 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigilada por el Ministerio de Educación	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(64)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ANDREA YULIANA SOLANO CALDERÓN KELLY YESENIA BAYONA QUINTANA
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL
DIRECTOR	ALEXANDER ARMESTO ARENAS
TÍTULO DE LA TESIS	EVALUACIÓN DEL POLVO ATMOSFÉRICO (MATERIAL PARTICULADO PST) EN EL SECTOR DE LA CIUDADELA NORTE, MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

EN EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO SE PRETENDE DAR A CONOCER EL MÉTODO DE CAPTADORES PASIVOS PARA LA EVALUACIÓN DE POLVO ATMOSFÉRICO, EL CUAL ES DE CÓMODO MANEJO, NO REQUIERE ENERGÍA ELÉCTRICA, TIENE BAJO COSTO Y ES DE FÁCIL UBICACIÓN. ADICIONALMENTE, ESTE TRABAJO PRETENDE SER UNA BASE PARA FUTURAS INVESTIGACIONES MEDIANTE DICHO MÉTODO, YA QUE ES LA PRIMERA VEZ QUE SE USA EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 54	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:
-------------	---------	----------------	---------



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

**EVALUACIÓN DEL POLVO ATMOSFÉRICO (MATERIAL PARTICULADO PST) EN
EL SECTOR DE LA CIUDADELA NORTE, MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE
SANTANDER**

AUTORAS:

ANDREA YULIANA SOLANO CALDERÓN

KELLY YESENIA BAYONA QUINTANA

**Trabajo de grado presentado como requisito para
optar el título de ingeniero ambiental**

DIRECTOR:

MsC. ALEXANDER ARMESTO ARENAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Marzo, 2021

Agradecimientos y dedicatoria

Agradezco primero a Dios padre por ser mi guía y protección. A mis padres Yackeline Calderón y Álvaro Solano, a quien les dedico parte de este éxito porque son quienes de muchas formas me han demostrado que con trabajo humildad y disciplina se puede alcanzar cada objetivo en la vida. A mi compañero de vida, Sergio Vergel a quien siempre le ha interesado mi bienestar. A mis dos hijas Halley y Sophie por ser siempre esa luz en el camino para alcanzar mis sueños. A mis hermanos José David solano, Katherine Solano y Álvaro Solano, quienes son un ejemplo lucha incansable. A todos los profesores que hicieron parte de mi proceso sirviéndome como puente los saberes como ingeniera. A nuestro director de proyecto de grado, el profesor Alexander Armesto por su compromiso por la calidad del aire. Por último a mi compañera de proyecto y futura colega.

Andrea Yuliana Solano Calderón

Agradecer primeramente a Dios por permitirme cumplir los anhelos de mi corazón que es realizarme como profesional. A mis padres Antonio Bayona y Martha Quintana, a mis hermanos Harold y Diana por su continuo esfuerzo para guiarme por el buen camino, a mi prometido Mauricio Pacheco por su apoyo incondicional y, a mi tía Angélica Quintana por motivarme a dar el primer paso. Por último, agradecer a mi compañera Andrea Solano por su incansable constancia y, a nuestro director de proyecto Alexander Armesto por compartir su conocimiento con nosotras.

Kelly Yesenia Bayona Quintana

Índice

Capítulo 1. Evaluación del polvo atmosférico (material particulado PST) en el sector de la Ciudadela Norte, municipio de Ocaña, Norte de Santander	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Justificación	3
1.5 Delimitaciones	5
1.5.1 Delimitación operativa.	5
1.5.2 Delimitación conceptual.	5
1.5.3 Delimitación geográfica.	6
1.5.4 Delimitación temporal.	6
Capítulo 2. Marco referencial	7
2.1 Antecedentes de la contaminación atmosférica	7
2.1 Marco histórico	14
2.2 Marco contextual	18
2.3 Marco conceptual.....	19
2.4 Marco Legal	21
2.5 Marco teórico	23

Capítulo 3. Diseño Metodológico	29
3.1 Tipo de investigación	29
3.2 Población	29
3.3 Muestra	29
3.1.1 Selección del área de estudio.....	29
3.1.2 Montaje de los medidores pasivos.	30
3.3.2.1 <i>Modelo del captador pasivo.</i>	30
3.3.2.2 <i>Montaje del captador pasivo.</i>	31
3.4 Recolección de información	31
3.1 Análisis de la información.....	32
Capítulo 4. Administración del proyecto.....	33
4.1 Recursos humanos.....	33
4.2 Recursos institucionales.....	33
4.3 Recursos financieros.....	33
Capítulo 5. Resultados.....	35
5.1 Datos meteorológicos	35
Capítulo 6. Conclusiones	41
Recomendaciones.....	42
Referencias.....	44
Apéndices.....	47

Lista de tablas

Tabla 1. Estándares de calidad del aire.....	21
Tabla 2. Recursos financieros	34
Tabla 3. Índice de valores de calidad polvo atmosférico suspendido en los puntos de muestreo.....	35
Tabla 4. Tipo y número de vehículos bajando	36
Tabla 5. Tipo y número de vehículos subiendo	36
Tabla 6. Totalidad de vehículos	37
Tabla 7. Emisiones por vehículo zona norte.....	37
Tabla 8. Datos meteorológicos día 14 de diciembre	39
Tabla 9. Datos meteorológicos día 15 de diciembre	40

Lista de Figuras

Figura 1. Área de estudio. Fuente: Autoras	6
Figura 2. Mapa de la división político-administrativa de Ocaña. Fuente: Alcaldía de Ocaña, PBOT año 2015	18
Figura 3. Modelo del captador pasivo. Fuente: Autoras.....	30
Figura 4. Montaje de captador pasivo. Fuente: Autoras	31
Figura 5. Conteo de vehículos por vídeos de seguridad. Fuente: Autoras	32
Figura 6. Modelación de calidad del aire en la zona norte. Fuente: Autoras.....	38

Lista de Apéndice

Apéndice A. Montajes en laboratorio.....	47
Apéndice B. Facturas compra de materiales.....	51

Capítulo 1. Evaluación del polvo atmosférico (material particulado PST) en el sector de la Ciudadela Norte, municipio de Ocaña, Norte de Santander

1.1 Planteamiento del problema

La contaminación atmosférica es la presencia que existe en el aire de pequeñas partículas o productos secundarios gaseosos que pueden implicar riesgo, daño o molestia para las personas, plantas o animales que se encuentren expuestos a dicho ambiente. Se les denominan a estas partículas material particulado y se miden según el tamaño y procedencia (IDEAM, 2014)

En la ciudad de Ocaña para conocer el grado de contaminación atmosférica se ha medido la concentración de PM10, y sus valores han registrado niveles por encima de la normatividad vigente. Sin embargo existen diferentes alternativas para conocer el grado de contaminación diferentes a los métodos convencionales, Al respecto diseñar técnicas pasivas para medir partículas de polvo sedimentado implementando una metodología diferente a la del pm10 se convierte en una forma alternativa para nuestra región reduciendo costos operacionales en el monitoreo de la calidad del aire .De este modo, este trabajo pretende evaluar los niveles de Polvo atmosférico en la zona norte de la ciudad de Ocaña construyendo dispositivos capaces de realizar dichas capturas para luego ser analizadas en el laboratorio y de esta manera conocer la tasa de precipitación de partículas ($\text{gr/m}^2 \cdot \text{mes}$ ó $\text{ton/m}^2 \cdot \text{mes}$).

Conjuntamente, se registrarán datos meteorológicos (Temperatura, viento, humedad, precipitación). De forma secuencial, se analizará el comportamiento de dispersión del

contaminante utilizando modelos avalados por la agencia de protección ambiental de Europa y Estados Unidos de Norte América (modelos Envimet y CALINE 4).

Finalmente, realizar análisis con modelación matemática con el fin de conocer la contaminación proveniente de fuentes móviles.

1.2 Formulación del problema

¿Qué grado de contaminación de polvo atmosférico sedimentado existe en la zona norte del municipio de Ocaña utilizando métodos pasivos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Conocer la calidad del aire en la ciudad de Ocaña por medio del método de captadores pasivos.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar la concentración de partículas sedimentadas en el aire en la zona norte de Ocaña bajo el manual de operación de sistemas de vigilancia de calidad del aire de Colombia.

Realizar modelación de material particulado atmosférico mediante el software Envimet.

Analizar de forma matemática el factor de emisión de las fuentes según el tipo de vehículo.

1.4 Justificación

El propósito de esta investigación es la implementación de captadores pasivos como nueva alternativa para conocer la problemática en cuanto a la calidad del aire en el municipio de Ocaña, ya que se sabe que la contaminación del aire representa un alto riesgo medioambiental para la salud en países desarrollados o en vía de desarrollo.

A nivel social estudios demuestran que al exponerse a un aire contaminado o con una baja calidad causa graves enfermedades respiratorias como lo menciona (OMS, 2018)

Enfermedades como el asma y las alergias son las de mayor prevalencia en poblaciones infantiles siendo el dióxido de nitrógeno (NO₂) derivado del tráfico vehicular el material particulado al que con más frecuencia nos exponemos generando daño agudo e hiperactividad bronquial (Ambiental, u. m., 2017)

En temas de salubridad en el municipio de Ocaña, en el año 2012 se evidenció un análisis de mortalidad de 98 personas por IRA (infección respiratoria aguda) en la categoría de salud pública como lo menciona (CARRILLO, 2015)

El documento Conpes 3344 mencionó que en el país el contaminante monitoreado de mayor interés, dado sus demostraciones sobre efectos nocivos sobre la salud humana era el material particulado (PST Y PM10) y con frecuencia las concentraciones de este contaminante superaban los estándares ambientales de la resolución vigente (CARRILLO, 2015)

Desde el punto de vista ambiental y académico un estudio que se realizó en la Universidad Nacional de Colombia en convenio con Valle de Aburrá cuyo objetivo era fortalecer el monitoreo de la calidad del aire en dicha ciudad, utilizaron el método de captadores pasivos para dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno entre otros compuestos volátiles específicamente. Se logró identificar zonas críticas y evaluar de manera sencilla las tendencias de contaminación atmosférica (Zhang, 2009)

Entre otras mediciones nacionales que evidencian el método, se encuentra la de Corantioquia, en Antioquia en los años 2003 ,2004 y 2005 en la que se usaron muestreadores pasivos de SO₂, NO₂, O₃ y material particulado (Zapata, 2008, pág. 18)

A nivel mundial lo plantea el laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Cocody Costa de Marfil en conjunto con el Laboratorio de Aerología de la Universidad de Toulouse, Francia y otras instituciones con el fin de conocer y caracterizar el ambiente de siete sitios remotos y representativos de los diversos ecosistemas presentes en África Occidental por este método (Canciano, 2017)

Lo anterior nos permite entender que es necesario realizar estudios en base a la calidad del aire utilizando métodos que no se excedan en costos como el método por captadores pasivos propuesto para trabajar esta investigación. Este método ha tenido una gran acogida para estudios ambientales de largo plazo y largo alcance a nivel nacional como a nivel mundial. En Ocaña aún no se han presentado estudios por este método sino por métodos convencionales como los automáticos, por la cual se promete una gran acogida como lo evidencian estudios realizados a nivel nacional. Teniendo en cuenta lo anterior se desea servir de información primaria para estudios más adelante y, así como a nivel social disminuir de cierta forma la tasa de mortalidad y contribuir con la calidad del aire de la región.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación operativa. El proyecto se efectuará con la información de artículos y documentos científicos que aporten al mismo, donde nos mencionen el método de captadores pasivos utilizando tipo de filtro según tipo contaminante y el proceso de instalación adecuado para no alterar la muestra problema. También teniendo en cuenta la cooperación de la UFPSO, tanto de Docentes como de instalaciones de laboratorio para estudio de las muestras.

1.5.2 Delimitación conceptual. El proyecto se realizará basado en las diferentes fuentes bibliográficas que se han recolectado en su mayoría de investigaciones puestas a disposición de las Plataformas de la UFPSO, (scince direct) como también de libros virtuales y diversos artículos científicos de revistas, todas basadas en las características del

método de captadores pasivos.

1.5.3 Delimitación geográfica. El proyecto se realizará en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, específicamente en las instalaciones de Crediservir, zona norte.

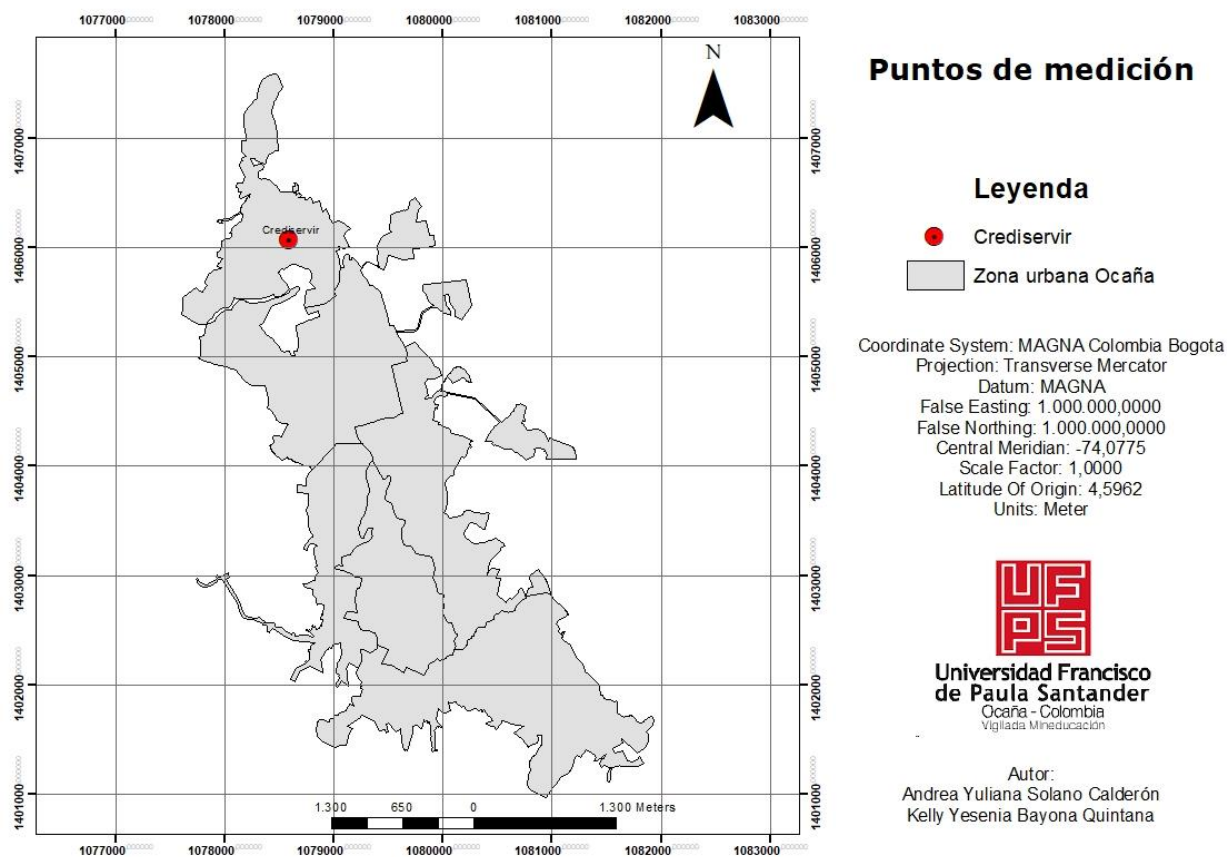


Figura 1. Área de estudio. Fuente: Autoras

1.5.4 Delimitación temporal. El desarrollo del presente proyecto de investigación se llevará a cabo durante un mes (1) mes.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Antecedentes de la contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica es producto de las diversas actividades económicas y cotidianas que se realizan ya sea de forma individual, institucional, empresarial, natural o por la utilización de servicios; al final, dichas actividades generan emisión de gases o partículas sedimentadas como las que serán analizadas en la siguiente investigación que son contaminantes atmosféricos graves que no sólo afectan el medio ambiente, sino también la salud humana. (Romero Placeres, 2014)

Las partículas presentes en la atmósfera que tienen velocidades de sedimentación apreciables, permaneciendo allí por cortos períodos de tiempo, se conocen como partículas sedimentables. La velocidad de sedimentación de una partícula con un diámetro de 1 micra es de 0.006 cm/s. Los movimientos verticales del aire en el exterior normalmente son mayores que ese valor, de modo que las partículas de este tamaño no se sedimentan con rapidez en la atmósfera, como lo haría la arena gruesa, sino en lugar de ello se mueven con el gas y permanecen en suspensión durante largos períodos (Zapata, 2008)

Las partículas sedimentables se diferencian de las partículas en suspensión en que las últimas se sedimentan con tanta lentitud, que puede considerarse que permanecen en la atmósfera hasta que son eliminadas por precipitación. No existe una línea divisoria clara y simple entre las dos categorías, pero sí se debe hacer una distinción arbitraria de este tipo,

se haría en alguna parte cerca de un diámetro de partícula de 10 micras (= 0.01 mm) (De Nevers, 1998). En el área de la salud ambiental, las partículas de diámetro mayor a 10 micras son retenidas en la nariz y la garganta y no alcanzan a ingresar a los pulmones, mientras que las partículas menores de 10 micras penetran directamente por las vías respiratorias y ocasionan alteraciones en este sistema en diferentes sitios como lo refiere (Sánchez, 2008). El polvo sedimentable, como se conocen también as partículas sedimentables, es creado básicamente por el rompimiento de grandes partículas en procesos tales como: trituración, pulverización, perforaciones, explosiones; en la mezcla de materiales y operaciones como: transporte, tamizado, barreduras (Henao, 1993). La actividad de la construcción es una de las principales fuentes de generación de este contaminante. El desgaste de los neumáticos y el polvo de las vías generan partículas que no permanecen largo tiempo en la atmósfera. Las partículas presentes en la atmósfera que tienen velocidades de sedimentación apreciables, permaneciendo allí por cortos períodos de tiempo, se conocen como partículas sedimentables como lo menciona (Zhang, 2009)

Los primeros sistemas pasivos fueron desarrollados por Palmes, Gunnison, DiMattio y Tomczyk (1976), cuyo diseño consistió de un tubo cilíndrico cerrado en uno de sus extremos, en donde se colocaba un cedazo impregnado con una disolución capaz de retener a la especie química cuya concentración se deseaba conocer, ya sea polvo atmosférico o gases (Omar Rojas, 2011)

Por lo tanto en países como Italia, Suecia, China, Estados Unidos y España, se realizaron estudios sobre la contaminación atmosférica por PM10 menor o igual a 10 μ m,

revelando la presencia de este material no solo de forma natural, sino también por causas antropogénicas, demostrando la necesidad de llevar a cabo nuevos monitoreos que permitan establecer estrategias para su respectivo control, según lo manifiesta (Arciniegas Suárez, 2011), en su publicación titulada “Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm10*”.

En la determinación del grado de partículas sedimentables mediante el método de muestreo pasivo realizado en la ciudad de Moyobamba se encontró que el resultado promedio final es de 0.70 mg/cm²/mes, de partículas atmosféricas sedimentables el cual sobrepasa en 0.2 mg/cm²/mes, en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental establecida por la Organización Mundial de la Salud OMS que es 0.5 mg/cm²/mes. (Omar Rojas, 2011)

En Perú, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) emite mensualmente boletines de medio ambiente en los cuales realiza la evaluación. Como parte de esta evaluación se realiza el monitoreo pasivo del polvo atmosférico sedimentable (PAS) o contaminantes sólidos sedimentables (CSS) mediante la metodología de placas receptoras por medio de metodología de captadores pasivos (CARRILLO, 2015)

En el año 2001, el entonces Consejo Nacional del Ambiente, actualmente MINAM, realizó el inventario de emisiones atmosféricas totales y estimó que los aportes sectoriales de transporte e industria significaron el 86% y 14% del inventario respectivamente, lo que permite identificar al sector transporte como la principal fuente de emisiones atmosféricas

en la zona Metropolitana de Lima y Callao (Ramos Estela, 2017)

De igual manera, la OMS en su publicación titulada “calidad del aire y salud”, establece que “Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de defunciones prematuras” (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2018), las cuales son producidas en países de medianos y bajos ingresos, y en las regiones de Asia Sudoriental y Pacífico Occidental se producen las mayores tasas de morbilidad.

Ya para el año 2006 en el continente asiático China batía récord en emisión de material particulado a la atmosfera, donde la provincia de Shandong emitía la mayor cantidad de PM a la atmosfera. (Zhang, 2009)

Por otra parte, para el año 2012 en la zona urbana de la ciudad de Moyobama, se realizó una investigación con el fin de determinar el grado de partículas atmosféricas sedimentables mediante el muestreo pasivo, donde lograron estipular una relación inversa en cuanto a las condiciones meteorológicas y la generación de partículas sedimentables. (Ramos Estela, 2017)

El laboratorio de Aerología de la Universidad de Toulouse, Francia y otras instituciones, realizaron una investigación con el fin de conocer y caracterizar el ambiente de siete sitios remotos y representativos de los diversos ecosistemas presentes en África Occidental y Central (sabanas secas, sabanas húmedas y bosques), mediante mediciones a

largo plazo de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, amoníaco y ácido nítrico utilizando captadores pasivos en el período de 1998 a 2007. Los captadores pasivos empleados en este trabajo fueron desarrollados por el Laboratorio de Aerología de Toulouse como lo menciona (Canciano, 2017)

De la misma forma se ejecutó un estudio en la ciudad Universitaria de San Marcos, Lima; el cual consistió en un comparativo para poder determinar el polvo atmosférico sedimentable, gracias a las metodologías de tubos pasivos y placas receptoras, determinando la estación que presentaba mayor incidencia de concentración de PAS y PS. (Ramos Estela, 2017)

En los Emiratos Árabes también se realizaron investigaciones de determinación de Dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono y amoniaco en el aire ambiente durante un año empleando el método de muestreo pasivo asociado (Gaitán et al., 2007)

En estudios a nivel mundial se ha venido trabajando con el método pasivo asegurando una mejora en los resultados, en menos tiempo y con menos costos como lo muestran en el estudio realizado en la universidad san marcos de lima en Perú. Del mismo modo la ciudad de Beijing (China) cuenta con 28 estaciones automáticas de monitoreo de calidad del aire localizadas en áreas de más 150 puntos de muestreo pasivo conforman la red de monitoreo ambiental de Beijing (Gaitan, 2007)

En Colombia se han dado a la tarea de cuantificar el impacto relacionado a la

contaminación atmosférica. Desde que se creó en 1993 el ministerio de medio ambiente, se han venido adoptando mayor reglamentación en cuanto a calidad del aire lo que permite mantener un desarrollo sostenible. De acuerdo a esto han surgido numerosas investigaciones y proyectos.

Un ejemplo de lo anterior se muestra en estudio que realizó la Universidad Nacional de Colombia en convenio con el área metropolitana del Valle de Aburrá, realizó estudios con el objetivo de fortalecer el monitoreo de la calidad del aire en dicha ciudad, mediante muestreadores pasivos de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, ozono, compuestos orgánicos volátiles, específicamente benceno, tolueno, y xilenos (BTX), entre otras determinaciones que se realizaron. Se monitoreó por un año en quince puntos del área metropolitana. Se logró identificar zonas críticas y evaluar de manera sencilla las tendencias de contaminación atmosférica (Bartual Sánchez)

Según (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), se sostiene que:

En 1967 se instalaron las primeras redes para el monitoreo de la calidad del aire; posteriormente, en 1973 se expidió la Ley 23, cuyo propósito es “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional.

Por otra parte, en Colombia la contaminación atmosférica ha generado una serie de

alertas debido a su incremento en los últimos años, generando grandes costos sociales y ambientales. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) De igual forma y como lo sostiene el anterior autor, es necesario seguir motivando la gestión de calidad del aire y desarrollando instrumentos para hacer control de dicha contaminación, pues los resultados arrojados en las diferentes mediciones realizadas en el país están por encima de los límites máximos permisibles por la normatividad.

En este orden de ideas, en Colombia, Santiago de Cali se encontraba situado en el tercer lugar de las ciudades con más índices de morbilidad debido a enfermedades respiratorias ocasionadas por la contaminación atmosférica; debido a esto fue necesario reactivar 3 estaciones más en febrero de 2010, sumadas a 8 estaciones fijas y 1 móvil instaladas en el año 2006, “Dentro del periodo de febrero de 2010 a febrero de 2011, se midieron niveles de PM10 que registraban datos entre $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, datos que se encuentran por debajo del límite admisible en Colombia” (University college London - Universidad de Los Andes, 2013).

Así mismo, en diversos municipios de Antioquia para los años 2007 y 2008 el comportamiento del PM por 24 horas superó el límite establecido, ya para los años 2009-2010 la estación Altavista arrojó resultados que sobrepasaron el límite máximo permisible, referente a las concentraciones promedio anuales. De igual manera en el área metropolitana del Valle de Aburrá, el PM menor a 10 micras en el año 2008, reflejó disminución en las concentraciones. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2014)

En cuanto a Ocaña, Norte de Santander, se estableció en el año 2014 una red de monitoreo de calidad del aire, ubicando 3 puntos estratégicos dentro de la zona urbana, realizando monitoreo constante de $PM \leq 10 \mu g$, donde se ve involucrada la UFPSO y la CAR.

En Ocaña pese a ser caracterizado por una población que no supera los 120.000 habitantes en su casco urbano y no poseer grandes industrias, se manifiestan focos de gran contaminación atmosférica como lo es la zona de la Ciudadela Norte, conocida como la zona con mayor contaminación en el municipio; esto se dio a conocer en los resultados del monitoreo de calidad del aire y contaminación atmosférica. Este se ha elaborado mediante un convenio entre la Universidad Francisco de Paula Santander y la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor). De acuerdo con el docente Juan Carlos Rodríguez, del laboratorio de calidad del aire, los monitoreos han sido continuos en los últimos cinco años y como dato relevante se encontró una alta concentración de material particulado PM_{10} . (4 de marzo, 2019)

2.1 Marco histórico

La calidad del aire a nivel mundial. De acuerdo a estimación realizada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), 1 de cada 9 muertes está directamente relacionada con la contaminación atmosférica, lo que nos indica que ésta es una problemática de gran importancia que afecta de forma global, pero siendo especialmente

relevante en grandes ciudades y centros urbanos, estrechamente relacionados con actividades cotidianas, como el transporte urbano, el desarrollo industrial, la expansión urbana, afectando así la calidad de vida, generando enfermedades respiratorias crónicas y agudas, y propiciando la mortalidad prematura. (OPS, 2016)

La anterior relación se remonta a los años 1930, 1948 y 1952 cuando se comenzó a ver exceso de mortalidad en Donora, Pennsylvania, Inglaterra, Estados Unidos, Londres, siendo este último un suceso histórico con el popular “smog de Londres” o “la gran niebla de 1952”, la cual se convirtió en la peor catástrofe de contaminación en la historia, pues al cabo de cuatro días de este suceso se conoce la muerte de más de 12.000 vidas (especialmente ancianos y niños), todo esto debido a la quema de carbón por parte de las personas para calentar hogares y oficinas. (Navarro, Garduño, & Romieu, 2020) De acuerdo a lo ocurrido en Londres, en el año 1957 se comienza a dar alta importancia a la contaminación atmosférica y a los efectos negativos que esta tiene sobre la salud de las personas.

Por otra parte, en junio de 1967 la Organización Panamericana de la Salud (OPS) inicia sus operaciones de acuerdo a la red de muestreo mediante estaciones para monitorear la calidad del aire, donde se tomaban muestras de polvo sedimentable de forma mensual, y muestreo diario de partículas totales en suspensión y dióxido de azufre. (Galindo Garrido, 2012)

La calidad del aire a nivel nacional. Desde 1996 Colombia cuenta con 4

estaciones de monitoreo de la calidad del aire, ubicadas en El Valle de Aburrá, Cali, San Nicolás y en La Guajira, conformando así una red de monitoreo donde se mide el PM10 y el PTS; pretendiendo hacer monitoreo constante y mejorar la calidad del aire en el país.

Por otra parte, en Bogotá la Secretaria Distrital del Ambiente cuenta con la red de monitoreo de calidad del aire ubicada en esta misma ciudad (RMCAB), recolectando información sobre el grado de concentración de PM10, PST y PM2.5 y de gases contaminantes como CO, O3, S02 y NO2, evaluando también precipitación, dirección del viento y velocidad, entre otras condiciones meteorológicas; actualmente cuenta con 13 estaciones fijas y una móvil. (Korc, 1999)

De acuerdo a una publicación realizada por (SEMANA, 2019), se implementaron acciones en municipios de Medellín con el fin de disminuir la contaminación atmosférica, donde para el año 2018 las nueve estaciones del Valle de Aburrá arrojaban niveles de contaminación en alerta naranja, afectando principalmente a personas vulnerables como niños, mujeres en estado de gestación y ancianos; días antes de estos resultados el Consejo de Estado había ratificado las medidas cautelares para proteger la calidad del aire, las cuales fueron establecidas por el Tribunal Administrativo de Antioquia, y posteriormente apeladas por la Alcaldía de Medellín y su área metropolitana. Dado a lo anterior varios ministerios de Colombia (Ambiente, Transporte, Minas y Energía, Salud y Protección Social), expusieron en Medellín la Estrategia Nacional de Calidad del Aire, poniendo como prioridad todas aquellas

emisiones a la atmosfera generadas por fuentes móviles y fijas (automóviles, actividades productivas y de servicio).

De igual manera a principio del año 2020 se observó una densa nubosidad de color gris que cubrió el cielo de Bogotá y Medellín, indicando el grave nivel de contaminación que afecta estas principales ciudades. Así mismo, una de las importantes causas de contaminación atmosférica en Colombia son los incendios forestales, especialmente en Boyacá, Cundinamarca, Santander, Tolima y Antioquia, a los que suman las actividades industriales y la circulación de vehículos de transporte de cargas. (El Tiempo, 2020)

En el mes de enero del presente año en Cali, especialmente en el sur de la ciudad hubo afectación a la atmosfera debido a las quemas de caña, arrojando alerta por altos niveles de contaminación según lo manifestó el alcalde Jorge Iván Ospina; confirmando este suceso el director del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (Dagma) Carlos Calderón, quien indicó que los sitios donde hay más índice de contaminación son La universidad del Valle, la base aérea y compartir. (El Tiempo, 2020)

La calidad del aire a nivel local. En Ocaña, Norte de Santander se hace monitoreo constante de la calidad del aire, gracias a las 3 estaciones fijas ubicadas en la Avenida Francisco Fernández de Contreras, La escuela de Bellas Artes y la zona Norte, pero a pesar de ello no se han efectuado estudios epidemiológicos con afectación a la salud y referentes al PM10.

2.2 Marco contextual

La ciudad de Ocaña, Norte de Santander se encuentra ubicada en la cordillera oriental con coordenadas 8° 14' 15" Latitud Norte y 73° 2' 26" Longitud Oeste y con una altura de 1.200 m.s.n.m., abarcando 460 km². Limita al norte con el departamento del Cesar, al sur con la ciudad de Cúcuta, se encuentra a 203 kilómetros de la ciudad del departamento y a 299 kilómetros de la ciudad de Bucaramanga; así mismo cuenta con importantes vías de acceso. (Alcaldía de Ocaña, 2016)

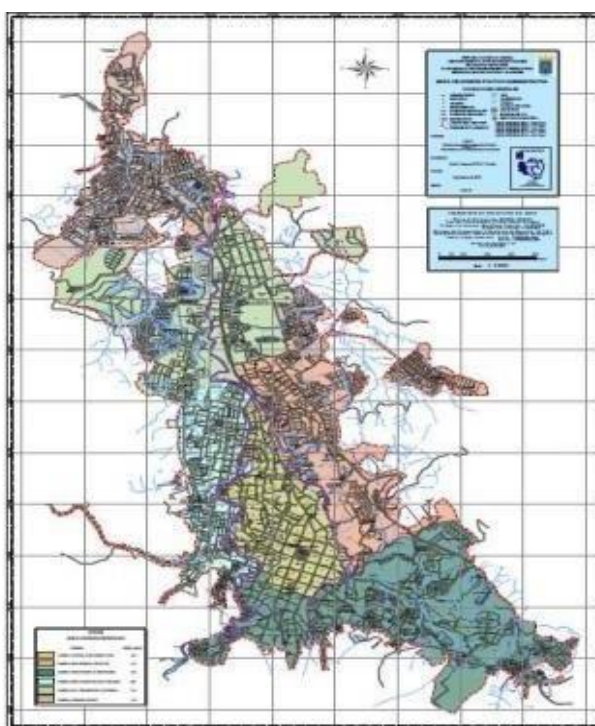


Figura 2. Mapa de la división político-administrativa de Ocaña. Fuente: Alcaldía de Ocaña, PBOT año 2015

Demografía de Ocaña. De acuerdo con el DANE para el año 2015 Ocaña contaba con 98.229 habitantes, pero debido al alto índice de migración de población venezolana hacia esta zona

esta cifra ha aumentado, de esas cantidades 88.908 corresponden a la zona urbana y 9.321 en la zona rural, donde 48.386 son mujeres y 43.843 hombres. (Alcaldía de Ocaña, 2016)

2.3 Marco conceptual.

Para el desarrollo del presente proyecto se tendrán en cuenta los siguientes conceptos:

La atmosfera. (DOMENECH, 1991) refiere en (Kevin, 2016) que la atmósfera es la capa gaseosa que envuelve a la tierra La necesidad de la atmósfera se debe a múltiples razones, desde ser el medio gaseoso que proporciona a los seres vivos sustancias imprescindibles para su desarrollo y evolución en la superficie de la Tierra, hasta el hecho de que constituye una pantalla protectora ante las radiaciones ultravioleta que proceden del Sol. Los componentes de la misma esenciales para estas funciones son el oxígeno y el ozono, los cuales, en su función de protección, actúan absorbiendo parte de la radiación ultravioleta que llega. El conocimiento exhaustivo de la atmósfera es de gran importancia cuando se aborda el estudio de su contaminación, puesto que su composición química implica la modificación de los contaminantes que son introducidos y su dinámica tiene como resultado el desplazamiento físico de los contaminantes, dando lugar a los procesos de dispersión y transporte de éstos en su seno.

Contaminación atmosférica. La cual es definida por (Aránguez, y otros, 1999) como “la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza”.

Captadores pasivos. Es un sistema de mucha utilidad para tomar muestras de

contaminación atmosférica y proceder a determinar de forma analítica los contaminantes o sustancias “atrapadas” en dichos captadores. (Bartual Sánchez)

Estos métodos sirven como indicativo de la contaminación permitiendo llevar a cabo evaluaciones de tendencias a largo plazo e identificar zonas de riesgo que deben ser monitoreadas con métodos convencionales para verificar el cumplimiento de la legislación ambiental como lo describe (Zapata, 2008)

Emisiones atmosféricas. Sustancias que son vertidas a la atmosfera, las cuales son producto de actividades humanas como las industrias, vehículos o actividades domésticas diarias. (ANLA, 2016)

Fuente fija. “Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa” (ANLA, 2016)

Fuentes móviles. Es la fuente de emisión que no se encuentra situada en un solo lugar, como los automóviles, autobuses, tractocamiones, entre otros, o que su operación ocasione contaminantes a la atmósfera. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR, 2019) (CENERGIA, 1998) refiere que los motores de combustión interna (MCI) generan emisiones tóxicas, contenidas en los vapores del combustible, en los gases del cárter y en el tubo de escape. Cerca del 1% de los gases de escape contienen aproximadamente 300 sustancias, de las cuales la mayoría son tóxicas (Ramos Estela, 2017)

Material particulado (PM). Se entiende por PM aquellas partículas sólidas y líquidas que se mezclan y se encuentran en el aire. (CEMCAQ., 2017)

Polvo sedimentado. “Partículas de tamaño superiores a 10 micrones que decantan (depositan) sobre una superficie”. (Instituto de Salud Pública, 2016)

2.4 Marco Legal

A nivel internacional se acogen normas de la OMS para establecer estudios de monitoreo en cuanto a los límites máximos permisibles sobre la concentración de polvo atmosférico sedimentable. En la siguiente tabla se presentan los estándares de calidad del aire para estudiar el polvo sedimentable por cada país, pues tienen una norma reglamentada.

Tabla 1. Estándares de calidad del aire

País	Tiempo promedio	Limites Máximo mg/cm²/30 días	Técnica
Argentina	30 días	1	Gravimetría
Suiza	30 días	0,6	Gravimetría
Costa Rica	30 días	1	Gravimetría
Ecuador	30 días	1	Gravimetría
Colombia	30 días	1	Gravimetría
Chile	30 días	0,5	Gravimetría
México	30 días	1	Gravimetría

Fuente. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria CEPIS.

Colombia ha venido tocando el tema ambiental desde varias décadas atrás, pero principalmente con la Constitución Política de 1991, la cual expresa en su artículo 79 que todos tenemos derecho a gozar de un ambiente sano, el artículo 80 hace alusión a

que el Estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.

Por otra parte, se encuentra la Ley 22 de 1973 la cual concede autoridad al presidente de la república para la creación del Código Nacional de los Recursos Naturales y Protección al Medio Ambiente, de igual forma para el año 1979 se expide la Ley 09 la cual promulga las medidas sanitarias para la protección al medio ambiente. Ya para el año 1993 aparece la Ley 99, por la cual se crea el SINA y se dictan otras disposiciones.

Luego se expide el Decreto 2811 de 1974, donde se dicta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, seguido de ello aparece el decreto 02 de 1982, reglamentando el título 1 de la Ley 09 de 1979 y el decreto 2811 de 1974, dictando disposiciones sanitarias sobre emisiones atmosféricas, así mismo se estipuló el Decreto 948 de 1995 el cual reglamenta la protección y control de calidad del aire, aplicable a todo el territorio nacional, y este a su vez ha sido derogado por los decretos 2107 de 1995, 1224 de 1996, 1228 de 1997, 1552 de 2000, 2107 de 1995 y 979 de 2006.

De igual manera aparece en 1995 la Resolución 1351, donde se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones (IEI), posteriormente se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles con la Resolución 005 de 1996, en ese mismo año se expide la Resolución 864 identificando todos los equipos de control ambiental que dan derecho al beneficio

tributario; ya para el año 2006 aparece la Resolución 601 derogando de forma parcial el Decreto 02 de 1982 y, estableciendo la norma de calidad del aire o nivel de inmisión para todo el territorio nacional. En el año 2010 se establece la Resolución 610, modificando la Resolución 601 de 2006; en este mismo año se expide la Resolución 650 por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, luego se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire (SISAIRE) con la Resolución 651; y por último se ajusta el Protocolo anteriormente mencionado y se adoptan otras disposiciones con la Resolución 2154.

2.5 Marco teórico

Fuentes puntuales. Son derivadas de la generación de energía eléctrica y de actividades industriales como son: la química, textil, alimentaria, maderera, metalúrgica, metálica, manufacturera y procesadora de productos vegetales y animales, entre otras. Las emisiones derivadas de la combustión utilizada para la generación de energía o vapor dependen de la calidad de los combustibles y de la eficiencia de los quemadores, mantenimiento del equipo y de la presencia de equipo de control al final del proceso (filtros, precipitadores y lavadores, entre otros). (INE,2010) refiere por (Kevin, 2016)

Fuentes de área. Incluyen la generación de aquellas emisiones inherentes a actividades y procesos, tales como el consumo de solventes, limpieza de superficies y equipos, recubrimiento de superficies arquitectónicas, industriales, lavado en seco, artes

gráficas, panaderías, distribución y almacenamiento de gas GLP, principalmente. Esta fuente también incluye las emisiones de actividades como son: el tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, entre otros. En este tipo de emisión se encuentra un gran número de contaminantes, de muy variado nivel de impacto en la salud.

Fuentes naturales. Como fuentes naturales se incluyen las tormentas de polvo, incendios forestales, emisiones volcánicas, polen de la fase de floración de las plantas, formación de partículas radioactivas de gases como el radón y cualquier otra fuente natural que sin acción del hombre genere partículas (Canciano, 2017)

Contaminantes. Los contaminantes pueden clasificarse como primarios y secundarios.

Contaminantes primarios. Aquellas sustancias contaminantes que son vertidas directamente a la atmósfera provienen de muy diversas fuentes dando lugar a la llamada contaminación convencional. Su naturaleza física y su composición química son muy variadas, si bien podemos agruparlos atendiendo a su peculiaridad más característica tal como su estado físico (caso de partículas y metales), o elemento químico común (caso de los contaminantes gaseosos). Entre los contaminantes atmosféricos más frecuentes que causan alteraciones en la atmósfera se encuentran (ARISTIZÁBAL, 1997) Aerosoles (en los que se incluyen las partículas sedimentables y en suspensión y los humos). 7 - Anhídrido carbónico, CO₂. - Óxidos de azufre, SO_x. - Monóxido de carbono, CO. -

Óxidos de nitrógeno, NOx. - Hidrocarburos, HnCm. - Ozono, O3. Además de estas sustancias, en la atmósfera se encuentran una serie de contaminantes que se presentan más raramente, pero que pueden producir efectos negativos sobre determinadas zonas por ser su emisión a la atmósfera muy localizada. Entre otros, se encuentra como más significativos los siguientes: - Otros derivados del azufre. - Halógenos y sus derivados. - Arsénico y sus derivados. - Componentes orgánicos. - Partículas de metales pesados y ligeros, como el plomo, mercurio, cobre, zinc. - Partículas de sustancias minerales, como el amianto y los asbestos. - Sustancias radiactivas ARISTIZABAL 1997 lo refiere en (Kevin, 2016)

Contaminantes secundarios. Los contaminantes atmosféricos secundarios no se vierten directamente a la atmósfera desde los focos emisores, sino que se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la misma. La contaminación fotoquímica. - La acidificación del medio. - La disminución del espesor de la capa de ozono.

Partículas atmosféricas sedimentables (PAS). Las partículas atmosféricas sedimentables se definen como Sustancias sólidas o líquidas que tienen un corto tiempo de permanencia en la atmósfera (apenas unas horas), son capaces de sedimentarse; tienen un diámetro aerodinámico mayor de 10 μm , estas tienen mayor relación con problemas en la salud humana que con contaminantes en el aire. Existen partículas en suspensión que se deben en parte a causas naturales, como la erosión, los incendios forestales, las lluvias y estas se sedimentan en el suelo según factores climáticos de humedad.

Cabe mencionar que las partículas que las partículas cercanas a las 10 micras de diámetro tienen un bajo poder de sedimentación, pero las que superan las 20 micras se depositan con suma facilidad (Ramos Estela, 2017)

Se le denominan polvo atmosférico o contaminante sólido sedimentable según Sandoval (1989) citado en (Chipoco, 2015) este contaminante está constituido por partículas con un diámetro mayor o igual a 10 micras, con tamaño y peso que está dentro de la influencia de la fuerza de atracción gravitatoria terrestre (gravedad), por lo que sedimentan y se depositan en forma de polvo en las diferentes superficies (edificios y objetos en exteriores e interiores, áreas verdes, avenidas y calles con o sin asfalto), desde donde vuelven a ser inyectados al aire por los llamados flujos turbulentos de las zonas urbanas; de este grupo de partículas, las más finas son las más peligrosas ya que tienen una mayor capacidad de penetración en el sistema respiratorio.

Las partículas atmosféricas sedimentables son dispersadas por el tránsito vehicular. La Organización Mundial de la Salud ha documentado artículos, donde indica que el principal problema del aumento en el parque automotor es la emisión de material particulado (OMS, 2018)

La contaminación del aire representa un alto riesgo medioambiental para la salud, ya sea en países desarrollados como en desarrollo, las enfermedades respiratorias son las primeras mencionadas al hablar de las consecuencias que tiene el exponerse a un aire

contaminado, según un informe anual del sistema nacional de salud del año 2013, realizado por el centro internacional de investigaciones sobre el cáncer de la OMS, determino que la contaminación del aire exterior tiene como consecuencia e cáncer de pulmón (OMS, 2018)

A nivel general, los principales medios por los cuales se produce contaminación atmosférica se concentran en los procesos industriales en donde se realiza combustión, así como por fuentes móviles tales como los automóviles. (IDEAM, 2014)

Estudios a nivel mundial revelan que un elemento clave en la vigilancia de calidad del aire es la evaluación de la exposición a un aire contaminado. De acuerdo con esto en salud pública el conocimiento de la distribución espacial de los niveles de la contaminación permite una aproximación de la población en riesgo haciendo clasificación según edad, nivel socioeconómico asegurando que las personas de bajos recursos económicos son las más propensas a estar en focos contaminantes y por esto tienden a enfermarse como lo menciona (España, 2012)

Del mismo modo La ciudad de Beijing (China) cuenta con 28 estaciones automáticas de monitoreo de calidad del aire localizadas en áreas de más 150 puntos de muestreo pasivo conforman la red de monitoreo ambiental de Beijing (Gaitan, Analisis de estado de calidad del aire en Bogotá., 2007)

Los captadores pasivos para la captación de gases. Se rigen por la ley de Fick,

que relaciona el flujo de un gas que difunde desde una región de alta concentración (extremo abierto del tubo), con el tiempo de exposición y área del captador que está expuesto al contaminante. En el difusor pasivo existe un volumen de aire donde se produce un gradiente de concentraciones desde la parte externa del volumen en contacto con el ambiente exterior y con una contaminación ambiental, hasta la parte interna, donde se encuentra el agente absorbente y que tiene una concentración nula de dicho contaminante a determinar. Este gradiente de concentraciones es la fuerza que mueve al contaminante por difusión a través del captador hasta llegar al absorbente.

La ley por la que se fundamenta la difusión que realizan las moléculas del aire al entrar en contacto con el tubo se denomina, ley de Fick (Vicente, 2005)

Los captadores pasivos se definen como un dispositivo capaz de captar muestras de contaminantes de gas o de vapor de la atmósfera con una velocidad controlada por un proceso físico como la difusión a través de una capa de aire estático de permeación a través de una membrana, sin la intervención de un movimiento activo de aire a través del captador (Vicente, 2005)

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de investigación

El presente proyecto se efectuó bajo una investigación básica aplicada y cuantitativa, empleando conceptos claves, donde tuvimos en cuenta investigaciones bajo este mismo tema y enfoque, buscando la forma de poder obtener los resultados y realizar su respectivo análisis, haciendo uso de softwares para la modelación del contaminante atmosférico y examinando los resultados obtenidos de forma numérica.

3.2 Población

La población a manejar para el presente proyecto es la perteneciente al sector ciudadela norte de la ciudad de Ocaña, Colombia.

3.3 Muestra

Se tomó una muestra por un tiempo de 1 mes, donde se tuvieron en cuenta las siguientes etapas:

3.1.1 Selección del área de estudio. Se seleccionó el punto de Crediservir en la zona norte, con el fin de determinar la funcionalidad del captador pasivo; en dicha zona

se presentan diversas actividades económicas y domésticas.

3.1.2 Montaje de los medidores pasivos. Se compró el material necesario y se realizó el medidor pasivo, el cual fue instalado en el punto ya identificado. En este punto es importante resaltar el convenio 073 entre CORPONOR y la UFPSO, ya que para el montaje del captador pasivo se realizó al lado del PM10 ubicado en Crediservir.

Durante la ejecución del proyecto se tuvieron en cuenta variables independientes como clima, estaciones y días de monitoreo; y variables dependientes como concentración de partículas suspendidas totales y los factores de emisión propuestos por la EPA según modelos de vehículos y sus categorías.

3.3.2.1 Modelo del captador pasivo.

Figura 3. Modelo del captador pasivo. Fuente: Autoras



3.3.2.2 Montaje del captador pasivo.



Figura 4. Montaje de captador pasivo. Fuente: Autoras

3.4 Recolección de información

Como se mencionaba anteriormente para este proceso se tomó la muestra en 1 mes, se llegó hasta la zona de muestreo, retirando el captador (tubo de PVC) para posteriormente llevarlo al laboratorio de calidad del aire de la UFPSO y realizar la respectiva determinación de material particulado (PM).



Figura 5. Conteo de vehículos por vídeos de seguridad. Fuente: Autoras

Para el respectivo conteo de vehículos usamos un vídeo de seguridad del centro comercial Ciudadela Norte, debido al alto índice de inseguridad en la zona, realizando conteo por los días 14 y 15 de diciembre, subida y bajada por media hora de cada vehículo, usando el programa smart player, porcentaje de confiabilidad: se encuentra entre el 85% y 90%

3.1 Análisis de la información

El análisis de la información se realizó gracias al software Envimet, el cual permitió observar el comportamiento de dispersión del contaminante. (environmental, l. , s.f.)

Por otra parte, se analizó la información mediante la concentración de pm 2.5 para ello se realizaron los cálculos necesarios a las mediciones realizadas, teniendo en cuenta la ecuación formulada con el factor de emisión de vehículos por categoría formulada por la (Agency, 2019)

Capítulo 4. Administración del proyecto

4.1 Recursos humanos

Para poder efectuar el presente proyecto fue necesario contar inicialmente con los encargados de los puntos de monitoreo (Crediservir – Santa Clara), como la corporación autónoma regional CORPONOR, ya que es indispensable su apoyo para poder mantener los medidores en los puntos sin que se vean afectados, seguido el docente quien nos guio durante el mismo, ya que él nos proporcionó información. Y, por último, nosotras como ejecutoras del trabajo.

4.2 Recursos institucionales

Fue necesario el acompañamiento de la UFPSO y CORPONOR como entidades públicas o privadas que contribuyeron al mejor desempeño del proyecto.

4.3 Recursos financieros

Se realizó un estimado de los costos de cada material que se usó para poder preparar y montar los medidores pasivos, desglosándose la información en la siguiente tabla.

Tabla 2. Recursos financieros

Descripción	Cantidad	Precio	Total
Láminas de platina $\frac{3}{4}$	5 unidades	\$ 2,600	\$13,000
Cajas Petri de polipropileno	2 paquetes	\$7,500	\$15,000
Tubos de PVC tipo sanitario con tapa doble	3 unidades	\$15,333	\$46,000
Tiras de lamina	3 unidades	\$666	\$2,000
Ruedas de hierro	6 unidades	\$2,500	\$15,000
Flejes de láminas de platina	6 unidades	\$2,500	\$15,000
Angeo	1 metro	\$7,000	\$7,000
Broca de $\frac{1}{2}$	1 unidad	\$3,000	\$3,000
Broca de $\frac{1}{4}$	1 unidad	\$6,000	\$6,000
Disco de corte de lámina	1 unidad	\$4,000	\$4,000
Platinas de $\frac{1}{2}$ * $\frac{1}{8}$	3 unidades	\$20,000	\$60,000
Tornillos, arandelas y tuercas	Paquete por 40 unidades	\$28,900	\$28,900
Aerosoles anticorrosivos	2 unidades	\$7,000	\$14,000
Abrazaderas metálicas	4 unidades	\$3,500	\$14,000
Alambre dulce	1 libra	\$4,000	\$4,000
Varilla	2 metros	\$7,000	\$7,000
Malla metalizada	1 metro	\$7,000	\$7,000
Transporte, instalada y desinstalada	N/A	\$120,000	\$120,000
Toma de muestra en laboratorio	N/A	\$12,000	\$12,000
TOTAL		\$260,499	\$385,900

Fuente: Autoras

Capítulo 5. Resultados

5.1 Datos meteorológicos

En la tabla 3 se evidencian los resultados obtenidos luego de retirar los captadores pasivos del punto de muestreo y su posterior análisis en el laboratorio de calidad del aire, teniendo en cuenta que el diámetro del tubo es de 6 pulgadas.

Según esta primera tabla, podemos evidenciar que la zona norte es altamente contaminada.

Tabla 3. Índice de valores de calidad polvo atmosférico suspendido en los puntos de muestreo.

Lugar	Área	Peso del filtro	Peso de la muestra	Gramos sedimentados	Gramos/m ²	Ton/km ²
Santa Clara	0,02010624	1,0452	1,0631	0,0179	0,890	0,89027088

Fuente: Autoras

Conteo de vehículos

Zona norte Para el respectivo conteo de vehículos en la zona norte hicimos uso de videos de cámara de seguridad los cuales fueron obtenidos de la cámara ubicada cerca al terminalito de propiedad del centro comercial Ciudadela Norte. Todo esto dado al alto grado de inseguridad que se vive en el municipio más en épocas de pandemia; por ende, seleccionamos 2 días: 14 y 15 de diciembre, dividiéndolos por subida y bajada de cada vehículo, se realizó conteo en intervalos de 30 min por cada hora de los días mencionados, clasificados de la siguiente manera:

Tabla 4. Tipo y número de vehículos bajando

Tipo de vehículos	Número de Vehículos
Camionetas Suv	420
Pickup y jeep	335
Motocicletas	8512
Camiones grandes	306
Camiones pequeños	105
Busetas	435
Carros pequeños	2857

Fuente: Autoras

Tabla 5. Tipo y número de vehículos subiendo

Tipo de vehículos	Número de Vehículos
Camionetas Suv	356
Pickup y jeep	359
Motocicletas	7515
Camiones grandes	387
Camiones pequeños	120
Busetas	476
Carros pequeños	3125

Fuente: Autoras

Tabla 6. Totalidad de vehículos

Tipo de vehículos	Totalidad
Camionetas Suv	776
pickup y jeep	694
motocicletas	16027
Camiones grandes	693
Camiones pequeños	225
Busetas	911
Carros pequeños	5982

Fuente: Autoras

Para el cálculo de factor de emisión de cada vehículo tuvimos en cuenta la siguiente formula $N_{jk} * M_{jk} * E_{fijk} \text{ pm } 2,5 = E_{ij}$.

Tabla 7. Emisiones por vehículo zona norte

Eij	Njk N° Vehículos	Mjk(km)	Efijk pm 2.5 g/km	Eij
Camionetas Suv	776	1,5	0,0014	1,6296
pickup y jeep	694	1,5	0,0015	1,5615
motocicletas	16027	1,5	0,0022	52,8891
Camiones grandes	693	1,5	0,0015	1,55925
Camiones pequeños	225	1,5	0,0022	0,7425
Busetas	911	1,5	0,0022	3,0063
Carros pequeños	5982	1,5	0,0022	19,7406

Fuente: Autoras



Figura 6. Modelación de calidad del aire en la zona norte. Fuente: Autoras

Tabla 8. Datos meteorológicos día 14 de diciembre

Fecha	HORA	TEMPERATURA	PRECIPITACION	HUMEDAD	VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION DEL VIENTO
lunes, 14 de diciembre de 2020	0	18,878412	0	89	4,3349743	94,76365
	1	18,508411	0	90	4,379589	99,46232
	2	18,39841	0	90	4,1046314	105,25512
	3	18,378412	0	89	3,8773184	111,80141
	4	18,368412	0	89	3,7064266	119,054596
	5	18,218412	0	89	3,396233	122,00538
	6	18,128412	0	89	3,6	126,869896
	7	17,48841	0	88	7,42159	140,90614
	8	22,39841	0	63	5,2416787	105,9454
	9	25,298412	0	49	5,937272	75,96376
	10	27,198412	0	42	5,991594	57,26477
	11	28,588411	0	38	6,6087217	29,357742
	12	29,47841	0	37	8,209263	15,255127
	13	29,948412	0	37	9,779817	6,340164
	14	29,098412	0	39	10,464798	356,0548
	15	28,038412	0	43	10,594036	350,2176
	16	26,98841	0	46	10,483357	344,0546
	17	25,848412	0	50	10,931203	342,75854
	18	24,328411	0	56	8,473393	347,73523
	19	23,128412	0	62	6,87779	353,991
	20	21,548412	0	70	7,208994	357,13757
	21	20,608412	0	75	6,12	360
	22	19,718412	0	79	5,1544156	12,094757
	23	19,028412	0	83	4,829907	26,565033
0	18,39841	0	85	4,072935	44,999985	
Promedio		22,6404114		66,68	6,4719975	164,23418

Fuente: Autoras

Tabla 9. Datos meteorológicos día 15 de diciembre

Fecha	HORA	TEMPERATURA	PRECIPITACION	HUMEDAD	VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION DEL VIENTO
Martes, 15 de diciembre de 2020	0	1	17,868412	0	87	4,072935
	1	2	17,368412	0	88	3,563818
	2	3	17,928411	0	86	3,319036
	3	4	18,588411	0	84	2,5455842
	4	5	18,778412	0	84	2,8116899
	5	6	18,638412	0	88	2,8116899
	6	7	14,368411	0	78	6,9153743
	7	8	21,218412	0	62	5,8048253
	8	9	24,048412	0	49	7,9036193
	9	10	26,23841	0	40	8,942214
	10	11	27,778412	0	35	9,449572
	11	12	28,868412	0	33	10,00256
	12	13	29,39841	0	32	10,829958
	13	14	29,438412	0	34	11,367109
	14	15	28,928411	0	36	12,015589
	15	16	27,89841	0	41	11,901798
	16	17	26,408411	0	47	10,799999
	17	18	23,018412	0	60	8,64
	18	19	21,598412	0	68	7,5942073
	19	20	21,358412	0	72	6,8399997
	20	21	19,418411	0	84	6,379216
	21	22	17,888412	0	91	5,95906
	22	23	16,56841	0	96	6,489992
	23	0	16,028412	0	95	6,989936
	0	18,39841	0	85	4,072935	44,999985
Promedio		11,7759364		3,4	62,962917	8,7579907

Fuente: Autoras

Capítulo 6. Conclusiones

Los resultados analizados según los valores de referencia del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria CEPIS, donde plantean que el polvo atmosférico debe estar en $1\text{mg}/\text{cm}^2/30$ días, y comparando con los valores de la OMS que son de $0,5\text{mg}/\text{cm}^2/30$ días, se puede concluir que el material particulado en su mayoría evaluado en la presente investigación no supera los niveles permisibles; sin embargo, en una zona donde confluye considerada cantidad de vehículos, por lo tanto se debe monitorear los gases emitidos por cada vehículo.

De acuerdo con la modelación realizada de la zona norte con el software Envimet, se concluye que el contaminante se dirige de sur a oeste teniendo como referencia la vía principal de Crediservir; dejando ver que por acción de dirección del viento va de norte a sur, y la zona roja es la más contaminada teniendo en cuenta la ubicación del captador pasivo.

El aforo vehicular nos permitió establecer que el mayor número de vehículos que transitan por la vía del sector de la zona norte los que más contaminan son motocicletas, carros pequeños y camiones de carga pesada; pero que adicional a ello, existen calles destapadas y una cancha deportiva aledañas al lugar.

Recomendaciones

Evaluar la posibilidad de reubicar el “terminalito” de la zona norte, pues este en primer lugar hace que la congestión vehicular se incremente, al ingresar y salir vehículos de este; teniendo en cuenta también el ancho de las vías y el plan de ordenamiento territorial, pues como bien sabemos es un sitio de gran comercio, donde las vías se encuentran obstruidas por la misma razón.

Realizar adecuación de las vías alternas para que la concentración de material particulado no sea tan elevada.

Implementar los captadores pasivos en diferentes puntos de muestreo en el municipio de Ocaña, con el fin de conocer la calidad del aire no solo en los puntos donde ya se ha monitoreado antes.

Seguir realizando estudios que vayan articulados con la contaminación del aire y los efectos nocivos que trae la misma para la salud de la población involucrada, buscando el apoyo de todos los entes que tengan manejo sobre el tema.

Los contaminantes de estas partículas suspendidas totales aparte del origen por tráfico vehicular también provienen del polvo emitido por construcciones, debido a esto una estrategia para disipar gran parte de estas partículas sería sembrar más árboles creando un parque cercano a esta vía en ayuda con entidades como CORPONOR que en el municipio siempre se han interesado por la protección de los recursos naturales.

Por último, determinar la concentración de material particulado en diferentes tiempos, para

poder realizar un comparativo de cuál es el tiempo donde más PM existe, ya sea en época seca o húmeda, y tener en cuenta la periodicidad de muestreo y la ubicación de los captadores pasivos, pues estas características influyen en los resultados obtenidos.

Referencias

- Alcaldía de Ocaña. (2016). ocananortedesantander. Obtenido de https://ocananortedesantander.micolombiadigital.gov.co/sites/ocananortedesantander/content/files/000108/5375_preliminar_pdm_ocaa_20162019eslahoradeocaa.pdf
- Ambiental, u. m. (2017). Exposición ambiental a dióxido de nitrógeno y salud respiratoria. unidad mixta de investigacion y epidemiologia y dalud ambiental, 6.
- ANLA. (2016). ANLA. Obtenido de <http://portal.anla.gov.co/permiso-emisiones-atmosfericas>
- Bartual Sánchez, J. (s.f.). Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo. 1998.
- Canciano, R. &. (2017). Muestreo pasivo de contaminantes atmosféricos. . Cuba: Uso en Cuba.
- CARRILLO, E. C. (2015). EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA CONTAMINACION DEL AIRE EN LA CIUDADELA NORTE. En E. C. CARRILLO, EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA CONTAMINACION DEL AIRE EN LA CIUDADELA NORTE (pág. 159). Ocaña: UFPSO.
- CEMCAQ. (2017). Centro de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro.
- El Tiempo. (16 de 02 de 2020). Nación y Bogotá. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/calidad-del-aire-en-colombia-asi-esta-la-alerta-en-las-capitales-462820>
- environmental, l. . (s.f.). Obtenido de https://www.weblakes.com/download/us_epa.html: https://www.weblakes.com/download/us_epa.html
- España, E. y. (2012). Variación espacial de la exposición a contaminación atmosférica. . Estarllich,et al., 6.
- Gaitan, C. &. (2007). Analisis de estado de calidad del aire en Bogotá. Revista de ingenieria, 12.

Gaitan, C. &. (2007). Analisis de estado de calidad del aire en Bogotá. Revista de ingeniería, 12.

Galindo Garrido, A. P. (2012). Repositorio Universidad de la Costa. Obtenido de

<http://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/2667>

ICA. (2020). ICA. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/el-ica>: <https://www.ica.gov.co/el-ica>

IDEAM. (2014). Contaminación y Calidad Ambiental. Obtenido de

<http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/contaminacion-atmosferica>

Instituto de Salud Pública. (2016). Instituto de Salud Pública. Obtenido de

[https://multimedia.3m.com/mws/media/1571811O/protocolo-toma-de-muestra-polvo-sedimentado.pdf#:~:text=%2D%20Polvo%20Respirable%3A%20Es%20la%20fracci%C3%B3n,%2D%20positan\)%20sobre%20una%20superficie.](https://multimedia.3m.com/mws/media/1571811O/protocolo-toma-de-muestra-polvo-sedimentado.pdf#:~:text=%2D%20Polvo%20Respirable%3A%20Es%20la%20fracci%C3%B3n,%2D%20positan)%20sobre%20una%20superficie.)

Korc, M. E. (1999). Monitoreo Ambiental. Obtenido de

<http://www.monitoreoambiental.com/download/14.%20Monitoreo-Aire-latam.pdf>

Omar Rojas, I. J. (2011). Evaluacion de un sistema pasivo de cpvc para dioxido de nitrogeno en el aire. . Costa rica: Centro de ivestigacion en contaminacion ambiental.

OMS. (2018). Organización Mundial de la Salud (OMS). . Obtenido de

[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

OPS. (2016). Organización Panamericana de la Salud (OPS). Obtenido de

https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es

Ramos Estela, L. (2017). Universidad Nacional Agraria de La Selva. Obtenido de

https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academic

as/PARTICULAS%20ATMOSFERICA%20SEDIMENTABLES%20EN%20TRES

Romero Placeres, M. &. (2014). Control de Contaminación del Aire. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/295861652_Control_de_la_contaminacion_del_aire

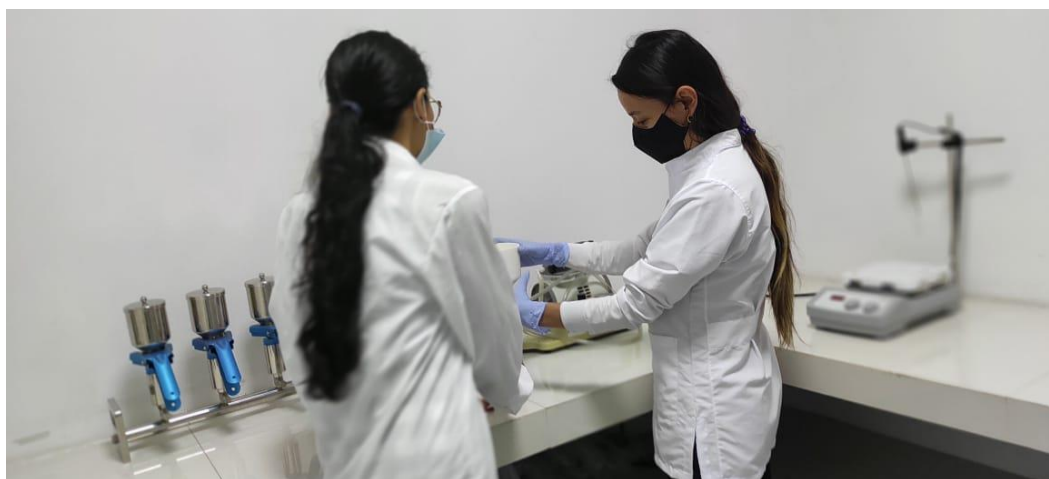
Zapata, Q. y. (2008). Fortalecimiento de la red de monitoreo de calidad del aire en el valle de aburra con medidores pasivos. *Gestion y ambiente*.

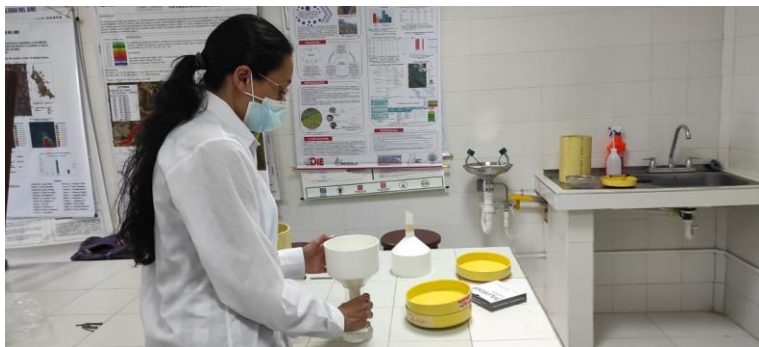
Zhang, Q. S. (2009). *Atmos*. Obtenido de <https://www.atmos-chem-phys.net/9/5131/2009/acp-9-5131-2009.pdf>

Apéndices

Apéndice A. Montajes en laboratorio









Apéndice B. Facturas compra de materiales



FERREVALLE
 Edgar Ovalle León Nit. 13.165.520 Régimen Simplificado
TODO EN FERRETERÍA
 Tornillería y Herramienta en General
 Calle 6 N° 16-80 La Rotina, Ocaña N. de S. C. Cel. 317 851 38 71 - 312 379 52 02 - 301 373 58 69

19.10.2020 **FACTURA DE VENTA** No. **4218**

Señor(es): Andrea C.C./Nit. _____
 Dirección: _____ Tel. _____

CANT.	DESCRIPCIÓN	VR. UNIT.	VR. TOTAL.
8	TOR 1/8 x 3/4	50	400
18	TOR 1/2 x 1"	80	1440
36	Arandales	50	1800
18	Tornillos	50	900
8	Arandales	50	400
8	Tornillos	50	400
			8940
			TOTAL \$ 8900

Esta factura de venta se asimila en sus efectos legales a una letra de cambio según en el Art. 779 del CC.

FERRETERIA BÉTO
 CARMEN ELVIRA GALVIS GERARDINO Nit. 26774711-4
 Compra y Venta de Zinc, Mangueras, Cemento, FERRETERIA EN GENERAL
 CRA 14 # 7-21 TEL. 5622346 CEL. 3188067732 MERCADO PUBLICO OCAÑA N. DE S.

20 | 10 | 20 **ORDEN DE PEDIDO**

SEÑOR(ES) Andrea NIT. _____
 DIR. _____ TEL. _____

CANT.	DESCRIPCIÓN DE LA MERCANCIA	VR. UNIT.	VR. TOTAL.
1	Inteo de ango		7000
1	Broca		3000
			\$ 10000
			TOTAL A PAGAR \$ 10000

Cancelado Entregado

COTIZACIÓN REMISION
 CUENTA DE COBRRO PEDIDO 20 | 10 | 20

CLIENTE _____ TEL: _____
 DIRECCIÓN _____

CANT.	DESCRIPCIÓN	VR. UNID.	VR. TOTAL
1	villy		7000
			TOTAL \$ 7.000

20 OCT. 2020
 CANCELADO

FERRETERIA BÉTO
 CARMEN ELVIRA GALVIS GERARDINO Nit. 26774711-4
 Compra y Venta de Zinc, Mangueras, Cemento, FERRETERIA EN GENERAL
 CRA 14 # 7-21 TEL. 5622346 CEL. 3188067732 MERCADO PUBLICO OCAÑA N. DE S.

17 | 10 | 20 **ORDEN DE PEDIDO**

SEÑOR(ES) _____ NIT. _____
 DIR. _____ TEL. _____

CANT.	DESCRIPCIÓN DE LA MERCANCIA	VR. UNIT.	VR. TOTAL.
1	Ala de malla 20anch		7000
			TOTAL A PAGAR \$ 7000

Cancelado Entregado

FERREOVALLE
Edgar Ovalle León N.L. 13,106,620 Registrado
TODO EN FERRETERÍA
Tornillería y Herramienta en General
Calle 8 N° 16 - 80 La Rotina, Coahuila, de S. C. Cal. 317 851 30 71 - 312 379 82 02 - 301 373 58 89

DIA: 20 MES: 10 AÑO: 2020
COTIZACIÓN
Señor(es): *Andrea*
Teléfono: _____

Cant.	DETALLE	Vr. TOTAL
17	708	
17	Tuerca	
17	Arandela	3500
	Broca	6500
		20000
		\$
TOTAL \$		20000

GRACIAS POR SU COMPRA

20-oct-2020

COTIZACIÓN
CUENTA DE COBRO
REMISIÓN
PEDIDO

CANT.	DESCRIPCIÓN	VR. UNITARIO	VALOR TOTAL
	plata 3/4		20.000

Subtotal
TOTAL A PAGAR 20.000

21-oct-2020

COTIZACIÓN
CUENTA DE COBRO
REMISIÓN
PEDIDO

CANT.	DESCRIPCIÓN	VR. UNITARIO	VALOR TOTAL
1/2 met	1/2 x 3/16		3500

Subtotal
TOTAL A PAGAR

26-10-2020

COTIZACIÓN
CUENTA DE COBRO
REMISIÓN
PEDIDO

CANT.	DESCRIPCIÓN	VR. UNIT.	VR. TOTAL
2	Aerosol Antioxido Gas color King		7000

TOTAL \$ 7000

170716 Jaldy
32009970
85

16-10-2020

CLIENTE: Andrea

DESCRIPCION: 1/2 placa 3/4x1/8
2 mts veneno 1/2 plomo

CANT	DESCRIPCION	VR UNITARIO	VALOR TOTAL
1/2	placa 3/4x1/8	5.500	5.500
2	mts veneno 1/2 plomo	7.000	14.000
			12.500

Subtotal 12.500

TOTAL A PAGAR 12.500

amjcl de

Industrias Metálicas
ASMETAL

Jhonny Ascario Gomez - Cel. 315 3202546
Eduardo Ascario Gomez - Cel. 315 7292803

Todo lo relacionado con la Orientación de Puertas y Ventanas. Trabajos garantizados.

Diagonal a Cotransregional Barrio El Libano - Ducha, N. de S.

FACTURA DE VENTA 0850

Cliente: Jaldy

CANT	DETALLE	V. UNIT	V. TOTAL
6	puertas de hierro	2.500	15.000

TOTAL \$ 15.000

CLIENTE Y FECHA: Octubre 19/20

CLIENTE: Andrea

DESCRIPCION: 3/3 Tipos de pintura 3/4x1/8 de 750
3/3 Tiras de aluminio

CANT	DESCRIPCION	VR UNITARIO	VALOR TOTAL
3/3	Tipos de pintura 3/4x1/8 de 750	75.000	225.000
3/3	Tiras de aluminio	25.000	75.000
			75.000

Subtotal 75.000

TOTAL A PAGAR 75.000

INDUSTRIA NACIONAL
Calle 8 No. 54-10 La A. Hostia
Teléfono 02977979 - Ducha, N. de S.