea de fácil comprensión y que pueda ser mejorado fácilmente.
- Buscar posibles mejoras en el procesamiento de la información, depurando y mejorando el código fuente.
- Calibrar los sensores contra una medida certificada de cada variable.
- Realizar un estudio energético del prototipo para encontrar el consumo real.
- Diseñar y fabricar el sistema de alimentación que le brinde la autonomía necesaria al sistema.
- Generar el sistema de comunicación inalámbrico mediante una conexión 3G/4G a internet.
- Crear el enlace a la página de IoT para el almacenamiento de los datos.
- Realizar pruebas de funcionamiento y de mediciones.
- Serialización de los prototipos diseñados (fabricación de circuitos impresos, cajas 3D y conexión de los dispositivos).

ii) El monitoreo de la calidad del aire se realizará en el centro histórico de la ciudad de Cuenca. El equipo construido lo portarán en su cuerpo miembros de la Guardia Ciudadana que cumplan sus



actividades rutinarias dentro de la urbe, el monitoreo se realizará 12 horas diarias desde las 07h00 hasta las 19h00 de forma continua, durante un mes, para poder determinar los cambios en las concentraciones de los contaminantes con el tiempo. Los valores registrados en el equipo portátil se enviarán directamente a un servidor que receptorá información separada de cada uno de los contaminantes monitoreados, se cumplirá así:

- Determinación de la ruta de monitoreo.
- Selección de personal para recorrido de rutas.
- Capacitación al personal seleccionado.
- Recorrido de rutas.
- Registro de contaminantes.
- Envío de información a un servidor.
- Verificación de datos registrados

iii) Una vez que contemos con los datos registrados se procesará la información recolectada para establecer la relación entre la concentración de los contaminantes y los niveles máximos permisibles acorde a la Norma Nacional así como a los valores de referencia de la Organización Mundial de la Salud, de la siguiente manera:

- Recolección de información
- Procesamiento de datos
- Análisis de concentraciones
- Comparación con la normativa

4.7 OBJETIVOS

4.7.1 GENERAL

Construir una subred de medición y calidad de aire que sea portátil aplicando IoT para medir la calidad de aire a nivel paranasal en las rutas realizadas por el personal de la Guardia Ciudadana.

4.7.2 ESPECÍFICOS

- Realizar un detalle de los principales factores de calidad de aire y meteorológicos mediante la revisión bibliográfica especializada para fundamentar el proceso de medición de calidad de aire y meteorológica a nivel paranasal.
- Examinar y analizar la legislación ecuatoriana y derecho comparado respecto a la regulación y control de calidad de aire para comprender la situación actual en nuestro país, aportando elementos para la reflexión en control y medición en la contaminación ambiental.
- Construir un sistema prototipo de medición y adquisición de parámetros de calidad de aire portátil mediante hardware DIY y sensores de concentración de ozono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas en el aire PM_{2.5} y PM₁₀ para obtener datos de calidad de aire a nivel paranasal.
- Construir un sistema prototipo de medición y adquisición de parámetros meteorológicos mediante hardware DIY y sensores de temperatura, humedad relativa, ruido ambiental, posición global y radiación ultravioleta para obtener datos meteorológicos.
- Verificar y unificar los prototipos diseñados mediante una revisión sistemática de todas las variables adquiridas y sensores utilizados para realizar cálculos y mediciones del sistema propuesto en busca de parámetros autonomía energética.
- Evaluar y verificar las mediciones meteorológicas con el sistema propuesto para determinar su comportamiento frente a datos obtenidos con otras estaciones meteorológicas licenciadas.

4.8 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El control de la contaminación del aire y el monitoreo de la calidad del aire son necesarios para implementar estrategias de reducción y estimular la conciencia ambiental entre los ciudadanos



(Borrego et al. 2016), por lo que es necesario diseñar una subred de monitoreo de gases contaminantes para tener información con datos actualizados, en tiempo real y a nivel paranasal para ser procesados y visualizados en una plataforma IoT que permita recoger y almacenar datos de sensores en la nube que pueda ser consultada por los habitantes de la ciudad de Cuenca, así como también por los diferentes organismos de control, que serán los principales beneficiarios para que puedan tomar las debidas precauciones y controles.

Esta red permitirá a los investigadores cotejar y comparar las mediciones de la red de monitoreo de la Calidad de Aire de la Ciudad de Cuenca y observar si la calidad del aire en la ciudad cumple con las normas y/o reglamentos emitidos por los organismos de control, así como también para conocer los niveles de contaminación a los cuales una persona se puede exponer sin que se vea afectada su salud.

Como afirma (Ochoa, 2018), que la tecnología ha impulsado el desarrollo de sistemas que mejoren la calidad de vida de las personas, colaborando al bienestar comunitario mediante el suministro de información relevante y pertinente para la toma de decisiones. De igual manera (Zaradnik, 2019) afirma que las ciudades inteligentes se fundamentan en la computación en la nube para el monitoreo de la calidad del aire y detalla su importancia para el futuro, con la finalidad de conocer los contaminantes ambientales y su incidencia en la calidad de vida de la población para tomar medidas pertinentes para mitigar, disminuir o evitar la presencia de contaminantes en concentraciones elevadas en el ambiente.

4.9 RESULTADOS ESPERADOS

- Subred con diez sistema de monitoreo de la calidad de aire a nivel paranasal para la ciudad de Cuenca.
- Participación y asimilación por parte de los estudiantes tanto de pregrado como de postgrado con conocimientos en electricidad, electrónica, automatización, energías renovables entre otros mejorando el nivel de formación y ayudando a la inserción laboral.
- Dos publicaciones en revistas indexadas en bases de datos relevantes y en cuartiles Q2.

4.10 ASPECTOS BIOÉTCOS Y SOCIALES

El proyecto de investigación se centra en el diseño y construcción de una subred de monitoreo de calidad de aire portátil y autónomo, por lo tanto, durante todas las fases del proyecto no se atenta contra ninguna forma de vida ni salud de las personas. Se destaca el aspecto social ya que el prototipo permitirá obtener datos a nivel paranasal de la calidad de aire, por ende, será una herramienta que permitirá a las entidades correspondientes a realizar las actividades correctivas correspondientes e informar a la ciudadanía sobre la calidad del aire en la Ciudad.

5 IMPACTO DEL PROYECTO

5.1 IMPACTO LEGAL, SOCIAL, TÉCNICO Y/O ECONÓMICO

Matriz de impacto Legal.

INDICADORES		NIVEL						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Constitución de la República							x
2	Acuerdo No. 050 del Ministerio de Ambiente							x



3	Ley de Propiedad intelectual							x
4	Reglamento Institucional							x
TOTAL								12
N.I. (LEGAL) = Suma/n; 12/4 = 3								

Análisis.

Se toma de forma global el aporte fundamental que provocará la presente investigación en el ámbito legal, no podemos ni debemos aislarle de este campo, lejos de ello, más bien resulta muy impactante, en virtud de que, si bien existe todo un cuerpo legal que como indicadores se anotan y a los que se les ha asignado un valor de (3), amerita que sobre esta misma base legal, se vaya trabajando a fin de lograr una clarificación de leyes a aplicar en estos casos de medición de calidad de aire, que le den soporte y razón de existencia a los mismos, lo que servirá para que la ciudadanía se vea beneficiada de varias maneras ya que se mejora el bienestar en muchos ámbitos.

El nivel de impacto Legal genera en la presente investigación una calificación de “Impacto Alto Positivo” (3)

Matriz de impacto Socio - Económico.

INDICADORES		NIVEL						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Fuentes de trabajo				x		x	
2	Calidad de vida							x
3	Efecto multiplicador							x
4								
TOTAL							2	6
N.I. (LEGAL) = Suma/n; 8/3 = 2.66 = 3								

Análisis.

Los indicadores “Calidad de vida” y “Efecto Multiplicador” tienen una calificación de (3) cada uno, en razón de que el proyecto busca mejorar la calidad de vida o dar la información necesaria para tomar las medidas correctivas para esto. En el caso de efecto multiplicador es porque este es un proyecto piloto el cual será la base para múltiples investigación y generación de más subredes de medición de calidad del aire.

Al indicador “Fuentes de trabajo” se le ha asignado una calificación (2), pues se considera que los Sistemas a desarrollarse en las áreas de ingenierías eléctricas, ambiental entre otras dentro de la universidad y ciudad de Cuenca se espera tenga en el corto o mediano plazo un reconocimiento de la población y se estima que tendrá un nivel de propagación hacia otras latitudes de la Patria.

El nivel de impacto Socio-Económico genera en la presente investigación una calificación de “Impacto Alto Positivo” (3)



Matriz de impacto Técnico.

INDICADORES		NIVEL						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Elaboración de sistema							x
2	Implementación sistema							x
3	Validación del sistema							x
TOTAL								9
N.I. (LEGAL) = Suma/n; 9/3 = 3								

Análisis.

A los indicadores descritos se les ha asignado una calificación (3) ya que se trata de la implementación de un sistema muy novedoso con varias sublíneas de investigación innovadoras en el área, en virtud de que a través de este sistema se tiene previsto desde la generación de los sistemas de medición de calidad de aire que generaran una subred de análisis de datos, con su respectiva contrastación de mediciones con la red de medición de la ciudad de Cuenca.

5.2 IMPACTO AMBIENTAL

Matriz de impacto ambiental.

INDICADORES		NIVEL						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Contaminación medio ambiental							x
2								
3								
4								
TOTAL								3
N.I. (LEGAL) = Suma/n; 3/1 = 3								

Análisis.



Considerando como impacto ambiental negativo o nocivo, toda alteración de las propiedades físicas, químicas o biológicas del medio ambiente, causadas por cualquier forma de materia o energía resultante de las actividades humanas que directamente perjudiquen o dañen: La salud, seguridad o calidad de vida de la población; las condiciones estéticas, culturales o sanitarias del medio; la configuración, calidad y diversidad de los recursos naturales. Amerita de sobremanera, sustentar cualquier proyecto que implique lo anotado en líneas anteriores, a través de un estudio de impactos ambientales serio y que justifique el porqué de la investigación a realizarse. Sin embargo, en la presente investigación como no se trata de un proyecto que atente contra el medio ambiente y en virtud de que es menester cumplir con este tipo de análisis, el mismo se enfoca así. En lo referente al indicador "Contaminación Medio Ambiente" se le ha asignado un valor de (2), por cuanto se considera que el impacto por el uso de equipos tecnológicos provoca contaminación de manera indirecta sobre el medio ambiente, considerándose como un perjuicio a la naturaleza, aunque hay que considerar que se presenta una alternativa amigable con el ambiente para medir la calidad del aire a nivel paranasal que va a producir más beneficios positivos que negativos para el medio ambiente.

5.3 RIESGOS DEL PROYECTO

La ejecución de la presente propuesta de investigación no presenta riesgos para su implementación en cuanto a cada uno de los objetivos propuestos. En cualquier caso puede estar supeditado a factores de riesgo externos como pueden ser retrasos en el suministro de hardware y sensores necesarios, ya que algunos de los sensores no se encuentran en stock dentro del país. Adicionalmente, pueden presentarse problemas que no se consideraron en el momento de la concepción del presente proyecto, como materiales que podrían ser necesarios. Muchos equipos electrónicos no tienen en sus especificaciones un detalle de posibles problemas como ruidos o necesidad de amplificación y tratamiento de señales. Adicionalmente, puede existir incompatibilidad entre ciertos elementos y/o sus características no tener los estándares necesarios como para un sistema de medición de calidad de aire.

5.4 PLAN DE SOSTENIBILIDAD

El proyecto en si tiene dos componentes que le dan un plus para poder perdurar de forma duradera después de la conclusión del proyecto. Por un lado, es una obligación y necesidad de los municipios y Ministerio de Medio Ambiente realizar las mediciones y control de la calidad de aire en las ciudades. Condición que garantiza que el presente proyecto tendrá un efecto multiplicador a nivel regional, del país e inclusive de manera global, pues se pretende generar una subred de medición de bajo costo apoyada en IoT, Por otro lado, es una idea innovadora poder cuantificar la calidad del aire a nivel paranasal, o sea a la altura a la cual todos los ciudadanos estamos inmersos de manera directa en la polución del aire en las calles. Esto va a ayudar a que los ciudadanos exijan, busquen alternativas y soluciones junto a los entes encargados de control ambiental.

6 DIFUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 EFECTOS MULTIPLICADORES

Se promoverá efectos multiplicadores claros tales como:

Tecnología. – La mejora en el estado del arte de sistemas de medición de calidad de aire.

Investigación.– Será la base de nuevas investigaciones en diversos ambitos, desde seguridad laboral, medio ambiente, entre otros.

Formación de recursos humanos a nivel de pre y posgrado.– Varios trabajos integradores y tesis se producirán en base al presente proyecto. Serán tanto tesis de posgrado como de pregrado de diversa carreras, como ingeniería eléctrica, ambiental, entre otras.



Economía.- Como ya se detalló, la mayor causa de contaminación ambiental es la polución por el tráfico vehicular. Por lo mismo, con un buen manejo de la información obtenida por la subred y un buen control por parte de la institución correspondiente se puede mejorar los controles para que los motores vehiculares se encuentren en buen estado y bien calibrados. Lo cual, genera un impacto positivo en lo económico con la reducción del consumo de combustibles.

6.2 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

Se espera transferir los resultados obtenidos mediante:

- Participación y asimilación por parte de los estudiantes tanto de pregrado como de postgrado con conocimientos en electricidad, electrónica, automatización, medio ambiente entre otros mejorando el nivel de formación y ayudando a la inserción laboral.
- Tres publicaciones en las revistas a continuación detalladas.

Publicaciones con ISSN planificadas en la propuesta				
Cantidad	Nombre de la revista	Base de datos*	País	Cuartil
1	Sensors MPDI	SCOPUS	Suiza	Q2
2	Applied Sciences MDPI	SCOPUS	Suiza	Q2
3	ICAT 2020 (Communications in Computer and Information Science)	WOS	Alemania	Q3
4	Revista Valdivia	SCOPUS	Chile	Q2
Publicaciones Libro o Capítulo de Libro planificadas				
Cantidad	Libro / capítulo de libro	Editorial		

7 PLANIFICACIÓN Y FINANCIAMIENTO

7.1 FACILIDADES DE TRABAJO

La UCACUE, mancomunadamente, brindará todo el contingente necesario para la óptima utilización de su infraestructura y equipamiento científico-técnico, constituida por instalaciones amplias y modernas y equipos informáticos de alta capacidad del centro de investigación de Ingenierías, Industria y Construcción y de la Jefatura de Posgrados, con el fin de crear un ambiente amigable para los investigadores, que permita alcanzar resultados de alto nivel que puedan ser entregados a la comunidad científica a nivel nacional e internacional.



7.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (Anexo I)

Anexo I: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES.

7.3 PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN FINANCIERA (Anexo II)

Anexo II 1: DETALLE DE PRESUPUESTO.

Anexo II 2: PRESUPUESTO CONDENSADO.

Anexo II 3: PRESUPUESTO POR FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

NOTA: Los cuatro Anexos al modelo de proyectos de la VII Convocatoria (Cronograma y Presupuesto), deben presentarse según se indica en el archivo MS-Excel con el título "ANEXOS FORMATO DE PROYECTOS VII CONV". Una vez que los Anexos hayan sido completados en el archivo Excel, debe imprimirse y adjuntarse al FORMATO DE PRESENTACION DE PROYECTOS VII CONV.

8 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS CITADAS

Borrego, C., A. M. Costa, J. Ginja, M. Amorim, M. Coutinho, K. Karatzas, Th Sioumis, N. Katsifarakis, K. Konstantinidis, S. De Vito, E. Esposito, P. Smith, N. André, P. Gérard, L. A. Francis, N. Castell, P. Schneider, M. Viana, M. C. Minguillón, W. Reimringer, R. P. Otjes, O. Von Sicard, R. Pohle, B. Elen, D. Suriano, V. Pfister, M. Prato, S. Dipinto, and M. Penza. 2016. "Assessment of Air Quality Microsensors versus Reference Methods: The EuNetAir Joint Exercise." *Atmospheric Environment* 147:246–63.

Bourdrel, Thomas, Marie Abèle Bind, Yannick Béjot, Olivier Morel, and Jean François Argacha. 2017. "Cardiovascular Effects of Air Pollution." *Archives of Cardiovascular Diseases* 110(11):634–42.

Cannistraro, G., M. Cannistraro, A. Cannistraro, and A. Galvagno. 2016. "Analysis of Air Pollution in the Urban Center of Four Cities Sicilian." *International Journal of Heat and Technology* 34(Special Issue 2):S219–25.

Cevallos, Victoria M., Valeria Díaz, and Cherilyn M. Sirois. 2017. "Particulate Matter Air Pollution from the City of Quito, Ecuador, Activates Inflammatory Signaling Pathways in Vitro." *Innate Immunity* 23(4):392–400.

Cohen, Aaron J., Michael Brauer, Richard Burnett, H. Ross Anderson, Joseph Frostad, Kara Estep, Kalpana Balakrishnan, Bert Brunekreef, Lalit Dandona, Rakhi Dandona, Valery Feigin, Greg Freedman, Bryan Hubbell, Amelia Jobling, Haidong Kan, Luke Knibbs, Yang Liu, Randall Martin, Lidia Morawska, C. Arden Pope, Hwashin Shin, Kurt Straif, Gavin Shaddick, Matthew Thomas, Rita Van Dingenen, Aaron Van Donkelaar, Theo Vos, Christopher J. L. Murray, and Mohammad H. Forouzanfar. 2017. "Estimates and 25-Year Trends of the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Air Pollution: An Analysis of Data from the Global Burden of Diseases Study 2015." *The Lancet* 389(10082):1907–18.

D'Amato, Gennaro, Ruby Pawankar, Carolina Vitale, Maurizia Lanza, Antonio Molino, Anna Stanziola, Alessandro Sanduzzi, Alessandro Vatrella, and Maria D'Amato. 2016. "Climate Change and Air Pollution: Effects on Respiratory Allergy." *Allergy, Asthma and Immunology Research* 8(5):391–95.

EMOV. 2015. Informe de La Calidad Del Aire. Cuenca: Ilustre Municipalidad de Cuenca.

Franklin, Barry A., Robert Brook, and C. Arden Pope III. 2015. "Air Pollution and Cardiovascular Disease." *Current Problems in Cardiology* 40(5):207–38.

Ghorani-Azam, Adel, Bamdad Riahi-Zanjani, and Mahdi Balali-Mood. 2016. "Effects of Air Pollution on Human Health and Practical Measures for Prevention in Iran." *Journal of Research in Medical Sciences* 21:65.

Gulia, Sunil, S. M. Shiva Nagendra, Mukesh Khare, and Isha Khanna. 2015. "Urban Air Quality Management-A Review." *Atmospheric Pollution Research* 6:286–304.



Hansel, Nadia N., Meredith C. McCormack, and Victor Kim. 2016. "The Effects of Air Pollution and Temperature on COPD." *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* 13(0):1-8.

He, Jianjun, Sunling Gong, Ye Yu, Lijuan Yu, Lin Wu, Hongjun Mao, Congbo Song, Suping Zhao, Hongli Liu, Xiaoyu Li, and Ruipeng Li. 2017. "Air Pollution Characteristics and Their Relation to Meteorological Conditions during 2014-2015 in Major Chinese Cities." *Environmental Pollution* 223:484-96.

Kampa, Marilena and Elias Castanas. 2008. "Human Health Effect of Air Pollution." *Environmental Pollution* 151(2):362-67.

Kelly, Frank J. and Julia C. Fussell. 2015. "Air Pollution and Public Health: Emerging Hazards and Improved Understanding of Risk." *Environmental Geochemistry and Health* 37(4):631-49.

Kuklinska, Karolina, Lidia Wolska, and Jacek Namiesnik. 2015. "Air Quality Policy in the U.S. and the EU - A Review." *Atmospheric Pollution Research* 6:129-37.

Kurt, Ozlem Kar, Jingjing Zhang, and Kent E. Pinkerton. 2016. "Pulmonary Health Effects of Air Pollution." *Current Opinion in Pulmonary Medicine* 22(2):138-43.

Mannucci, Pier Mannuccio, Sergio Harari, Ida Martinelli, and Massimo Franchini. 2015. "Effects on Health of Air Pollution: A Narrative Review." *Internal and Emergency Medicine* 10(6):657-62.

OMS. 2006. *Guías de Calidad Del Aire de La OMS Relativas Al Material Particulado, El Ozono, El Dióxido de Nitrógeno y El Dióxido de Azufre*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

OMS. 2017. *Control de Riesgos Sanitarios: Antecedentes (aire ambiente)*. Retrieved from <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/antecedentes-aire-ambiente>



9 DECLARACIÓN FINAL

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto, y la Entidad Postulante Principal, a través de su Representante, de forma libre y voluntaria declaran lo siguiente:

- Que el proyecto descrito en este documento es una obra original, cuyos autores forman parte del equipo de investigadores y por lo tanto asumimos la completa responsabilidad legal en el caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la UCACUE de cualquier acción legal que se derive por este causal.

- Que el presente proyecto no causa perjuicio alguno al ambiente y no transgrede norma ética alguna, y que en el caso de que la investigación requiera de permisos previo a su ejecución, el Director del Proyecto remitirá una copia certificada de los mismos a las autoridades competentes en la UCACUE.

- Que este proyecto no se ha presentado en ninguna otra institución pública o privada, para el financiamiento del presupuesto solicitado a la UCACUE. El incumplimiento de este acuerdo será causal para que el proyecto no sea financiado o para la terminación anticipada unilateral del convenio a firmar con la UCACUE.

- De otorgarse financiamiento por la UCACUE para la ejecución del proyecto, aceptamos que los bienes adquiridos con estos fondos permanecerán bajo la responsabilidad de la entidad postulante durante la ejecución del proyecto, pero la UCACUE se reserva el derecho de determinar el destino final de los mismos, una vez finalizado el proyecto.

- Aceptamos que si el proyecto se accede a financiamiento de la UCACUE y como parte de los resultados del mismo se genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, éstos serán de la UCACUE o compartidos con la entidad postulante, la(s) instituciones que compartieron la investigación y el equipo de investigadores, según los términos definidos en el respectivo convenio específico.

Fecha: Cuenca, 05 de octubre de 2019

Nombre: Juan Carlos Cobos Torres

CI: 0103767125

DIRECTOR DEL PROYECTO

Nombre: Manuel Salvador Alvarez

CI: 0103414322

CODIRECTOR DEL PROYECTO

Nombre: María del Cisne Aguirre Ullauri

CI: 0103797254

**DIRECTOR DEL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN**