

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**“CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MENORES  
A 10 MICRÓMETROS Y GESTIÓN AMBIENTAL CON ÁREAS VERDES  
EN LA CIUDAD DE JULIACA”**

**TESIS**

PRESENTADA POR:

**ALÍ MAYCOL HANCCO VILAVILA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

PROMOCIÓN: 2014 - II

**PUNO - PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MENORES  
A 10 MICRÓMETROS Y GESTIÓN AMBIENTAL CON ÁREAS VERDES  
EN LA CIUDAD DE JULIACA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ALÍ MAYCOL HANCCO VILAVILA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

**FECHA DE SUSTENCTACIÓN: MIERCOLES 11 DE OCTUBRE DE  
2017**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

**PRESIDENTE**

.....

Dr. Luís Alfredo PALAO ITURREGUI

**PRIMER MIEMBRO**

.....

Dr. Ernesto Javier CHURA YUPANQUI

**SEGUNDO MIEMBRO**

.....

M. Sc. Gregorio Fructuoso ARGOTE QUISPE

**DIRECTOR DE TESIS**

.....

M. Sc. Flavio ORTIZ CALCINA

**ASESOR DE TESIS**

.....

Dr. Walter Alejandro ZAMALLOA CUBA

**ASESOR DE TESIS**

.....

Ing. Herbert PHOCCO MACHACA

**PUNO**

**PERÚ**

**2017**

**Área : Ciencias agrícolas  
Tema: Gestión ambiental**



## DEDICATORIA

*Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.*

*De igual forma, dedico esta tesis a mi padre Adrián Aurelio Hancoco Masco y a mi madre Graciela Vilavila Espinoza, que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles que con sus ejemplos me inculcaron lo mejor de ellos.*

*A mis queridos hermanos Ruth Yeny y Edgar Raúl, que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo, y junto a ellos aprendí el valor de la paciencia y a mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.*

*A todos mis amigos (as), que de alguna manera me apoyaron durante toda mi formación profesional y durante la ejecución del presente proyecto de investigación.*

*A mis maestros de la universidad por inculcarme los diferentes conocimientos que me impartieron y por los ejemplos de seguir adelante a pesar de los obstáculos siguen avanzando.*

*Alí Maycol H. V.*

## AGRADECIMIENTOS

- ❖ A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en especial a la escuela profesional de Ingeniería Agronómica, que gracias a las enseñanzas de sus docentes forman profesionales de gran sabiduría científica y técnica en las ciencias de la Ingeniería Agronómica.
  
- ❖ Al Dr. Walter Alejandro Zamalloa Cuba y al Ing. Herbert Phocco Macha, por su apoyo como asesor del presente proyecto de investigación, por sus valiosos consejos y por sus diferentes contribuciones y sus observaciones.
  
- ❖ Al Ing. M. Sc. Flavio Ortiz Calcina, por su iniciativa de realizar el presente proyecto y su apoyo profesional incondicional en las diferentes etapas del trabajo, por sus valiosos consejos y observaciones como director del presente proyecto de investigación.
  
- ❖ A todos los amigos y compañeros de estudio que de una u otra manera apoyaron la ejecución del presente proyecto de investigación.
  
- ❖ A la empresa consultoría y monitoreo Perú S.A.C. Por facilitarnos todos los equipos de monitoreo de laboratorio para los respectivos análisis realizado.

## ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
CAPITULO I .....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1 Planteamiento del problema .....	3
Preguntas específicas: .....	4
1.2 Antecedentes de la investigación.....	5
1.3 Objetivos de la investigación .....	9
2 CAPITULO II.....	10
MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL Y MARCO LEGAL.....	10
2.1 Marco teórico .....	10
2.1.1 Contaminación atmosférica .....	10
2.1.2 Material particulado (PM10) .....	10
2.1.3 Relación entre el PM2.5 y el PM10 .....	10
2.1.4 Fuentes de emisión.....	10
2.1.5 Medición partículas en suspensión menores de 10 µm (PM10).....	11
2.1.6 Separador inercial de boquillas opuestas.....	11
2.1.7 El aire .....	12
2.1.8 Principales contaminantes del aire.....	12
2.1.9 Partículas ambientales .....	13
2.1.10 Efectos de las partículas en el ecosistema y en las plantas.....	13
2.1.11 Efectos en las plantas .....	14
2.1.12 Efectos de las partículas en la salud.....	14
2.1.13 Funciones ambientales de las áreas verdes .....	14
2.1.14 Beneficios de los árboles en el ambiente urbano .....	15
2.1.15 Forestales para mitigación de material particulado .....	15
2.1.16 Vías verdes .....	15

2.1.17	Gestión ambiental de áreas verdes.....	16
2.1.18	Sistema de información geográfica .....	16
2.2	Marco conceptual.....	17
2.2.1	Contaminación .....	17
2.2.2	Contaminación ambiental.....	17
2.2.3	La contaminación del aire .....	17
2.2.4	Fuentes de contaminación .....	17
2.2.5	Efectos globales de la contaminación atmosférica.....	18
2.2.6	Contaminación industrial y urbana .....	19
2.2.7	Material particulado.....	19
2.2.8	Parámetros meteorológicos .....	19
2.2.9	Temperatura del ambiente .....	20
2.2.10	Humedad relativa .....	20
2.2.11	Presión barométrica .....	20
2.2.12	Dirección del viento.....	20
2.2.13	Velocidad del viento .....	20
2.2.14	Precipitación.....	20
2.2.15	Radiación solar .....	21
2.2.16	Densidad poblacional.....	21
2.2.17	Carga vehicular/horas/día .....	21
2.2.18	Compensación ambiental.....	21
2.2.19	Área verde.....	22
2.2.20	Plan de forestación .....	22
2.2.21	Respecto al software ArcMap .....	22
2.3	Marco legal .....	23
3	CAPITULO III.....	26
	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN .....	26
3.1	Ubicación.....	26

3.2	Límites.....	26
3.3	Juliaca y su entorno geográfico .....	26
3.4	Superficie .....	27
3.5	Población .....	27
3.6	Climatología de la ciudad de Juliaca.....	27
4	CAPITULO IV .....	28
	MATERIALES Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	28
4.1	Materiales, equipos y softwares .....	28
	4.1.1 Materiales.....	28
	4.1.2 Equipos .....	28
	4.1.3 Softwares .....	28
4.2	Desarrollo metodológico .....	29
	4.2.1 Etapa de ubicación de puntos de evaluación o monitoreo .....	29
4.3	Convalidación de puntos de monitoreo .....	29
	4.3.1 Horas que se realizan las observaciones sinópticas .....	30
4.4	Consideraciones sobre ubicación de puntos de monitoreo en la ciudad de Juliaca.....	30
4.5	Metodología de muestreo del Hi-Vol.....	30
4.6	Etapa de recolección de la muestra de concentración de PM <sub>10</sub> en la ciudad de Juliaca .....	31
	4.6.1 Recolección de partículas de PM <sub>10</sub> .....	31
	4.6.2 Cambio de filtro del equipo Hi-Vol.....	32
4.7	Etapa de laboratorio.....	32
	Criterios de metodología para el aseguramiento de la calidad de resultados de PM <sub>10</sub> en µg/m <sup>3</sup> .....	32
4.8	Trabajo de campo.....	33
	4.8.1 Identificación de actividades antropogénicas .....	33
4.9	Interpolación con spline .....	33
4.10	Zonificación de las áreas verdes de uso actual y uso potencial.....	33
5	CAPITULO V .....	34
	INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	34
5.1	Marco Legal .....	34

5.2	Concentración de Material Particulado Menores a 10 micrómetros en la Ciudad de Juliaca .....	34
5.3	Diferencias de Concentraciones de material particulado menores a PM <sub>10</sub> micrómetros en zonas de evaluación de la ciudad de Juliaca .....	40
5.3.1	Diferencias de Concentraciones de material particulado de PM <sub>10</sub> en los puntos de muestreo de Zona – Oeste .....	40
5.3.2	Diferencias de Concentraciones de material particulado de PM <sub>10</sub> en los puntos de muestreo de Zona – Centro.....	45
5.3.3	Diferencias de Concentraciones de material particulado de PM <sub>10</sub> en los puntos de muestreo de Zona Sur-Este .....	50
5.3.4	Actividades antropogénicas que efectúan en la zona de evaluación del material particulado menores a 10 micrómetros de la ciudad de Juliaca	58
5.3.5	Flujo vehicular .....	58
5.3.6	Actividades antrópicas .....	62
5.3.7	Analizando las actividades antropogenicas en la ciudad de Juliaca	65
5.4	Uso actual y potencial de áreas verdes en la ciudad de Juliaca.....	66
5.4.1	Uso actual de áreas verdes en la ciudad de Juliaca .....	66
5.4.2	Uso potencial de áreas verdes en la ciudad de Juliaca.....	72
6	CONCLUSIONES .....	83
7	RECOMENDACIONES.....	84
8	BIBLIOGRAFIAS .....	85
9	ANEXOS.....	89



**INDICE DE TABLAS**

<b>Índice</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. (ECA – Aire) .....	24
Tabla 2: Estándares de Calidad del aire de otras Organizaciones. ....	25
Tabla 3: Estándar de áreas verdes como mínimo. ....	25
Tabla 4: Estaciones de monitoreo. ....	29
Tabla 5: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. (ECA - Aire) .....	34
Tabla 6: Estándares Internacionales de Calidad Ambiental del Aire. (OMS - Aire) .....	34
Tabla 7: Concentraciones de material particulado de PM10 en la ciudad de Juliaca por 24 horas.....	35
Tabla 8: Diferencia de concentraciones de PM10 en los puntos de muestreo de zona- oeste. ....	40
Tabla 9: Diferencia de concentraciones de PM10 en los puntos de muestreo de zona- centro. ....	45
Tabla 10: Diferencia de concentraciones de PM10 en los puntos de muestreo de zona- sur este.....	50
Tabla 11: Análisis de Varianza de Concentración de PM10 .....	55
Tabla 12: Prueba de Tukey.....	56
Tabla 13: Correlación numérica lineal de concentraciones de pm10 con las actividades antrópicas. ....	56
Tabla 14: Resumen del modelo.....	57
Tabla 15: recreación pasiva de la ciudad de Juliaca. ....	69
Tabla 16: recreación activa de la ciudad de Juliaca. ....	69
Tabla 17: Fuentes de Contaminación .....	103
Tabla 18: Promedio de Parámetros meteorológicos durante el monitoreo de PM10 en la ciudad de Juliaca. ....	107
Tabla 19: Flujo Vehicular por 1 Hora en la Ciudad de Juliaca.....	106
Tabla 20: Flujo Vehicular por 24 Horas en la Ciudad de Juliaca .....	108
Tabla 21: Diagnóstico de Actividades Antropogénicas.....	110
Tabla 22: Concentración de material particulado 10pm.....	125
Tabla 23: Análisis de Varianza de Concentración de PM10 .....	125
Tabla 24: Prueba de Tukey.....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

Índice	Pág.
Figura 1: Concentraciones de material particulado de PM10 en la ciudad de Juliaca.....	36
Figura 2: Concentración de material particulado de PM <sub>10</sub> en la ciudad de Puno.....	37
Figura 3: Concentración de material particulado menores o iguales a PM <sub>2.5</sub> micrómetros en la ciudad de Juliaca. Fuente: Huanca, (2016). .....	38
Figura 4: Niveles de calidad del aire y su impacto en la salud. Fuent <a href="http://www.airnow.gov">www.airnow.gov</a> .	39
Figura 5: Diferencia de concentraciones de PM10 en los puntos de muestreo de zona oeste. ....	41
Figura 6: Rosa de vientos de Salida Lampa – Ladrilleria CA – 02.....	42
Figura 7: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Lampa – Ladrilleria CA – 02.....	43
Figura 8: Rosa de vientos de Urb. Santa Adriana - Aeropuerto CA – 03 .....	43
Figura 9: Distribución de frecuencia de clase de viento de Urb. Santa Adriana- Aeropuerto CA– 03.....	44
Figura 10: Rosa de vientos de Cerro Pocracasi – Salida Cuzco Norte CA – 04.....	44
Figura 11: Distribución de frecuencia de clase de viento de Cerro Pocracasi–Salida Cuzco Norte CA – 04.....	45
Figura 12: Diferencia de concentraciones de PM10 en los puntos de muestreo de zona centro. ....	46
Figura 13: Rosa de vientos de Salida Arequipa CA – 01.....	47
Figura 14: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Arequipa CA – 01 ...	48
Figura 15: Rosa de vientos de Óvalo – Salida Cuzco CA – 05.....	48
Figura 16: Distribución de frecuencia de clase de viento de Óvalo – Salida Cuzco CA – 05 .....	49
Figura 17: Rosa de vientos de Plaza Bolognesi CA – 09.....	49
Figura 18: Distribución de frecuencia de clase de viento de Plaza Bolognesi CA – 09...	50
Figura 19: Diferencia de concentraciones de PM10 en los puntos de muestreo de zona centro. ....	51
Figura 20: Rosa de vientos de Salida Huancané CA – 06 .....	52
Figura 21: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Huancané CA – 06..	53
Figura 22: Rosa de vientos de Salida Coata CA – 07.....	53
Figura 23: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Coata CA – 07.....	54

Figura 24: Rosa de vientos de Salida Puno-Zona Industrial Taparachi CA – 08 .....	54
Figura 25: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Puno-Zona Industrial Taparachi CA – 08 .....	55
Figura 26: Correlación grafica lineal de pm10 con las actividades antrópicas .....	57
Figura 27: Total de Flujo Vehicular en cada Punto de Evaluación/24 horas en la Ciudad de Juliaca. ....	58
Figura 28: Promedio de Flujo Vehicular por tipo de unidad vehicular en cada punto de evaluación por 24 horas en la Ciudad de Juliaca. ....	59
Figura 29: Agrupamiento de tipos de Vehículos. ....	60
Figura 30: Flujo vehicular por Zonas Evaluadas por 24 / horas. ....	61
Figura 31: Total de Actividades Antrópicas por cada punto de evaluación. ....	62
Figura 32: Actividades antropogénicas que fueron evaluados por tipo de actividad antrópica. ....	63
Figura 33: Actividades Antropogénicas que fueron reconocidos en cada zona de evaluación y tipo de actividad antrópica. ....	64
Figura 34: Áreas de Influencia de la Recreación Activa y Pasiva. Fuente. (PDJ 2004-2015). ....	70
Figura 35 : Sistema de Áreas Verdes espacios naturales y corredores. ....	79
Figura 36 : Ubicación de puntos de monitoreo de PM10 en la Ciudad de Juliaca. ....	95
Figura 37 : Equipo Muestreador de PM10 HI-VOL.....	105
Figura 38 : gráficos de medias .....	126
Figura 39: Áreas verdes en la zona oeste de la ciudad de Juliaca.....	130
Figura 40: Áreas verdes en la zona oeste de la ciudad de Juliaca.....	130
Figura 41: Áreas verdes en la zona oeste de la ciudad de Juliaca.....	131
Figura 42: Áreas verdes en la zona centro de la ciudad de Juliaca. ....	131
Figura 43: Áreas verdes en la zona centro de la ciudad de Juliaca. ....	132
Figura 44: Áreas verdes en la zona centro de la ciudad de Juliaca. ....	132
Figura 45: Áreas verdes en la zona sur este de la ciudad de Juliaca. ....	133
Figura 46: Áreas verdes en la zona sur este de la ciudad de Juliaca. ....	133
Figura 47: Áreas verdes en la zona sur este de la ciudad de Juliaca. ....	134
Figura 51: Observación de humo por quemas .....	135
Figura 49 : Ubicación de puntos de monitoreo ( 9 estaciones).....	135
Figura 50: Localización de focos de contaminación (5 a 6:00 am.) .....	135
Figura 48 :Convalidación de puntos de monitoreo (Plano y GPS).....	135

Figura 52: Observación del Smog (5 a 6:00 am.) .....	135
Figura 54 : Venture o motor de equipo.....	135
Figura 56 : Cable de extensión .....	135
Figura 55 : HI – VOL (Marca THERMO).....	135
Figura 57 : HI – VOL (cuerpo y cabezal).....	135
Figura 53 : Empaquetado del equipo HI – VOL.....	135
Figura 58 :GPS (coordenadas x,y).....	135
Figura 61 : Cono .....	135
Figura 60 : Kestrel (medidor de parámetros meteorológicos) .....	135
Figura 59 : Manómetro (calibrador de motor) .....	135
Figura 62 : Vigilancia de monitoreo .....	135
Figura 63 : Cuaderno de apuntes .....	135
Figura 64 : Registro de flujo por 24 horas .....	135
Figura 65 : Ajustes de llaves de porta filtro.....	135
Figura 66 : Instalación de filtro a porta filtro.....	135
Figura 67 : Instalación de filtro de microfibra de cuarzo .....	135
Figura 68 : Instalación del equipo HI – VOL .....	135
Figura 69 : Vigilancia .....	135
Figura 70 : Monitoreo estación 02 (Salida Lampa) .....	135
Figura 74 : Monitoreo estación 01 .....	135
Figura 71 : Monitoreo estación.....	135
Figura 72 : Medición de parámetros .....	135
Figura 73 : Registro .....	135
Figura 75 : Zona de monitoreo .....	135
Figura 76 : Instalación de filtro de microfibra de cuarzo .....	135
Figura 77 : Recolección final del filtro después de 24 horas según las ECAs de aire..	135
Figura 79 : Lacrado de la muestra .....	135
Figura 80 : Guardado de la muestra.....	135
Figura 81 : Filtro muestreada por 24 horas.....	135
Figura 78 : Toma de lecturas (velocidad de viento y otros) .....	135
Figura 82 : Monitoreo estación 05 (Óvalo Salida Cusco) .....	135
Figura 83 : Zona de monitoreo .....	135
Figura 84 : Punto de.....	135
Figura 85 : Restaurantes y pollerías.....	135

Figura 86 : Levantamiento de polvo (calles no pavimentadas) .....	135
Figura 88 : Lavado de autos.....	135
Figura 87 : Montículo de tierras en las avenidas .....	135
Figura 91 : Flujo vehicular.....	135
Figura 89 : Alto flujo vehicular .....	135
Figura 92 : Ladrillerías .....	135
Figura 90 : Calles no pavimentadas .....	135
Figura 94 : Parques y jardines susceptibles a la erosión eólica .....	135
Figura 93 : Áreas verdes Av. Tacna .....	135
Figura 97 : Forestación de corredores o avenidas.....	135
Figura 96 : Áreas verdes - Plaza Bolognesi.....	135
Figura 98 : Áreas verdes en estado de abandono.....	135
Figura 95 : Áreas verdes sin rejas de protección .....	135
Figura 100 : Áreas verdes – Plaza Grau .....	135
Figura 99 : Áreas verdes con letreros .....	135
Figura 101 : Áreas verdes - Salida Puno.....	135

**PLANOS**

<b>Índice</b>	<b>Pág.</b>
Plano Plano de Ubicación del Estudio.....	..90
Plano de Sectorización de la Ciudad de Juliaca.....	..92
Plano de Ubicación de Puntos de Monitoreo.....	..100
Plano de Concentración de PM10.....	..122
Plano de Uso Actual de Áreas Verdes.....	..127
Plano de Uso Potencial de Areas Verdes.....	..135

**ABREVIATURAS**

<b>ABREVIATURAS</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
CA - 01	Calidad de aire (Salida Arequipa)
CA – 02	Calidad de aire (Salida Lampa)
CA – 03	Calidad de aire (Av. Aviación)
CA – 04	Calidad de aire (Salida Cusco)
CA – 05	Calidad de aire (Circunvalación Este)
CA – 06	Calidad de aire (Salida Huancané)
CA – 07	Calidad de aire (Salida Huata)
CA – 08	Calidad de aire (Salida Puno)
CA – 09	Calidad de aire (Plaza Bolognesi)
CONAM	Consejo Nacional de Medio Ambiente
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
Dir.V.	Dirección del viento
DS	Decreto Supremo
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
EPA	Agencia de Protección Ambiental
F.Veh.	Flujo vehicular
g	Gramos
GMS	Grados Minutos Segundos
GTMPJ	Gerencia de Transportes de la Municipalidad Provincial de Juliaca
HR	Humedad relativa
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INADUR	Instituto Nacional de Desarrollo Urbano
kg	Kilógramo
LMP	Límites Máximos Permisibles
mBa	Milibares
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
MEGA	Marco Estructural en Gestión del Aire

MINAM	Ministerio del Ambiente
MPS	Material Particulado en Suspensión
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
OMM	Organización Mundial de Meteorología
OMS	Organización Mundial de la Salud
P.ATM	Presión atmosférica
PCM	Presidente de Consejo de Ministros
PGAA	Plan De Gestión Ambiental Del Aire
PM <sub>10</sub>	Partículas Menores o iguales a 10 micras o micrómetros
PM <sub>2.5</sub>	Partículas Menores o iguales a 2.5 micras o micrómetros
PST	Partículas Suspendidas Totales
S.A.C	Sociedad Anónima Cerrada
SAG	Servicios Analíticos Generales
SIGCA	Sistema de Información de la Gestión de Calidad del Aire
T (C°)	Temperatura en °C
Total Actv	Total de actividades antropogenicas
UNESCO	La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UTM	Universal Transversa de Mercator
Vel.V.	Velocidad del viento
WGS	World Geodesic System
µg/m <sup>3</sup>	Microgramos por Metro Cúbico
µm	Micrómetros



## RESUMEN

La exposición a elevadas concentraciones de material particulado menores a 10 micrómetros contenido en el aire, constituye una contaminación y causan daños a la salud humana. El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar la concentración del material particulado menores a 10 micrómetros en tres zonas de la ciudad de Juliaca, por ello los objetivos específicos son: a) Identificar la diferencia de concentración de material particulado menores a 10 micrómetros en zonas de evaluación de la ciudad de Juliaca, b) Identificar las actividades antropogénicas que efectúan en la zona de evaluación de material particulado de la ciudad de Juliaca y c) Describir el uso actual y potencial de áreas verdes en la ciudad de Juliaca. Se realizó el monitoreo en 9 estaciones de PM<sub>10</sub> por 24 horas, utilizando equipos de Hi-Vol marca THERMO, con filtros de microfibras de cuarzo; las muestras se analizaron en el laboratorio de servicios analíticos generales SAG PERU S.A.C., cuyos resultados de concentraciones PM<sub>10</sub> son: (CA-O1) Salida Arequipa 37.7 µg/m<sup>3</sup>; (CA-O2) Salida Lampa – ladrillera 23.9 µg/m<sup>3</sup>; (CA-03) Urb. Santa Adriana – Aeropuerto 46.1 µg/m<sup>3</sup>; (CA-04) Cerro Pocracasi – Salida Cuzco Norte 7.7 µg/m<sup>3</sup>, (CA-05) Óvalo Salida Cuzco 103.0 µg/m<sup>3</sup>; (CA-06) Salida Huancané 66.8 µg/m<sup>3</sup>; (CA-07) Salida Coata 49.5 µg/m<sup>3</sup>, (CA-08) Salida Puno - zona Industrial Taparachi 33.4 µg/m<sup>3</sup> y (CA-09) Plaza Bolognesi 29.5 µg/m<sup>3</sup>. La zona más contaminada con material particulado (PM<sub>10</sub>) fue la Zona Centro con un  $56.7 \pm 40.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido por la Zona Sur – Este con  $49.9 \pm 16.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y por último la Zona Oeste con una concentración de  $25.9 \pm 19.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo el flujo vehicular con un promedio de 11,488 vehículos/24horas la mayor actividad antropogénica; las áreas verdes de uso actual entre plazas y parques en la ciudad de Juliaca es de 59.2 hás, para la población de 278,444 habitantes y la relación de áreas verdes existentes por habitante es de 2.13 m<sup>2</sup> /hab.; comparando con las guías internacionales de INADUR y OMS, INADUR existe un déficit de 5.87 m<sup>2</sup> /hab. y con la OMS un déficit de 6.87 m<sup>2</sup> /hab. Las áreas verdes potenciales de reserva llega a 140.00 hás. Aproximadamente. Si estas áreas se habilitaran podría llegar a 7.16 m<sup>2</sup> /hab. el déficit actual se reduciría considerablemente y las áreas zonificadas para su intervención tanto urbana y semiurbana es de 758.136 hás. para incrementar las áreas verdes se debe de realizar la forestación y reforestación con la finalidad de mitigar la contaminación del material particulado del aire.

**Palabras claves:** Áreas verdes, concentración de PM10, Juliaca, mitigación.

## INTRODUCCIÓN

El ser humano tiene la necesidad de habitar un lugar donde se siente seguro con una adecuada comodidad, en un principio crea o construye espacios para vivir y desarrollarse en sociedad, actualmente a estos espacios se les llama ciudades, poblados, comunidades, etc., los cuales forman parte de un nuevo ecosistema, modificando drásticamente el medio natural del sitio; actualmente genera lo que denominamos en conjunto "problemática ambiental". Es así teniendo en cuenta que el aire puro es una mezcla gaseosa de nitrógeno (78%), oxígeno (21%) y otros gases (1%) y que la contaminación atmosférica es la adición de cualquier sustancia que altere las propiedades físicas o químicas del aire, actualmente los contaminantes atmosféricos más comunes son el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre, los hidrocarburos, los oxidantes fotoquímicos y el material particulado menores a 10 micras, cuyos componentes pueden ser muy diversos, es así que el presente estudio pretende dar a conocer los niveles de concentración de PM10 de la ciudad de Juliaca, así apoyando de esta manera a las instituciones que velan por una buena calidad ambiental, a tener presente los daños que estos componentes podrían tener en la población urbana. Así mismo la presencia de material particulado en la ciudad de Juliaca, tienen efectos negativos en las personas y en las plantas causando diversas enfermedades; donde a la atmósfera llegan materiales particulados provenientes de la intensidad de tránsito, aumento de la actividad industrial, incremento de talleres metálicos, construcciones civiles y entre otros que son responsables de los malestares que generan hacia la población. Además, para el desarrollo de una ciudad actualmente con el proceso de cambio climático, las autoridades encargadas del medio ambiente en la municipalidad de Juliaca, deben de adoptar acciones que permitan controlar los niveles de contaminación de manera local, sin embargo es necesario abordar esta problemática con una visión regional que permita impulsar la adopción de acciones concretas para reducir los niveles de contaminación del aire, las cuales pueden ser concertadas entre los diferentes entes involucrados.

Finalmente, conscientes de la dimensión de esta problemática, distintas autoridades ambientales de países en todo el mundo vienen desarrollando estrategias para el control de la contaminación atmosférica y la mitigación de sus efectos.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

El material particulado menores a 10 micrómetros es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo, este se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Meszaros E. , 1999), que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas, un ejemplo de la generación de partículas lo constituye la quema de combustibles fósiles, las partículas de tierra resuspendidas por el viento, entre otras.

La presencia en la atmósfera de este contaminante ocasiona variedad de impactos a la vegetación, materiales y el hombre, entre ellos, la disminución visual en la atmósfera, causada por la absorción y dispersión de la luz (Chen, Ying, & Kleeman, 2009), por ello es necesario realizar las mediciones de la concentración de este contaminante, evaluar su comportamiento en el espacio y el tiempo, asociándolo con los fenómenos meteorológicos, composición química y origen, los cuales permitan orientar estrategias de control y realizar seguimiento por parte de las autoridades ambientales interesadas frente a esta problemática importante que altera la calidad del aire.

Las partículas atmosféricas también juegan un papel fundamental en la regulación del clima del planeta, ya que ejercen un cierto grado de influencia sobre la formación de nubes y el balance radiativo global (Arimoto, 2001), y junto al monitoreo de la caracterización del aire presentes en el material particulado permitirán conocer los efectos tóxicos, las áreas de impacto y lugares donde la concentración resulte aparente. En Latinoamérica hay pocos estudios sobre contaminación por partículas, aunque los resultados permiten concluir que los problemas son los mismos que se observan en los países desarrollados: un deterioro lento de la calidad de vida.

Un claro ejemplo de la contaminación por PM10 en el Perú se dio en la capital Lima en el 2013, donde por la explosión de productos pirotécnicos en navidad superó en 24% el límite máximo permitido y se estima que una situación similar ocurrirá

durante la madrugada del Año Nuevo; el límite máximo de material particulado PM10 permitido en el aire es de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pero que en la medición hecha en Navidad en la estación ubicada en Santa Luzmila, Comas, la cifra alcanzó un valor de 186.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Lima: contaminación del aire superó límites permitidos por pirotécnicos, 2013). “El grado de elementos y sustancias al ser excedido puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente” (Ministerio del Ambiente, 2011).

Las condiciones están dadas para formular un sistema de compensación ambiental por la vía de forestación, siendo una forma natural y más económica posible en cuanto a la mitigación y control de la contaminación ambiental se refiere, enfatizando en el PM10 y sus componentes que se conocen en la caracterización respectiva

En la ciudad de Juliaca con el creciente parque automotor, aumento progresivo de la actividad industrial y aumento de la polución del aire además de que no existe políticas de gestión ambiental del aire al igual que estudios sobre los componentes del material particulado menores a 10 micras y siendo notable el aumento del parque vehicular y el uso creciente de máquinas basadas en combustión fósil, aumentando la polución del aire y frente a esta problemática se generó preguntas de investigación como:

**Pregunta general:**

¿Cuál es la concentración de material particulado menores a 10 micrómetros en la ciudad de Juliaca?

**Preguntas específicas:**

1. ¿Cuál es la diferencia de concentración de material particulado menores a 10 micrómetros en zonas de evaluación de la ciudad de Juliaca?
2. ¿Cuáles son las actividades antropogénicas que efectúan en la zona de evaluación de material particulado de la ciudad de Juliaca?
3. ¿Cómo es el uso actual y potencial de áreas verdes en la ciudad de Juliaca?

## 1.2 Antecedentes de la investigación

### Internacional

Un estudio de modelación de dispersión de contaminantes realizado en la ciudad de Chihuahua, concluyó que existen motivos de preocupación respecto a la calidad del aire en varios sectores de la ciudad, sobre todo en lo referente a las partículas suspendidas totales (PST), lo cual puede ser una fuente significativa de riesgos a la población en las áreas de altas concentraciones, (Senes Consultants Limited; Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 1997).

Desde el punto de vista de la calidad del aire, se ha demostrado que la urbanización incrementa el promedio anual de las temperaturas, disminuye el promedio anual de velocidad del viento e incrementa las concentraciones de polvo (Campos, 2006). Existen motivos de preocupación respecto a la calidad del aire en varios sectores de la ciudad, sobre todo en lo referente a las partículas suspendidas totales (PST), lo cual puede ser una fuente significativa de riesgos a la población en las áreas de altas concentraciones (Senes Consultants Limited; Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 1997).

Behrentz (2009), concluye que las concentraciones de PM10 encontradas en los sitios de monitoreo de zona industrial, zona de alto tráfico vehicular, y zona residencial de distrito Bogotá ciudad capital de Colombia. Para la zona industrial se obtuvo un valor medio de  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para un rango entre 25 y  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para el caso de la zona con alto tráfico vehicular, las concentraciones de PM10 variaron entre 25 y  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mientras que el promedio fue de  $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Finalmente, en la zona residencial el rango de concentraciones observado fue entre 7 y  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para un valor medio de  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

García *et al* (2006), según los estudios realizados sobre la calidad del aire en la ciudad de Santa Marta, México, las concentraciones más altas coinciden con el periodo de escasas lluvias, entre enero y abril. Al analizar las medias geométricas mensuales de material particulado, se observa que durante todo el periodo de estudio se registraron concentraciones superiores a los  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la mayor parte del área urbana de Santa Marta. Se encontró, además, que en todos los meses los mayores niveles de

contaminación referida a la concentración de material particulado en el aire, se registran en el área del centro de la ciudad.

González (2009), indica que los mayores niveles de PM<sub>10</sub> se presentaron en la zona centro de la ciudad de Liceo, Colombia, específicamente en el sector Fundadores (estación Liceo), lugar influenciado principalmente por emisiones atmosféricas generadas por el paso de transporte público y vehículos particulares debido a la utilización de combustibles fósiles (diésel y gasolina) los cuales tienen un importante contenido de azufre. En términos de la relación de las variables meteorológicas con los niveles de PM<sub>10</sub>, las variables de mayor importancia en la concentración del PM<sub>10</sub> fueron la precipitación, humedad relativa y temperatura. En el caso de la precipitación, y humedad relativa se identificó un fenómeno de reducción en el contenido de material particulado al existir un aumento en los valores de estas variables, efecto que fue mayor al oriente de la ciudad de Liceo. El efecto de lavado atmosférico por medio de la lluvia fue confirmado al obtener una mayor concentración media de PM<sub>10</sub>, durante períodos secos en relación con períodos húmedos en las estaciones de monitoreo analizadas.

Para compensar las 23,1 t/año de polvo resuspendido debido al aumento de transporte, se ha considerado un programa de forestación, utilizando la tasa de equivalencia utilizada por la empresa CONAMA RM para tales fines (2,15 has/ton de polvo año emitida). De esta manera, aplicando la citada tasa de equivalencia se llega a una magnitud de 50 hectáreas en total a forestar. Finalmente, no se descarta la utilización de otras alternativas de compensación de emisiones de polvo resuspendido asociadas a control de emisiones “árido” o mediante la pavimentación de caminos (Ingeniería y Gestión ambiental Ltda, 2006).

Rojano *et al* (2012), determinaron las concentraciones de partículas suspendidas totales (PST) y partículas menores de 10 y 2.5 micrómetros (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) en la zona urbana del municipio de Riohacha, Colombia. Los instrumentos utilizados fueron un muestreador de alto volumen para PST PM<sub>10</sub> y un muestreador de bajo volumen (Partisol) para las partículas PM<sub>2.5</sub>, todo en seis estaciones de monitoreo. Los resultados mostraron que el promedio de la concentración de PM<sub>10</sub> vario desde 43.69 a 19.47 ug/m<sup>3</sup>, las PST de 86.02 a 27.38 ug/m<sup>3</sup> y las PM<sub>2.5</sub> mostraron un promedio de

14.57 ug/m<sup>3</sup>. Las relaciones PM10/PST variaron desde 0.50 a 0.68. las seis estaciones presentaron buena correlación PST/PM10 ( $R=0.795$ ). las PST pueden implicar presencia de partículas PM10 en el área urbana de esta ciudad, pero las concentraciones de PM10 no necesariamente indican presencia de partículas PM2.5 ( $R=0.035$ ). los resultados de correlación de PM10/PST son similares a estudios realizados en otras zonas urbanas de Colombia y de otros países.

### **Nacional**

DIGESA (2011) en Lima, la calidad del aire no cumple con los estándares de Calidad Ambiental (ECA) de aire nacionales ni tampoco con los guías sobre calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud, siendo el material particulado de 10 y 2.5 micras el contaminante más crítico en la ciudad debido a sus niveles y sus efectos para la salud. Este estudio determinó que el principal contaminante presente en Lima y Callao, sigue siendo el material particulado, PM10 y PM2.5 el mismo que se dispersa de sur a nor-este por acción de los vientos, lo que podría contribuir al incremento de enfermedades respiratorias de la población expuesta en los distritos ubicados en esas zonas.

En el año 2007, se instalaron estaciones de monitoreo para el control de la calidad ambiental en el Perú (Ministerio de Salud, 2009), 05 estaciones de monitoreo de calidad del aire en Lima y Callao, estaciones fijas y móvil en la ciudad de Arequipa resultando en el 2008 sobrepasaron el ECA anual, estaciones fijas en Trujillo, estaciones fijas en Cusco, en ambos departamentos en el 2008 no se sobrepasa el ECA por 24horas.

### **Local**

La investigación de Phocco, H. (2014), denominado “Concentración de Material Particulado menores a 10 micrómetros en la ciudad de Puno” fue trabajo que sirvió como línea base para esta nueva investigación , en sus resultados indicó que en la ciudad de Puno la concentración de PM10 no sobrepasa los ECA’s establecidos, además las concentraciones para las diferentes zonas son: ZN-01 17.29 ug/m<sup>3</sup>, ZN-02 29.09 ug/m<sup>3</sup>, ZN-03 42.06 ug/m<sup>3</sup>, ZC-01 27.72 ug/m<sup>3</sup>, ZC-02 39.87 ug/m<sup>3</sup>, ZC-03 47.15 ug/m<sup>3</sup>, ZS-01 40.93 ug/m<sup>3</sup>, ZS-02 68.62 ug/m<sup>3</sup> y para la ZS-03 59.07 ug/m<sup>3</sup>, a raíz de las muestras obtenidas en los nueve puntos con los equipos Hi-Vol analizados en el

laboratorio de la ciudad de Lima SAG PERU en el mes de octubre del 2013, dio inicio a la actual investigación.

Quispe, (2015) concluye que los resultados de la caracterización química de PM10 en nueve zonas de la ciudad de Puno data la presencia de los elementos: Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Manganeso, Níquel, Plomo y Zinc en diferentes concentraciones, donde la mayor presencia de Arsénico, se da en la ZC-03 (Ovalo Ramón Castilla) con 0.0021 ug/m<sup>3</sup>, plomo en la ZC-03 con 0.0915 ug/m<sup>3</sup>, Cobre en la ZS-02 (Laykakota) con 0.1125 ug/m<sup>3</sup>, Cadmio en la ZS-02 con 0.0004 ug/m<sup>3</sup>, Cromo en la ZC-03 con 0.0123 ug/m<sup>3</sup>, Hierro en la ZC-01 (Huajsapata) con 0.1162 ug/m<sup>3</sup>, el Níquel dio por debajo del límite de detección del método (LDM), y el Zinc en la ZC-03 con 3.4102 ug/m<sup>3</sup>, donde la concentración de arsénico dio un valor por debajo del nivel Máximo Permisible según resolución ministerial N° 315-96-EM/VMM, resultados del Plomo en las estaciones de monitoreo también dio un valor por debajo del estándar de Calidad Ambiental, dada en el D.S. 074-2001-PCM-CONAM y, para los resultados de la concentración de Cobre, Cadmio, Cromo, Hierro, Manganeso, Níquel y Zinc no se realiza comparativa ya que en la actualidad aún no se promulgado estándares de calidad de aire.

Quispe, R. (2015), en su estudio concluye que las concentraciones de material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros en la ciudad de Puno tienen como promedio de 16.29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM<sub>2.5</sub> de concentración total, donde Laykakota presenta 30.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  la cual sobrepasa las ECAs nacionales e internacionales (25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en 5.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , entonces la población de esta zona se encuentra en riesgo debido al exceso en la concentración de PM<sub>2.5</sub>, en cambio las zonas de Cancharani presenta 20.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Óvalo Ramón castilla presenta 19.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Huajsapata presenta 17.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Mercado Central presenta 17.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Llavini presenta 16.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Señor de Huanca presenta 11.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salcedo presenta 7.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y Huáscar presenta con 7.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  están por debajo de los Estándares nacionales e internacionales que establece la OMS.

Huanca, (2016), las concentraciones de material particulado menores o iguales a 2.5 micrometros en la Ciudad de Juliaca tiene como promedio de 33.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM<sub>2.5</sub>, donde Salida Arequipa presenta 57.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Circunvalación Este 54.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Plaza Bolognesi 54.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Huancané 27.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Huata 26.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida



Lampa  $20.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Cusco con  $19.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Puno  $19.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y Av. Aviación presenta con  $19.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Además, Las actividades antropogénicas en los puntos de evaluación son: Salida Arequipa con un flujo de 8,973 carros/24horas y un total de 14°° actividades identificadas, Salida Lampa con un flujo de 5,919 carros/24horas y un total de 10°° actividades identificadas, Av. Aviación con un flujo de 9,507 carros/24horas y un total de 6°° actividades identificadas, Salida Cusco con un flujo de 7,571 carros/24horas y un total de 8°° actividades identificadas, Circunvalación Este con un flujo de 18,376 y un total de 16°° actividades identificadas, Salida Huancané con un flujo de 11,259 y un total de 14°° actividades identificadas, Salida Huata con un flujo de 6070 carros/24horas y un total de 9°° actividades identificadas, Salida Puno con un flujo de 13,850 carros/24horas un total de 11°° actividades identificadas y por ultimo Plaza Bolognesi con 17,369 y un total de 12°° actividades identificadas.

Las muestras sirvieron como fuente principal para las determinaciones de concentración de PM10 y así cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo.

### 1.3 Objetivos de la investigación

#### **Objetivo general**

Determinar la concentración de material particulado menores a 10 micrómetros en la ciudad de Juliaca.

#### **Objetivos específicos**

1. Identificar la diferencia de concentración de material particulado menores a 10 micrómetros en zonas de evaluación de la ciudad de Juliaca.
2. Identificar las actividades antropogénicas que efectúan en la zona de evaluación de material particulado de la ciudad de Juliaca.
3. Describir el uso actual y potencial de áreas verdes en la ciudad de Juliaca.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL Y MARCO LEGAL

#### 2.1 Marco teórico

##### 2.1.1 Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica por partículas, es hoy en día uno de los problemas de mayor preocupación en las grandes ciudades, por los efectos adversos a la salud, además de que reduce la visibilidad, y sus efectos a escala global (Watson, 2002).

##### 2.1.2 Material particulado (PM10)

OMS (2005), define que el material particulado menor a 10 micrómetros de diámetro (PM10) corresponde de uno a dos tercios de las emisiones totales de material particulado. La principal afectación a la salud que puede producir el PM10 es su acumulación en los pulmones, de la misma manera generan daño a la infraestructura debido a su acumulación y asentamiento.

##### 2.1.3 Relación entre el PM2.5 y el PM10

La relación entre el PM2.5 y el PM10 representa la cantidad de material fino, casi todo de origen antrópico, y el total de partículas menores a diez micras presentes en la atmosfera. Esta relación permitiría estimar la concentración de un parámetro conociendo el otro. Si se conoce esta relación en una ciudad, se cuenta con parte de la información necesaria para tomar acciones de control más adecuadas sobre las fuentes (Boris *et al* 2006).

##### 2.1.4 Fuentes de emisión

Las fuentes de emisión de estas partículas pueden ser móviles o estacionarias, destacando que un 77,9% de la cantidad total emitida de PM10 procede del polvo re suspendido existente en la atmósfera, la industria, la construcción y el comercio con un 7,6% y el transporte rodado con un 6,5% representan otros focos de contaminación de especial relevancia. Como fuentes minoritarias de contaminación es importante señalar que el 3,7% del total procede de quemas agrícola y un 3,3% es de origen doméstico (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, 2009).

### 2.1.5 Medición partículas en suspensión menores de 10 $\mu\text{m}$ (PM10)

Para la medición de las concentraciones de material particulado en suspensión, se pueden emplear equipos para la medición de partículas respirables o medidores de alto volumen PM10, estos equipos miden exclusivamente todo el material respirable establecido con tamaño de partícula menor que  $10\mu$ ; las partículas respirables, son aquellas que logran pasar el tracto respiratorio penetrando en los alvéolos pulmonares. (Saldarriaga *et al.*, 2004).

Estos equipos arrastran aire ambiente a una velocidad de flujo constante hacia una entrada de forma especial, donde el material particulado se separa por inercia en una o más fracciones, dentro del intervalo de tamaño de PM10.

Cada fracción dentro del intervalo de tamaño de PM10 se recolecta en un filtro separado en un periodo de muestreo específico. Cada filtro se pesa (después de equilibrar la humedad), antes y después de usarlo, para determinar el peso neto (masa) ganado debido al PM10 colectado. El volumen total de aire muestreado, corregido a las condiciones de referencia ( $25^{\circ}\text{C}$ ,  $101,3\text{ kPa}$ ), se determina a partir de la velocidad de flujo medida y el tiempo de muestreo. La concentración másica de PM10 en el aire ambiente, se calcula como la masa total de partículas recolectadas en el intervalo de tamaño de PM10 dividido por el volumen de aire muestreado y se expresa en  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ std}$ .

Para muestras de PM10 recolectadas a temperaturas y presiones significativamente diferentes de las condiciones de referencia, las concentraciones corregidas algunas veces difieren sustancialmente de las concentraciones reales (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ real}$ ), particularmente a grandes elevaciones. Aunque no es requerido, la concentración real de PM10 puede calcularse a partir de la concentración corregida, usando la temperatura ambiente y la presión barométrica promedio durante el periodo de muestreo.

### 2.1.6 Separador inercial de boquillas opuestas

En este cabezal el aire muestreado pasa a través de sucesivos arreglos de boquillas opuestas. Estos arreglos retiran del flujo las partículas mayores de  $10\mu\text{m}$  o  $2,5\mu\text{m}$  que quedan atrapadas en el cabezal, y las partículas más pequeñas son arrastradas hacia el filtro.

### 2.1.7 El aire

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define al aire puro como “la mezcla de gases, vapor de agua y partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño varía desde unos cuantos nanómetros 14 hasta 0,5 milímetros”, los cuales en su conjunto envuelven al globo terrestre.

Asimismo, los principales gases que conforman el aire son el Nitrógeno y el Oxígeno (con un porcentaje de 78.08 y 20.95%, respectivamente), destacando el Argón entre los menos comunes, con 0.93%. La calidad del aire es importante porque cada persona respira, en promedio, más de 3,000 galones de aire al día, es decir más de 2 galones por minuto. En ese sentido, todos los componentes del aire deben encontrarse en equilibrio en la atmósfera de acuerdo a los porcentajes señalados. Si se agrega alguna sustancia en cantidades mayores a las que normalmente posee, el aire se contamina, y representa un peligro para el medio ambiente Y/o la vida de las personas.

El concepto de aire “limpio o puro” descrito sirve de base para medir la calidad del aire en otras circunstancias. Es decir, cualquier medición de calidad del aire será producto de la comparación de la concentración de alguno de sus componentes con la concentración de ese mismo componente en el aire limpio.

Algunos de los componentes que pertenecen al “resto de gases” (equivalente a 0.04%) si se encuentran en concentraciones mayores a las normales, son sustancias nocivas para el medio ambiente y la salud humana. Estos incluyen: Ozono troposférico ( $O_3$ ), óxidos de azufre ( $SO_x$ ), óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ), monóxido de carbono (CO), material particulado (PM), entre otras sustancias potencialmente tóxicas conocidos como contaminantes del aire (Defensoría del pueblo, 2006).

### 2.1.8 Principales contaminantes del aire

Los problemas de calidad del aire están relacionados con diferentes factores, no solo geofísicos (ciclos estacionales de energía y radiaciones en superficie terrestre) y meteorológicos (dirección del viento, temperatura ambiental, humedad, etc.), sino también con aquellos factores de carácter socioeconómico, pues las presiones que ejercen la economía y el crecimiento de la población a lo largo de los años han sido determinantes en el estado actual de la calidad del aire (Roberts *et al* 2000).

Es por esta razón que se señala a la contaminación del aire como uno de los principales fenómenos de la vida urbana ya que la capacidad natural del aire para diluir los contaminantes se ha sobrecargado con el incremento de contaminantes de origen antropogénico. Así, la población, el desarrollo industrial y la dependencia de los motores de combustión interna explican el incremento sostenido de las emisiones gaseosas y material particulado.

### **2.1.9 Partículas ambientales**

Una partícula se define como la parte pequeña de algo, una sustancia un material etc. Las partículas ambientales no son entidades químicas específicas, sino una mezcla de partículas de diferentes fuentes, tamaño, composición y propiedades. Dependiendo de la fuente de origen las partículas ambientales se clasifican como primarias y secundarias. Las primarias son aquellas que se emiten directamente de las fuentes, por ejemplo: materiales geológicos y/o biológicos suspendidos en el aire, así como también productos de la combustión. Las partículas secundarias son formadas por medio de reacciones químicas en la atmosfera. En estas reacciones están involucrados; el oxígeno atmosférico, vapor de agua; especies reactivas como el  $O_3$ , radicales como el  $HO\cdot$ ,  $NO_3\cdot$ , contaminantes como  $SO_x$ ,  $NO_x$  y diversos gases orgánicos. Otra clasificación de las partículas se basa en su diámetro aerodinámico. Así tenemos partículas suspendidas totales (PST), gruesas (menores o iguales a  $10\mu m$ ), finas (menores o iguales a  $0.1\mu m$ ). Estas últimas 3 han sido los más estudiados en años recientes debido a sus efectos adversos en la salud.

### **2.1.10 Efectos de las partículas en el ecosistema y en las plantas**

Los ecosistemas también sufren los efectos directos o indirectos de la exposición al material particulado atmosférico, tanto por deposición seca como húmeda. Estos efectos adversos se producen bajo la acción de las partículas atmosféricas, pero también cuando estas actúan como soporte para otros contaminantes atmosféricos. Las partículas de mayor diámetro (moda gruesa) tales como el polvo mineral, al depositarse sobre las hojas de las plantas pueden reducir la capacidad de intercambio gaseoso, así como afecta a la fotosíntesis, lo cual limita el crecimiento. Cuando las partículas se depositan sobre la superficie terrestre, las concentraciones de metales presentes en el material particulado pueden afectar a las características edáficas e inhibir funciones como la toma de nutrientes por parte de las plantas. Asimismo, la deposición del material

particulado atmosférico puede suponer la acidificación y eutrofización de suelos y aguas superficiales, lo cual a su vez puede repercutir sobre la composición de las aguas subterráneas.

#### **2.1.11 Efectos en las plantas**

Al depositarse el polvo y el hollín en las hojas de las plantas se bloquean los poros de estas, restringiendo la absorción de CO<sub>2</sub> y el paso de la luz. Esto reduce el proceso de fotosíntesis y aumenta la pérdida de agua por transpiración. También se presentan daños directos debido a cambios en el pH de las células. Dichos efectos alteran el proceso de crecimiento de la planta y por tanto reducen el valor de las cosechas y el rendimiento agrícola de una región. En la localidad de Leeds (Inglaterra) se han observado reducciones en el crecimiento de las cosechas de rábanos y hortalizas en zonas de alta contaminación en comparación con zonas de baja contaminación (Dix, 1981).

#### **2.1.12 Efectos de las partículas en la salud**

Las partículas con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 µm (partículas finas), pueden pasar a las vías respiratorias y llegar a los pulmones, depositándose en las paredes alveolares inclusive entra al torrente sanguíneo. La distinta solubilidad de las partículas, según su carga química, determinará su transferencia a la sangre. Asimismo, las partículas ambientales tienen importantes efectos en la salud ya sea a través de sus constituyentes principales o por el hecho de facilitar el acceso de contaminantes y agentes biológicos hacia el interior de los pulmones.

#### **2.1.13 Funciones ambientales de las áreas verdes**

Las áreas verdes urbanas desempeñan también importantes funciones ambientales como son beneficios en la calidad del aire, enriquecimiento de la biodiversidad y en el suelo, la recarga de los mantos acuíferos y evita la desertificación, entre muchos otros. En el mejoramiento de la calidad del aire, combate la contaminación atmosférica permitiendo retener por absorción una parte de contaminación lo que genera incremento de la proporción de oxígeno, mediante el proceso de fotosíntesis, asimismo, reduce los efectos en las islas de calor, enfriando el aire. (Miyasako. 2009).

#### 2.1.14 Beneficios de los árboles en el ambiente urbano

Las partículas suspendidas pueden ser reducidas por la presencia de árboles y arbustos. Los árboles captan partículas como arena, polvo, ceniza, polen y humo. Las hojas, ramas, troncos y sus estructuras asociadas (como la pubescencia de las hojas), atrapan las partículas que más tarde serán lavadas por la precipitación. La creación de áreas verdes urbanas puede reducir en cierta medida el nivel de algunos contaminantes en el aire. Los árboles en particular captan partículas contaminantes del aire acumulándolas en sus hojas, o sirven de pantalla para detener el curso de las partículas, aunque pueda afectar de alguna manera su función fotosintética. (Nowak, *et al* 1997).

#### 2.1.15 Forestales para mitigación de material particulado

Especies evaluadas por (Alcalá, y otros, 2008), demuestran una opción para ser utilizadas en la retención de polvo atmosférico siendo las más adecuadas para ser indicadoras son el ciprés (*Cupressus arizonica*) con una media de  $0,04946 \pm 0,005405$  (g/Kg de materia seca) y el sicomoro (*Platanus occidentalis*) con una media de  $0,02554 \pm 0,005405$  (g/Kg de materia seca) sin embargo hay que considerar sus variaciones en cuanto al tiempo y el sitio. En el caso de la planeación urbana, debe tenerse en cuenta que el uso de especies arbóreas puede contribuir a mitigar la problemática ambiental y por lo tanto, las políticas urbanas deben favorecer el uso de las diferentes especies considerando la capacidad de soporte que representan.

#### 2.1.16 Vías verdes

Las vías verdes designan infraestructuras de comunicación en sitio propio, parcial o totalmente fuera de servicio, y que, una vez acondicionadas, se ponen a disposición de los usuarios no motorizados, como peatones, ciclistas, personas con movilidad reducida, patinadores sobre ruedas, esquiadores de fondo, jinetes, etc. Estas vías utilizan antiguas infraestructuras lineales parcial o totalmente fuera de servicio, como las plataformas de ferrocarriles en desuso y los caminos de sirga paralelos a las vías de agua, interconectadas mediante caminos de servicio de canales, caminos rurales y vecinales, caminos forestales, caminos sobre diques, los caminos de peregrinaje y los grandes itinerarios históricos, etc. Para crear grandes recorridos o redes (Asociación Europea de Vías Verdes, 2000).

### 2.1.17 Gestión ambiental de áreas verdes

El manejo sostenible de las áreas verdes urbanas contribuye al bienestar ambiental, social, económico:

- Actúan como filtro natural para contener la contaminación del ambiente.
- Contribución al buen estado de ánimo de la población.
- Mejora de la calidad ambiental, contribuye a reducir el calentamiento global.
- Aumento en el valor de los predios.

Para realizar estas medidas de gestión de áreas verdes se debe de tomar en mucha consideración lo siguiente:

- Involucrar a la participación de entidades públicas y privadas, y de la participación vecinal.
- Planes integrales estratégicos a corto, mediano y largo plazo.

### 2.1.18 Sistema de información geográfica

El mapa, es uno de los elementos más importantes para el estudio, porque sirve de apoyo para la gestión y manejo de todas las informaciones temáticas a estudiarse. La preparación cartográfica base se comienza con la verificación del área del estudio, así establecer el área exacta sobre el cual se trabaja, además de determinar los rasgos geográficos que los trabajadores de la ciudad identifican como infraestructuras, zonas más transitadas, etc.

Para validar el mapa con la información de acuerdo a las normas, se estable con una escala definitiva de trabajo a un nivel de detalle o semi detallado y para la producción básica de cartografía se siguieron los procedimientos de acuerdo a las Normas Técnicas del Instituto Geográfico Nacional.

El sistema de coordenadas utilizado es el DATUM WGS 84, zona 19 y la Proyección Cartográfica para la República del Perú es el Sistema “Universal Transversa de Mercator” (UTM) y se constituye el sistema de codificación y especificaciones de las series de Escalas de la Cartografía Básica Oficial.



## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Contaminación**

La contaminación ambiental es el deterioro de la pureza de las sustancias que componen la biosfera es decir la parte de la tierra donde se desarrolla la vida, en ella se incluye a la litosfera (tierra), la hidrosfera (agua) y la atmosfera (aire).

### **2.2.2 Contaminación ambiental**

La contaminación ambiental producida en el suelo, agua y aire, constituye uno de los problemas más críticos en el mundo actual.

Una definición más completa considera la contaminación como la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona. En el medio ambiente la contaminación se presenta en el suelo, el agua y el aire.

### **2.2.3 La contaminación del aire**

La contaminación del aire es el cambio en la composición normal de la atmósfera, la cual está constituida principalmente por Nitrógeno 78.03 %, Oxígeno 20.99 %, Argón 0.94 %, CO<sub>2</sub> 0.035 %, Neón 0.0024 %, gases inertes 0.00005 %, óxido nitroso 0.000025 %, metano 0.00015, dióxido de nitrógeno 0.0000001 %, amoniaco 0.0000001 %, ozono 0.000002 % y monóxido de carbono 0.00001 (González, 2009).

### **2.2.4 Fuentes de contaminación**

Según Ávila (1996), las fuentes contaminantes de la atmósfera se pueden clasificar de la siguiente manera:

#### **2.2.4.1 Fuentes naturales**

Son los elementos naturales del ambiente que emiten contaminación al aire debido a la actividad volcánica y biológica, incendios, generación de gases en los pantanos, tormentas, fermentaciones, etc. En las zonas rurales, por ejemplo:

El aire puede estar contaminado debido a procesos naturales, como sucede en las zonas pantanosas, geotérmicas, donde abundan los compuestos derivados del azufre y en algunos casos también puede haber gases procedentes del subsuelo.

#### **2.2.4.2 Fuentes antropogénicas**

Las actividades industriales, el uso de medios de transporte, los diferentes procesos de manufactura y la combustión de la basura, producen diversas sustancias contaminantes del aire, incluyendo gases y humo. Son los elementos antropogénicos que emiten contaminación al aire; estas fuentes se dividen a su vez en:

##### **a) Fuentes puntuales**

Son las grandes empresas industriales o de servicios que por su magnitud se consideran de forma individual: cementeras, fundidoras, etc.

##### **b) Fuentes de área**

Son las pequeñas empresas industriales o de servicios que son consideradas en grupos: tortillerías, panaderías, restaurantes, etc.

##### **c) Fuentes móviles**

Cualquier máquina, aparato o dispositivo como automóviles, barcos, aviones, etc.

##### **d) Fuentes lineales**

Son fuentes con longitudes prolongadas donde hay emisiones constantes como: bandas transportadoras o vías del ferrocarril.

#### **2.2.5 Efectos globales de la contaminación atmosférica**

Los efectos de la contaminación no se limitan al sitio de origen si no que se extiende a sitios remotos y se les conoce también como efectos macroambientales. Los más importantes son: calentamiento global o efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono, lluvia ácida y alteraciones en la salud de las personas. En diversos estudios epidemiológicos, los niveles elevados de contaminación del aire se han asociado claramente con efectos adversos a la salud. Los pulmones y el corazón son los órganos que se ven afectados con mayor frecuencia.

### 2.2.6 Contaminación industrial y urbana

La polución industrial es una combinación de varias fuentes emitiendo al mismo tiempo diferentes tipos de contaminantes y pueden clasificarse como:

- ❖ Contaminantes primarios: Procedentes de las fuentes de emisión.
- ❖ Contaminantes secundarios: originados por la interacción entre el contaminante primario y la composición atmosférica. (Garranza, 2001).

### 2.2.7 Material particulado

Los autores: (Chow J. 1998) definen que el término “Material particulado” (Particulate Matter, PM) incluye, tanto partículas sólidas como líquidas que se encuentran suspendidas en el aire. La fuente de estas partículas puede ser tanto de origen antropogénico (por actividades del hombre) o de fuentes naturales, y pueden ser directamente emitidas por la fuente de contaminación o ser producto de la reacción de otros contaminantes presentes en el aire. Estas partículas sólidas o líquidas se pueden encontrar en un amplio rango de tamaños donde las partículas con un diámetro aerodinámico menor a  $10\mu\text{m}$  (PM10) tienen un papel importante en la salud, pues estas pueden ser inhaladas y acumularse en el sistema respiratorio.

### 2.2.8 Parámetros meteorológicos

La meteorología, (del griego meteoros (alto) y logos (tratado)), “es el estudio de los fenómenos atmosféricos y de los mecanismos que producen el tiempo, orientado a su predicción. Los fenómenos atmosféricos o meteoros pueden ser: aéreos como el viento; acuosos, como la lluvia, la nieve y el granizo; luminosos como la aurora polar o el arcoíris; y eléctricos como el rayo”.

Un parámetro meteorológico se define como “aquella variable atmosférica o fenómeno (temperatura del aire, presión, viento, humedad, tormentas, nieblas, ciclones o anticiclones, etc.), que caracteriza el estado del tiempo en un lugar específico y en un tiempo dado”.

Los parámetros meteorológicos que se utilizan en caso de estudios ambientales, son los siguientes: cobertura de las nubes, temperatura ambiente, humedad relativa, presión barométrica, dirección del viento, altura de las nubes, precipitación y radiación solar (Gallegos, 2010).

### **2.2.9 Temperatura del ambiente**

Se presenta cuando una parcela de aire está a la misma temperatura que sus alrededores y sus unidades son grados centígrados, Fahrenheit o Kelvin.

### **2.2.10 Humedad relativa**

Compara la concentración actual de vapor de agua en el aire con la concentración de vapor de agua en la que el mismo aire está saturado (saturación de presión de vapor) ésta es adimensional y se presenta en porcentajes (%) (Morán, 1997).

### **2.2.11 Presión barométrica**

La presión barométrica se calcula en base a la altura que alcanza el mercurio dentro de una columna de vidrio en base a la fuerza que ejerce la presión atmosférica sobre éste, generalmente su unidad es el milibar.

### **2.2.12 Dirección del viento**

Por lo general se mide en grados ( $^{\circ}$ ), minutos ( $'$ ) y segundos ( $''$ ) y el marco de referencia con respecto al cual se realizan estas mediciones es la rosa de vientos y la dirección del viento dónde nos da a conocer de dónde viene el viento.

### **2.2.13 Velocidad del viento**

Gunter, (2003), lo define como la compensación de las diferencias de presión atmosférica entre dos puntos.

En el espacio exterior, la velocidad de viento es el movimiento de un punto a otro y acompañado de gases o partículas cargadas del Sol a través del espacio, el viento planetario es la desgasificación de elementos químicos ligeros de la atmósfera de un planeta hacia el espacio. Allí, los vientos se suelen clasificar según su dimensión espacial, la velocidad, los tipos de fuerza que los causan, las regiones donde se producen y sus efectos.

### **2.2.14 Precipitación**

Se produce por la caída directa en virtud de su peso, de gotas de agua o de cristales de hielo que se funden. Generalmente su medición se da en milímetros (Contreras, 1999).

### **2.2.15 Radiación solar**

Se refiere a la energía solar que llega a la Tierra en forma de ondas electromagnéticas; se puede medir en Joules o Watts/m<sup>2</sup>

### **2.2.16 Densidad poblacional**

Según Sidney (1960), la densidad poblacional es el número total de habitantes dividido entre el número de km<sup>2</sup> de una zona, región o país determinado.

Los países con la densidad de población más grande son micro estados: Mónaco, Singapur, la Ciudad del Vaticano y Malta. Entre los países de mayor tamaño, Bangladesh es el que tienen mayor densidad de población.

Al expresarse en términos relativos (habitantes por km<sup>2</sup>), la densidad de población se emplea para comparar los datos demográficos de los distintos países, regiones o lugares del mundo. No es un concepto del que se puedan hacer muchas inferencias, ni económicas (hay países pobres y ricos densamente poblados, lo mismo que hay países pobres y ricos con una escasa densidad demográfica), ni culturales, ni sociales. Pero sí resulta un dato muy importante para los distintos estados, con fines de planificación en numerosos aspectos: sanitario, asistencial, educativo, electoral, político, administrativo, fiscal, etc.

### **2.2.17 Carga vehicular/horas/día**

Según Nelson (2006), el tráfico vehicular es la consecuencia de múltiples factores sociales, culturales, económicos y políticos que se presentan en las principales ciudades del mundo. La contaminación ambiental se genera por diversos factores, sin embargo, a la fecha es resultado de la gran producción de partículas contaminantes de vehículos motorizados principalmente en zonas urbanas. La movilidad urbana sustentable es un tema que hoy en día forma parte de una solución factible para los problemas que se tiene con el congestionamiento vehicular en diferentes ciudades del mundo.

### **2.2.18 Compensación ambiental**

Se puede distinguir dos tipos de compensación:

1. Medidas de compensación que, en el mismo lugar de la intervención y de la manera más inmediata posible, restablecen una función o un servicio

del ecosistema que se verá comprometido a causa de la intervención en el área.

2. Medidas de compensación que, en un lugar diferente al área de intervención, mejoran la calidad del ambiente o del paisaje.

La compensación de daños ambientales funciona en base a un “Esquema de valoración de ecosistemas”. Este esquema le permite al responsable de la intervención comprobar ante la autoridad competente, de manera fácil y clara, que sus medidas de mitigación y compensación son suficientes y apropiadas para compensar los daños ambientales causados por la intervención prevista (Senes Consultants Limited; Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 1997).

#### **2.2.19 Área verde**

Se consideran áreas verdes los espacios ocupados principalmente por árboles, arbustos o plantas y esos espacios pueden tener distintos usos, esparcimiento, recreación, ecología, protección, rehabilitación del entorno, paisajismo, etc. (Miyasako, 2009).

#### **2.2.20 Plan de forestación**

El plan de forestación, se refiere al establecimiento y manejo de sistemas forestales, de cortinas rompevientos y linderos con especies arbóreas, protección de cuencas hidrográficas; producción de material vegetativo proveniente de mejoramiento genético o de semilla de fuente identificada. La búsqueda de fuentes de financiamiento e incentivos forestales, la investigación y capacitación aplicadas a las actividades arriba mencionadas, el fortalecimiento institucional, la zonificación forestal y el desarrollo de la infraestructura tecnológica, constituyen elementos importantes del plan (Mendieta & Rocha, 2007).

#### **2.2.21 Respecto al software ArcMap**

ArcMap es la aplicación central de ArcGIS Desktop. Esta aplicación SIG se usa para todas las actividades relacionadas al mapeo, incluyendo cartografía, análisis de mapas y edición. En esta aplicación se trabaja esencialmente con mapas. Los mapas

tienen un diseño de página que contiene una ventana geográfica, o una vista con una serie de layers, leyendas, barras de escalas, flechas indicando el norte y otros elementos.

ArcMap ofrece diferentes formas de ver un mapa

- Una vista de datos geográficos
- Una vista del diseño del cartográfico (layout), en la cual se pueden desarrollar un amplio rango de funciones avanzadas de SIG.

### 2.3 Marco legal

Los criterios para la evaluación de la calidad del aire están dados por dos tipos de instrumentos legales.

**Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)** proporcionan los criterios de calidad que se aplican al aire ambiental en su condición de cuerpo receptor de emisiones de contaminantes atmosféricos (emisiones gaseosas o de material particulado).

**Los Límites Máximos Permisibles (LMP)** proporcionan los criterios de calidad exigidos para las fuentes puntuales de emisión de contaminantes atmosféricos. Los ECAs y los LMP están definidos por las siguientes normas:

- Constitución Política del Perú, Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones Gaseosas – Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas.
- D.S. N° 074-2001-PCM, “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire”.
- Los Estándares de Calidad Ambiental para aire han sido fijados por el Estado Peruano mediante el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire del Perú, aprobado por el D.S. N° 074-2001-PCM y el D.S. N° 003-2017- MINAM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire”.
- Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógenos y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005.
- La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un estándar de  $9\text{m}^2$

/habitante de áreas verdes como mínimo (Reyes y Figueroa, 2010).

- En el plan de desarrollo urbano de la Ciudad de Puno realizado por la INADUR, recomienda 8m<sup>2</sup>/habitante de área verde como mínimo.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un estándar de 9 m2/habitante de áreas verdes como mínimo (Reyes y Figueroa, 2010).

**Tabla 1:** Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. (ECA – Aire)

CONTAMINANTE	PERIODO	UNIDAD	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DEL ANALISIS
			VALOR	FORMATO	
PM10	24 horas	µg/m <sup>3</sup>	150	NE más de 3 vez al año	Separación Inercial/ filtración (Gravimetría)
	Anual	µg/m <sup>3</sup>	50	Media Aritmética Anual	
Monóxido de carbono	8 horas	µg/m <sup>3</sup>	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método Automático)
	1 hora	µg/m <sup>3</sup>	30000	NE más de 1 vez al año	
Dióxido de nitrógeno	Anual	µg/m <sup>3</sup>	100	Promedio aritmético Anual	Quimioluminiscencia (Método Automático)
	1 hora	µg/m <sup>3</sup>	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono	8 horas	µg/m <sup>3</sup>	120	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método Automático)
Sulfuro de hidrogeno	24 horas	---	---	---	Fluorescencia UV (Método Automático)
Dióxido de azufre	24 horas	µg/m <sup>3</sup>	365	NE más de una vez al año	Fluorescencia UV(método automático)
	Anual	µg/m <sup>3</sup>	80	Media Aritmética anual	
Plomo	Mensual	µg/m <sup>3</sup>	1.5	NE más de 4 veces/año	Método para PM10 Espectrometría de Absorción atómica

Fuente: D.S. N° 074-2001-PCM – CONAM. (ECA Aire).



**Tabla 2:** Estándares de Calidad del aire de otras Organizaciones.

PM10	Periodo	Valor de estándar en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		EPA	OMS
	24 horas	150	50
	Media anual	...	20

Fuente: D.S. N° 074-2001-PCM – CONAM.

**Tabla 3:** Estándar de áreas verdes como mínimo.

Áreas Verdes	Valor de estándar en $\text{m}^2/\text{habitante}$	
	OMS	INADUR
	9 $\text{m}^2/\text{habitante}$	8 $\text{m}^2/\text{habitante}$

Fuente: Reyes y Figueroa, 2010

### CAPITULO III

#### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1 Ubicación

La ciudad de Juliaca se encuentra ubicada al sur del Perú, en el departamento de Puno, provincia de San Román, a 15° 29' 40'' de Latitud Sur y 70° 07' 54'' de Longitud Oeste y a una altitud de 3824 m.s.n.m. Ocupa parte de la meseta altiplánica de Toropampa, en la cuenca del río Coata, sección Ayabacas, desarrollándose entre los cerros Zapatiana, de La Cruz y Huaynaroque. Se encuentra asimismo atravesada de Este a Oeste por el río Torococha, que desemboca en el río Coata y continúa su curso hasta desembocar en el Lago Titicaca. Como eje principal de las vías de comunicación, se ubica en la convergencia de las principales vías que unen los principales departamentos del sur del país.

##### 3.2 Límites

<b>Por el NORTE :</b>	Limita con los distritos de Calapuja, de la provincia de Lampa y Caminaca, perteneciente a Achaya y Samán de la provincia de Azángaro.
<b>Por el SUR :</b>	Limita con los distritos de Cabana y Caracoto pertenecientes a la provincia de San Román.
<b>Por el ESTE :</b>	Limita con los distritos de Pusi de la provincia de Huancané y Samán de la provincia de Azángaro.
<b>Por el OESTE :</b>	Limita con los distritos de Lampa de la provincia de Lampa y Cabanillas de la provincia de San Román.

##### 3.3 Juliaca y su entorno geográfico

La localización de Juliaca se encuentra en la meseta de Toropampa, configura un espacio relativamente plano sin grandes accidentes geográficos, lo que ha favorecido el crecimiento horizontal de la ciudad. Según los datos obtenidos, el 94.67% del área urbana de Juliaca está localizada en terreno plano llamado Meseta, el 3.04% se asienta

en las zonas de “valles” que forman los cerros aledaños y sólo el 2.29% está localizado en los cerros circundantes. Según la clasificación regional del Dr. Javier Pulgar Vidal, Juliaca pertenece a la Zona de las "TIERRAS ALTAS" o Región Suni se encuentra a una altura de 3825 m.s.n.m. Zona Central (Plaza de Armas).

### 3.4 Superficie

La Superficie Territorial del distrito de Juliaca es de 533.47 Km<sup>2</sup> (de la ciudad es de 50.62 Km<sup>2</sup>) lo que representa el 25.72% de la superficie de la Provincia de San Román, el 1.09% del Departamento y 0.042% del Territorio Nacional.

### 3.5 Población

La población de la provincia de San Román – Juliaca conforme el censo 2005 es de 218 485.00 habitantes que representan el 92% de la provincia de San Román y 18% del departamento de Puno, con una densidad poblacional de 4316.00 hab/Km<sup>2</sup>.

### 3.6 Climatología de la ciudad de Juliaca

Su clima es frígido por temporadas, con vientos en agosto, pero a excepción del tiempo de lluvias, es de escasa humedad. La Provincia de San Román presenta dos zonas de vida: Bosque Húmedo Montaña Sub Tropical, con una temperatura máxima de 12° C y una mínima de 7° C. El promedio de precipitación anual es de 1019 mm. Según el diagrama bioclimático de Holdridge, presenta un promedio de evapotranspiración potencial total variable entre la mitad y una cantidad igual al volumen de la precipitación promedio por año, por consiguiente, ubica a esta zona en el grado de humedad: "HUMEDO".

El Páramo muy Húmedo Subalpino Subtropical, presenta una biotemperatura media anual máxima de 7. 9° C y la media anual mínima de 3. 9° C., con un promedio máximo de precipitación de 1,100 mm y una mínima de 495 milímetros. Según el diagrama de Holdridge, la evapotranspiración se ha estimado una variación entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) del promedio de precipitación total por un año, que la ubica a la zona en grado de humedad: PERHUMEDO.

## CAPITULO IV

### MATERIALES Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para la determinación de concentración de material particulado menores a 10 micrómetros en la ciudad de Juliaca, donde las unidades de análisis son ubicadas, identificadas y descritas, posteriormente de acuerdo a sus concentraciones que presentan y se comparan con los estándares nacionales de calidad ambiental de aire. A continuación, se indica la secuencia y los métodos que se emplearon en el proceso de ejecución de este proyecto de investigación.

#### 4.1 Materiales, equipos y softwares

##### 4.1.1 Materiales

- Guantes de nitrilo.
- Filtros de microfibra de cuarzo PM10.
- Bolsa de plástico y sobre de papel.
- Datos meteorológicos de Juliaca
- Plan director de la ciudad de Juliaca 2014 - 2015
- Planos de la ciudad de Juliaca
- Imagen satelital Ikonos 2011 e imagen satelital landsat 2013.

##### 4.1.2 Equipos

- Hi-Vol marca THERMO.
- Manómetro.
- Kestrel.
- GPS Navegador.
- Brújula.
- Cámara fotográfica.
- 01 computadora (CORE i7).

##### 4.1.3 Softwares

- ArcGIS 10.3. (MapSource)
- WRPLOT View-freeware V.7.0.0

## 4.2 Desarrollo metodológico

### 4.2.1 Etapa de ubicación de puntos de evaluación o monitoreo

#### 4.2.1.1 Ubicación de los puntos de muestreo

La metodología es la observación visual directa, la cual consistió primeramente ubicar las estaciones de observación o localidades para determinar los puntos de monitoreo. Se han determinado tres estaciones estratégicos de observación directa siendo: Cerró San Sebastián, Huayna Roque y Cerrito De Pocracasi; seguidamente se procede a observar varias veces las diferentes partes de la ciudad de Juliaca, para localizar los focos de contaminación o el smog fotoquímico que es la asociación de partículas sólidas en suspensión, emisión de gases, vapor de agua y con la radiación solar de la mañana (5:00 a 5:30am) se puede ver ese manto gris y/o emisión densa.

#### 4.2.1.2 Puntos de Monitoreo

**Tabla 4:** Estaciones de monitoreo.

Calidad de Aire (CA – 01) SALIDA AREQUIPA
Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo) 0377003 E; 8286267 N; 3841 msnm WGS 84
Calidad de Aire (CA – 02) SALIDA LAMPA - LADRILLERIA
Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo) 0374765 E; 8288936 N; 3841 msnm WGS 84
Calidad de Aire (CA – 03) URBANIZACION SANTA ADRIANA - AEROPUERTO
Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo) 0375996 E; 8288714 N; 3840 msnm WGS 84
Calidad de Aire (CA – 04) SALIDA CUSCO NORTE - CERRO POCRACASI
Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo) 0377797 E; 0290595 N; 3845 msnm WGS 84
Calidad de Aire (CA – 05) SALIDA CUS CO - OVALO
Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo) 0378312 E; 8288106 N; 3851 msnm WGS 84
Calidad de Aire (CA – 06) SALIDA HUANCANÉ
Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo) 0380844 E; 8289318 N; 3836 msnm WGS 84
Calidad de Aire (CA – 07) SALIDA COATA
Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo) 0381472 E; 8285059 N; 3843 msnm WGS 84
Calidad de Aire (CA – 08) SALIDA PUNO
Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo) 0379746 E; 8283571 N; 3842 msnm WGS 84
Calidad de Aire (CA – 09) PLAZA BOLOGNESI
Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo) 0378624 E; 8286390 N; 3842 msnm WGS 84

Fuente: elaboración propia tesista.

## 4.3 Convalidación de puntos de monitoreo

Una vez determinado los 9 puntos de monitoreo en las azoteas de las casas, y de cada zona, de la ciudad. Se convalido los puntos de monitoreo, con la meteorología que presenta la ciudad de Juliaca y se tomó en cuenta también el Código de Regulaciones Federales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (1970) y se describe en (3.2.1.3. Criterios y características de puntos de monitoreo).

#### 4.3.1 Horas que se realizan las observaciones sinópticas

La hora observacional depende del tipo, finalidad y uso de cada observación. Es importante que las observaciones sean sincrónicas y continuadas durante varios años, para que puedan utilizarse en cualquier estudio o investigación.

Para determinado tipo de observaciones, en especial las sinópticas, la OMM ha establecido horas fijas, en Tiempo Universal Coordinado (UTC), las horas principales, para efectuar observaciones sinópticas de superficie son: 00:00 - 03:00, 06:00 - 09:00, 12:00 - 15:00, 18:00 - 21:00 horas UTC. Las horas fijas para la observación sinóptica en altitud son: 00:00 - 12:00 UTC, además, las observaciones aeronáuticas se realizan en forma horaria, las de despegue y aterrizaje en el momento mismo en que el piloto efectúa dichas operaciones, y en vuelo en cualquier momento. En el Perú, la hora local, tiene una diferencia de menos 5 horas, con respecto al UTC, es decir, que si el UTC es 12:00 horas, en el Perú serán las 07:00 hora local (SENAMHI)

#### 4.4 Consideraciones sobre ubicación de puntos de monitoreo en la ciudad de Juliaca

Para las consideraciones en los puntos de muestreo, se debe de considerar: La dirección de las casas, la fecha de monitoreo y por 24 horas, la ubicación de coordenadas cartesianas, altitud correspondiente, algunas observaciones sobre mediciones de altura de muestreo y por último tomar las respectivas fotos.

#### 4.5 Metodología de muestreo del Hi-Vol

Según el Código de Regulaciones Federales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (CFR 40), establece los criterios de representatividad para la localización de los sitios de muestreo de material particulado, de la siguiente forma:

- Altura de la toma de muestra sobre el piso: 2-15 m.
- Distancia al árbol más cercano: > 20 m de la circunferencia que marca el follaje o las raíces y por lo menos 10 m, si los árboles actúan como un obstáculo.
- La distancia del muestreador a obstáculos como edificios, debe ser mínimo, el doble de la altura en que sobresale el obstáculo sobre el muestreador. Se recomienda un radio libre de 10 m.
- El equipo debe tener un flujo de aire sin restricciones, 270° alrededor de la toma de muestra y/o un ángulo de 120° libre por encima del equipo.

- No podrá haber flujos de hornos o de incineración cercanos. Se recomienda 20 m de distancia del sitio de muestreo.
- La distancia a las carreteras/caminos debe ser de 2 a 10 m del borde a la línea de tráfico más cercana.

Además, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos para el sitio de muestreo:

- Fácil acceso, para visitas regulares de inspección, mantenimiento, calibración, etc.
- Infraestructura: el sitio debe contar con energía eléctrica segura y teléfono.
- Libre de obstáculos que afecten el flujo de aire en las cercanías del muestreador (ejemplo: edificios, árboles, balcones, etc.).

#### **4.6 Etapa de recolección de la muestra de concentración de $PM_{10}$ en la ciudad de Juliaca**

##### **4.6.1 Recolección de partículas de $PM_{10}$**

El procedimiento para recolectar la concentración de la muestra de partículas de  $PM_{10}$  con el equipo Hi-Vol comprende los siguientes pasos:

1. Abrir la carcasa del equipo y fijarla con un gancho en la parte atrás.
2. Quitar los 4 tornillos de sujeción de porta filtros.
3. Hacer la limpieza del compartimento de filtración.
4. Colocar el filtro numerado y pesado previamente con la superficie rugosa hacia arriba, registrar los datos del filtro en el formato de campo Hi-Vol.
5. Para colocar el filtro, usar una pinza unos guantes de nitrilo, no tocar con las manos sin guantes.
6. Ajustar la porta filtro apretado firmemente los tornillos de sujeción con el propósito de evitar escapes de aire.
7. Cerrar la carcasa del equipo y asegurar con los ganchos.
8. Programar el Timer para un periodo de 24 horas.
9. Prender el equipo, accionando manualmente el contador de tiempo.
10. Tomar la lectura de presión inicial del equipo con el manómetro.
11. Una vez finalizado el tiempo de 24 horas de muestreo se realiza el cambio del filtro.

#### 4.6.2 Cambio de filtro del equipo Hi-Vol

- a. Al llegar a la estación de muestreo para hacer el cambio de filtro del equipo, la metodología es lo siguiente:
  - i. Hacer la lectura final del contador de tiempo para verificar el tiempo programado.
  - ii. Tomar la presión final del equipo utilizando el manómetro.
  - iii. Registrar la lectura final en el contador de tiempo.
- b. Abrir la carcasa del equipo y fijarla con un gancho en la parte de atrás.
- c. Quitar cuatro tornillos de sujeción de porta filtro.
- d. Se retira el filtro usado y doblarlo en 2 partes con la superficie impactada hacia adentro, de manera que no se toque ésta área y se identifique fácilmente el número del filtro, el filtro debe ser guardada en un sobre para su traslado al laboratorio.

#### 4.7 Etapa de laboratorio

##### **Criterios de metodología para el aseguramiento de la calidad de resultados de $PM_{10}$ en $\mu g/m^3$**

- Los ensayos se realizaron en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. (SAG).
- Los ensayos son controlados realizando controles internos utilizando materiales de referencia. Este control incluye la participación en comparaciones de calidad de resultados entre diferentes laboratorios a nivel internacional. Así mismo dentro de Sistema de Calidad de Aires existen diferentes niveles de control de manera que aseguren la calidad de los resultados.
- El programa de control y aseguramiento de calidad de SAG. Consiste en las recomendaciones de publicaciones internacionales, oficiales y estandarizadas, como las que se nombra a continuación:
  - ❖ Determinación de límite de detección.
  - ❖ Lectura de blancos.
  - ❖ Lectura de muestras de control (estándares).
  - ❖ Lectura de duplicados.
  - ❖ Definiciones de los compartimentos de las muestras estándares en el tiempo mediante gráficas de Control.
  - ❖ Criterios de aceptación o rechazo de resultados



## 4.8 Trabajo de campo

### 4.8.1 Identificación de actividades antropogénicas

Las actividades antropogénicas se identifican con la observación directa durante el monitoreo del material particulado menores o iguales a 10 micrómetros en cada punto de evaluación, por lo cual se contó y filmó la carga vehicular que pasan por minuto alrededor de los puntos en evaluación y se hizo cálculos a una hora y finalmente se hizo cálculos por 24 horas. Así mismo se registra todas las actividades antrópicas operativas en todas las zonas de evaluación.

## 4.9 Interpolación con spline

$$P(u)=ea(u)A+eb(u)B$$

**Dónde:**  $f(u)=(1-u)$  y  $fb(u)=u$

Las funciones lineales no contienen radicales o potencias mayores en (u).

Estas son conocidas como funciones de mezclas, de la sumatoria de A y B obtenemos los resultados P(u), independientemente del valor (u).

$$f(u)+fb(u)=1$$

### 4.10 Zonificación de las áreas verdes de uso actual y uso potencial

Para su ploteo respectivo de las áreas verdes existentes en la Ciudad de Juliaca, se debe de tener primero el plano correspondiente, generalmente se encuentra en formato dwg que es compatible con el software AutoCAD y Arc Gis, pero para trabajar mejor en el Software Arc Gis se debe de convertir en formato Shape file, y para obtener las imágenes satelitales debemos ingresar a la página de Google Earth o el SAS PLANET que nos brinda imágenes de forma gratuita. Teniendo todos esos materiales se proceden a zonificar las áreas como parques, plazas, plazoletas, residencias y las vías verdes que existen en el ámbito de estudio.

## CAPITULO V

## INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## 5.1 Marco Legal

Según el marco legal, los criterios para la evaluación de la calidad del aire están dados por dos tipos de instrumentos legales, expresados en D.S. N° 074-2001-PCM.

Tabla 5: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. (ECA - Aire)

CONTAMINANTE	PERIODO	UNIDAD	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DEL ANALISIS
			VALOR	FORMATO	
PM10	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	NE más de 3 vez al año	Separación Inercial/ filtración (Gravimetría)
	Anual	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	Media Aritmética Anual	

Fuente: D.S. N° 074-2001-PCM.

Tabla 6: Estándares Internacionales de Calidad Ambiental del Aire. (OMS - Aire)

Parámetros	Periodo	Valor
		$(\mu\text{g}/\text{m}^3)$
PM10	24 Horas	50
	Media Anual	20

Fuente: OMS (2005).

## 5.2 Concentración de Material Particulado Menores a 10 micrómetros en la Ciudad de Juliaca

Los resultados del análisis de laboratorio de las nueve estaciones monitoreadas de muestro en la ciudad de Juliaca, dieron los siguientes valores que aparecen en la Tabla 7.

En la Tabla 7, se muestra las concentraciones de material particulado menores o iguales a 10 micras de la ciudad de Juliaca donde, CA-01 Salida Arequipa presenta PM10  $37.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con HR 72.8 %, presión atmosférica 646.9 mbar y T° 10.8 °C; CA-02 Salida Lampa - Ladrillera PM10  $23.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con HR 80.8 %, presión atmosférica 646.9 mbar y T° 11.7 °C, CA-03 Urb. Santa Adriana – Aeropuerto PM10  $46.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con HR 15.1 %, presión atmosférica 647.0 mbar y T° 12.0 °C, CA-04 Cerro Pocracasi – Salida Cusco Norte con PM10  $7.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con HR 78.5 %, presión atmosférica 647.2 mbar y T° 9.3 °C, CA-05 Óvalo Salida Cusco PM10  $103.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con HR 15.3 %, presión atmosférica 647.3 mbar y T° 11.5 °C, CA-06 Salida Huancané PM10  $66.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con HR 80.8 %, presión atmosférica 646.9 mbar y T° 11.2 °C, CA-07 Salida Coata

PM10 49.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con HR 80.8 %, presión atmosférico 622.2 mbar y T° 8.5 °C, CA-08 Salida Puno – Zona Industrial Taparachi de PM10 33.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con HR 80.8 %, presión atmosférica 646.3 mbar, y T° 14.3 °C, CA-09 Plaza Bolognesi PM10 29.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con HR 78.5 %, presión atmosférica 647.3 mbar, T° 9.5 °C y con precipitaciones diarias como: 09/11/15 con una cantidad de 6.3 m.m. de precipitación pluvial, 10/11/15 con una cantidad de 0.5 m.m. de precipitación pluvial, 11/11/15 con una cantidad de 1.5 m.m. de precipitación pluvial, 12/11/15 con una cantidad de 4.9 m.m. de precipitación pluvial, 13/11/15 con una cantidad de 0.3 m.m. de precipitación pluvial, 14/11/15 con una cantidad de 2.0 m.m. de precipitación pluvial (anexo 7 datos meteorológicos) y las otras variables meteorológicas de velocidad y dirección del viento se detallan en las figuras de rosas de viento.

Tabla 7: Concentraciones de material particulado de PM10 en la ciudad de Juliaca por 24 horas.

ESTACIÓN	CÓDIGO	FECHA DE MUESTREO	UNA SOLA LECTURA POR 24 HORAS CONCENTRACIÓN DE PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PRESIÓN ADMOSFÉRIC A (mBar)	HR (%)	T° (°C)
Salida Puno – Zona Industrial Taparachi	CA-08	09 al 10/11/15	33.4	646.3	80.0	14.3
Plaza Bolognesi	CA-09	09 al 10/11/15	29.5	647.3	78.5	9.5
Salida Coata	CA-07	10 al 11/11/15	49.5	622.2	0.8	8.5
Urb. Santa Adriana - Aeropuerto	CA-03	10 al 11/11/15	46.1	647.0	5.1	12.0
Salida Huancané	CA-06	11 al 12/11/15	66.8	646.9	80.8	11.2
Salida Lampa - Ladrillera	CA-02	11 al 12/11/15	23.9	646.9	0.8	11.7
Salida Arequipa	CA-01	12 al 13/11/15	37.7	646.9	2.8	10.8
Cerro Pocracasi – Salida Cuzco Norte	CA-04	12 al 13/11/15	7.7	647.2	78.5	9.3
Óvalo Salida Cuzco	CA-05	13 al 14/11/15	103.0	647.3	15.3	11.5
Promedio			44.2	644.2	64.7	11.0
ECA				150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
OMS				50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		

**Fuente:** Elaboración propia

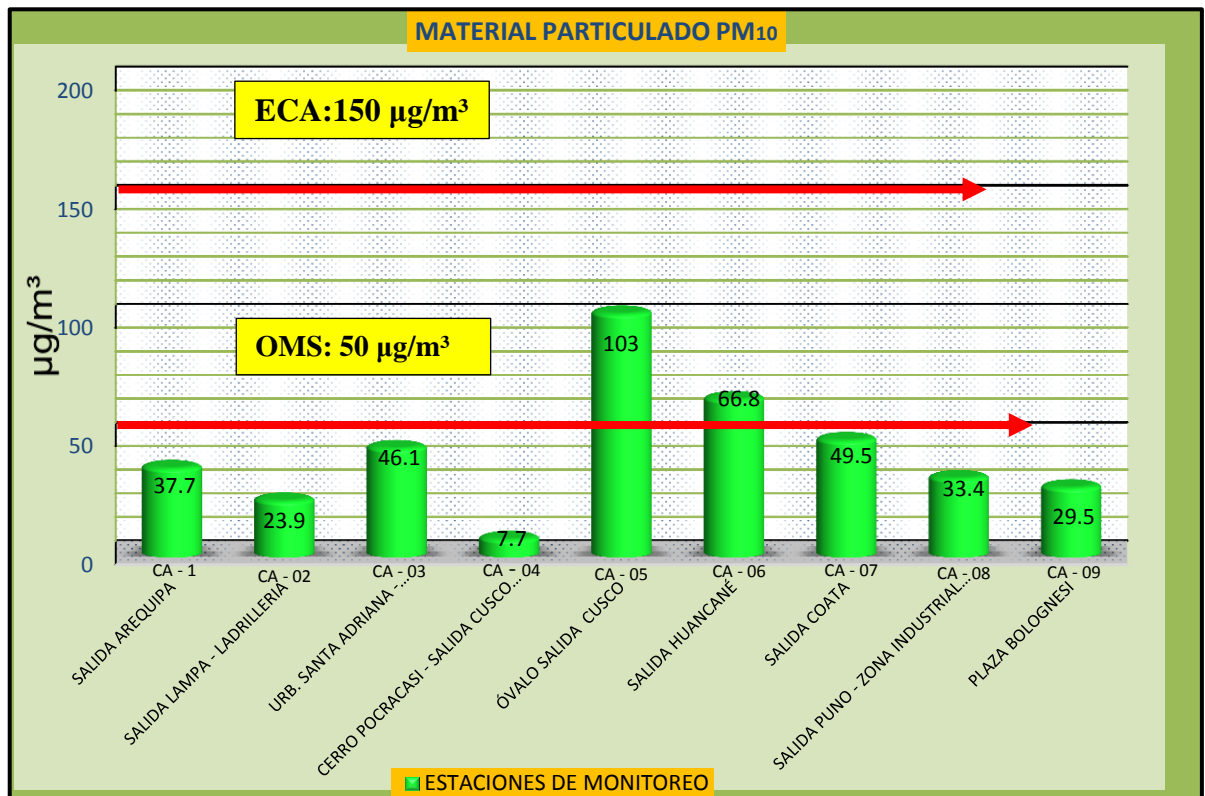


Figura 1: Concentraciones de material particulado de PM10 en la ciudad de Juliaca.

En la Figura 1, se muestra que las concentraciones de PM10 en la ciudad de Juliaca se encuentran por debajo de lo establecido según el D.S N° 074-2001-PCM-CONAM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire (ECA Aire 150 µg/m³), en cambio los estándares de Organización Mundial de la Salud (OMS 50 µg/m³) son superadas por las concentraciones de PM10 en dos puntos de la ciudad de Juliaca, donde CA-05 Óvalo Salida Cusco sobrepasa altamente con 103.0 µg/m³ y CA-06 Salida Huancané sobrepasa con una cantidad de 66.8 µg/m³ al 50 µg/m³ y el promedio de la concentración en la ciudad de Juliaca es de 44.2 µg/m³, con la variación de 7.7 a 103.0 µg/m³ y la fuente principal de concentración de PM10 es el flujo vehicular y las actividades antropogénicas. Por otra parte, DIGESA (2007), indica que, en las estaciones ubicadas en la ciudad de Lima, Perú, reporto que sólo en el Lima Este y Lima Norte exceden el estándar de 50 µg/m³; superando además el valor consignado en la guía de la OMS (igual a 20 µg/m³) y atribuye que el material particulado incremento por parque automotor, que dado a sus altos índices pueden generar serios problemas tanto para el entorno. Entonces a pesar de tener condiciones ambientales diferentes, los resultados de la presente investigación se corroboran.

También, se tuvo trabajos de investigación en las ciudades de Puno en material particulado y se corroboran con los resultados obtenidos de aire.

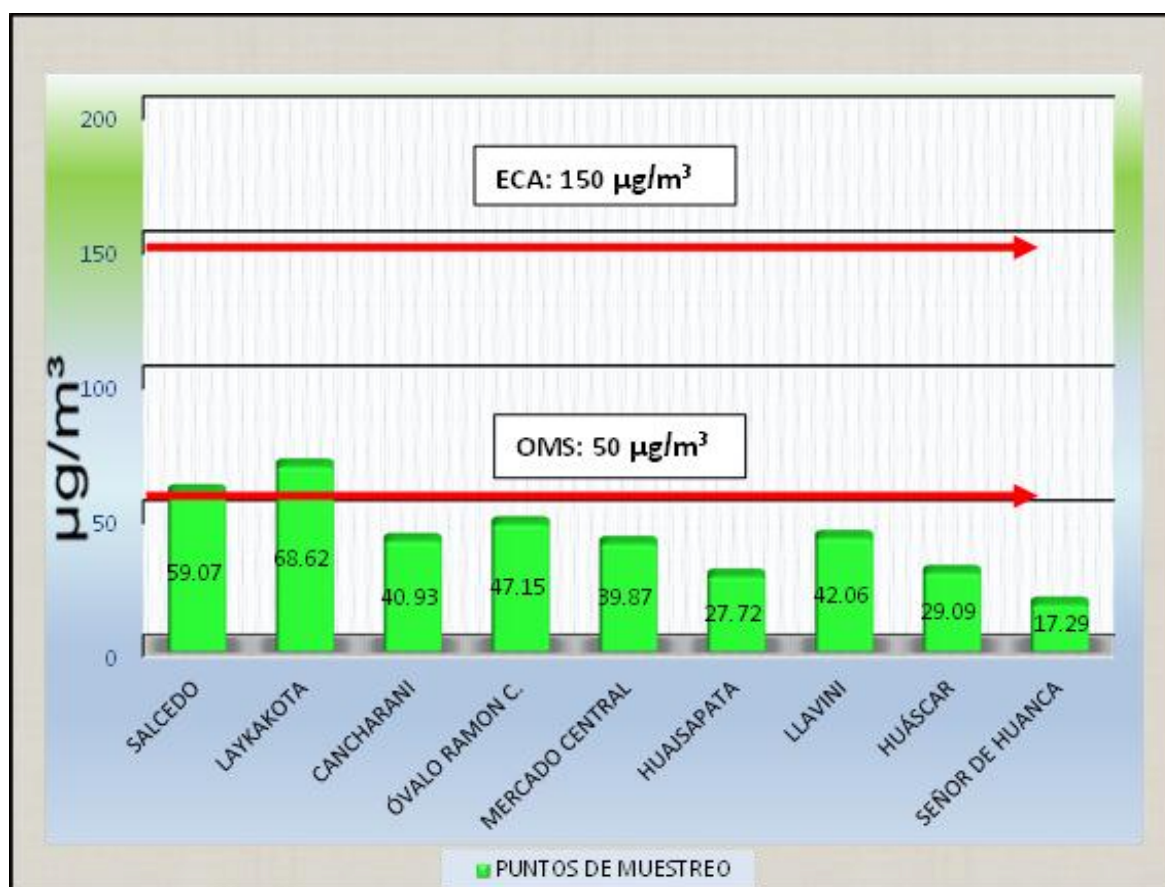


Figura 2: Concentración de material particulado de PM<sub>10</sub> en la ciudad de Puno.  
Fuente: Phocco, H. (2014).

En la Figura 2, se observa la investigación realizada en la ciudad de Puno por Phocco, H.(2014), sobre la concentración de material particulado menores o iguales a PM<sub>10</sub> micrómetros. Indica que ningún punto de monitoreo están por encima del Decreto Supremo N°074-2001 PCM-CONAM de PM<sub>10</sub> según ECA, mientras tanto según lo establecido por la OMS exceden “Salcedo” y “Laykakota”, lo que nos indica que Puno tendría menor concentración de material particulado que la ciudad de Juliaca.

De la misma forma, Quispe R. (2015), muestra que las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en la ciudad de Puno, indica que un punto de la zona sur “Laykakota” se encuentra por encima de lo establecido según el Decreto Supremo N° 003 – 2008 MINAM.

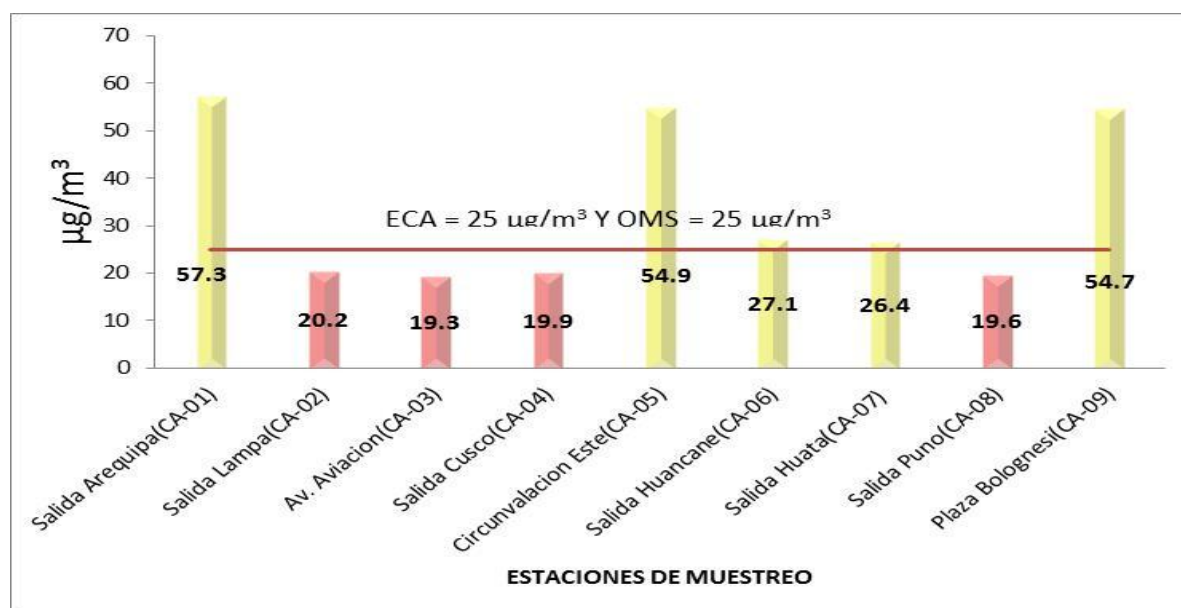


Figura 3: Concentración de material particulado menores o iguales a PM<sub>2.5</sub> micrómetros en la ciudad de Juliaca. Fuente: Huanca, (2016).

Del mismo modo, **la Figura 3**, demuestra que el estudio realizado en la ciudad de Juliaca por Huanca, (2016), indica que las concentraciones de material particulado PM<sub>2.5</sub> micrómetros, registradas para las estaciones de monitoreo CA-01 (Salida Arequipa), CA-05 (Óvalo Salida Cusco - Circunvalación Este), CA-06 (Salida Huancané), CA-07 (Salida Huata) y CA-09 (Plaza Bolognesi); indican valores por encima del límite máximo establecido en el D.S N°003-2008-MINAM, y por la Organización Mundial de Salud (OMS). En cambio, las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, registradas para las estaciones de monitoreo CA-02 (Salida Lampa), CA-03 (Av. Aviación), CA-04 (Salida Cusco) y CA-08 (Salida Puno) están por debajo del límite máximo establecido en el D.S N°003-2008-MINAM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

Finalmente, analizando la ciudad de Juliaca, no cumple con las guías sobre la calidad de aire, siendo el material particulado PM<sub>10</sub> el contaminante más crítico en la ciudad debido a sus niveles y sus efectos para la salud, donde las concentraciones de PM<sub>10</sub> en la ciudad de Juliaca se encuentran por debajo de lo establecido según el D.S N° 074-2001-PCM-CONAM, (ECA Aire), en cambio los estándares de Organización Mundial de la Salud (OMS) son superadas por las concentraciones de PM<sub>10</sub> en dos puntos de la ciudad de Juliaca, donde Óvalo Salida Cusco (zona centro) sobrepasa

altamente con  $103.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y Salida Huancané (zona sur este) sobrepasa con una cantidad de  $66.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  al  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Niveles de calidad del aire y su impacto en la salud	Valores del Índice
Bueno	0-50
Moderado	51-100
Dañino para la salud de los grupos sensibles	101-150
Dañino para la salud	151-200
Muy dañino para la salud	201-300

Figura 4: Niveles de calidad del aire y su impacto en la salud. Fuente: [www.airnow.gov](http://www.airnow.gov)

Según la Figura N° 04, la ciudad de Juliaca tiene un promedio de concentración de PM10 de  $44.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y como los niveles de calidad de aire están entre los rangos de cero a cincuenta (0 – 50), en donde la calidad de aire califica “BUENO”.

A pesar que los niveles de contaminación están por debajo de la norma de calidad del aire cualquier concentración de contaminantes puede presentar efectos en la salud como el mínimo de inicio de síntomas o molestias asociadas al sistema respiratorio tales como irritación de mucosas en grupos sensibles y en algunas personas sanas.

Además según las recomendaciones: Prestar atención a la presencia de los mínimos síntomas asociadas al sistema respiratorio que puedan presentarse en las personas, sin embargo, dentro de esta categoría toda la población podrá realizar sus actividades cotidianas al aire libre sin ninguna restricción.

### 5.3 Diferencias de Concentraciones de material particulado menores a PM<sub>10</sub> micrómetros en zonas de evaluación de la ciudad de Juliaca

#### La sectorización

La sectorización es otro producto de la propuesta del plan para la ciudad y se define como la subdivisión del espacio o estructura urbana en grandes partes, sectores, zonas o conos, diferenciada por su morfología, su relación interna con otras partes de la ciudad. Debemos aclarar, además, la delimitación de los sectores se ha realizado en base a la Zonificación y el Sistema Vial del Plan Director 2004 – 2015, proponiéndose cuatro sectores como espacios urbanos: sector oeste, sector este, sector sur y sector centro, ver (anexo 2).

Por lo tanto, se ha tomado esta referencia de sectorización para determinar la diferencia de concentración de material particulado menores a PM<sub>10</sub> micrómetros en la Ciudad de Juliaca y se ha dividido en tres zonas de estudio son los siguientes: Zona Oeste (Salida Lampa, Urb. Santa Adriana – Aeropuerto y Cerro Pocracasi – Salida Cusco Norte), Zona Centro (Salida Arequipa, Óvalo Salida Cusco y Plaza Bolognesi) y Zona Sur (Salida Huancané, Salida Coata y Salida Puno – Zona Industrial Taparachi).

#### 5.3.1 Diferencias de Concentraciones de material particulado de PM<sub>10</sub> en los puntos de muestreo de Zona – Oeste

Tabla 8: Diferencia de concentraciones de PM<sub>10</sub> en los puntos de muestreo de zona- oeste.

CÓDIGO	LUGAR DE MUESTREO	CONCENTRACIONES POR 24 HORAS	UNIDAD
CA-02	Salida Lampa	23.9	µg/m <sup>3</sup>
CA-03	Urb. Santa Adriana - Aeropuerto	46.1	µg/m <sup>3</sup>
CA-04	Cerro Pocracasi - Salida Cusco Norte	7.7	µg/m <sup>3</sup>
Promedio de Concentración		25.9	µg/m <sup>3</sup>
Desviación estándar		± 19.27	

**Fuente:** Elaboración propia



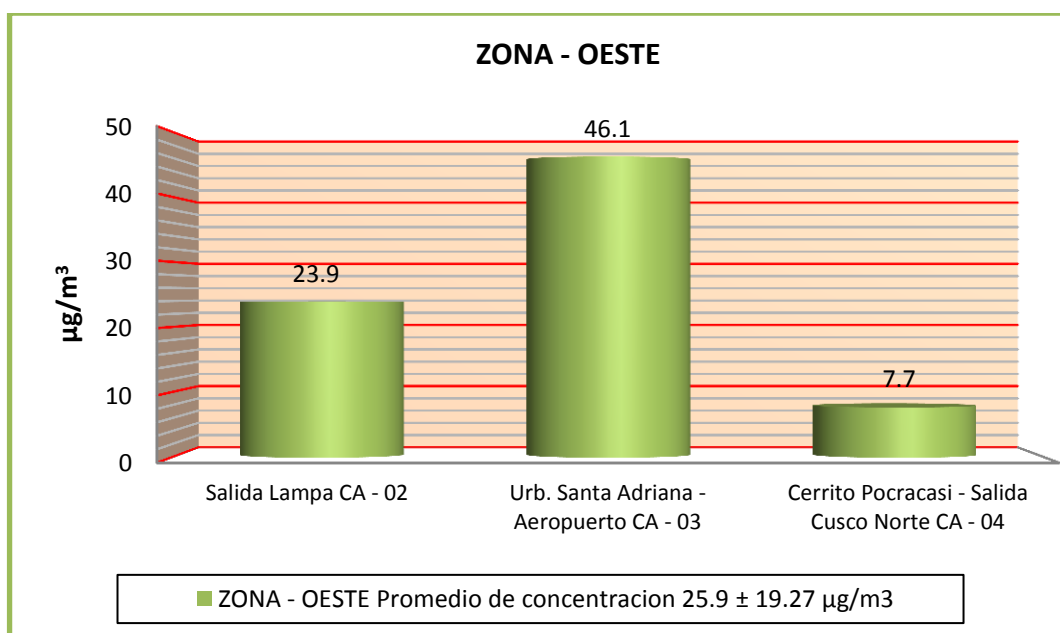


Figura 5: Diferencia de concentraciones de PM10 en los puntos de muestreo de zona oeste.

La **Figura: 5**, muestra la máxima concentración de Material particulado PM<sub>10</sub> se da en la CA-03 “Urb. Santa Adriana - Aeropuerto” con 46.1 μg/m<sup>3</sup>, seguidamente de la CA-02 “Salida Lampa - Ladrilleria” con 23.9 μg/m<sup>3</sup> y por último la mínima concentración se da en la CA-04 “Cerro Pocracasi – Salida Cusco Norte” con 7.7 μg/m<sup>3</sup>, y el promedio entre los tres puntos de muestreo es de 25.9 ± 19.27 μg/m<sup>3</sup>, tomando en cuenta (Figura 31 actividades antropogénicas) la mayor actividad antrópica fue en la Urb. Santa Adriana - Aeropuerto destacándose la actividad de alto tráfico vehicular, restaurantes, llanterías, ebanisterías y mueblerías y calles no pavimentadas.

Asimismo, existe un predominio de vías en mal estado de conservación, debido a la cantidad de flujo vehicular, falta de un mantenimiento adecuado y principalmente, por la falta de recursos económico que no permite realizar un mantenimiento periódico y/o construir las actuales vías de tierra.

De la misma forma, Phocco H. (2014), indica que la máxima concentración en la ciudad de Puno, en la zona Norte es (Llavini) con 42.06 μg/m<sup>3</sup> de (PM<sub>10</sub>) la fuente de emisiones de contaminación de PM 10 es el flujo vehicular.



De acuerdo a la **Figura 7**, se muestra que el 50 % de vientos predominan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s, el 29.2 % representa con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s, el 12.5 % representa con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s y 8.3 % con velocidades de 5.7 – 8.8 m/s.

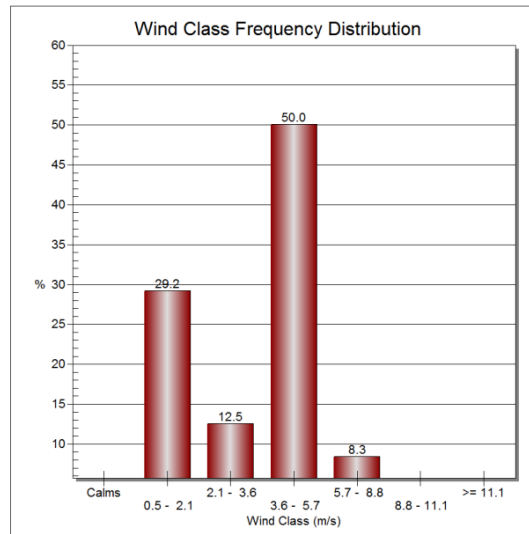


Figura 7: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Lampa – Ladrilleria CA – 02

La **Figura 8**, indica que las direcciones del viento y de contaminantes con mayor frecuencia en Urb. Santa Adriana - Aeropuerto son aquellas que se dirigen de noroeste y este.

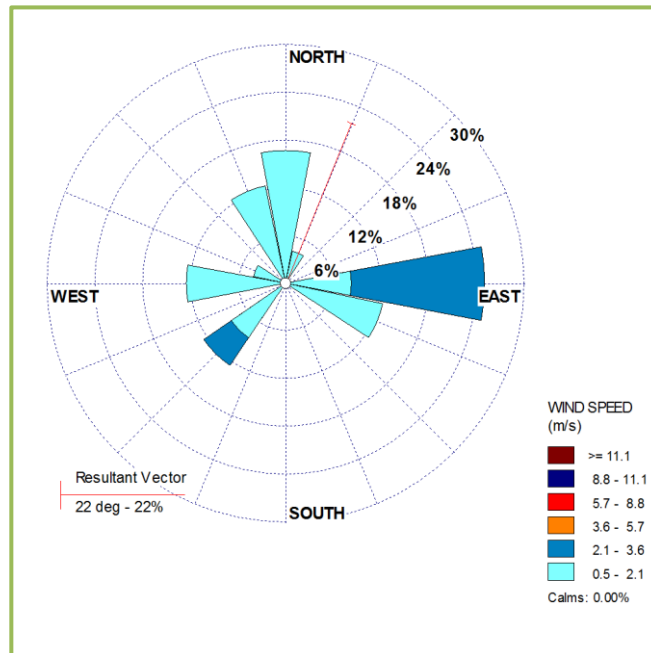


Figura 8: Rosa de vientos de Urb. Santa Adriana - Aeropuerto CA – 03

Según la **Figura 9**, se muestra que el 79.2 % de vientos predominan con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s y el 20.8 % oscilan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s.

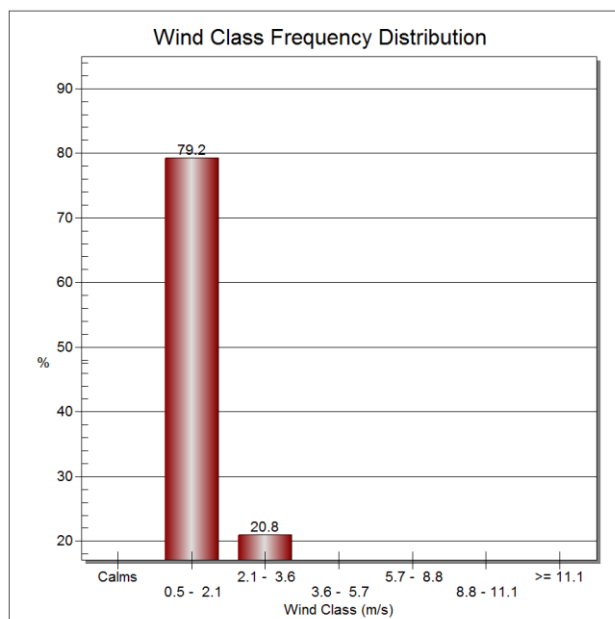


Figura 9: Distribución de frecuencia de clase de viento de Urb. Santa Adriana- Aeropuerto CA- 03

La **Figura 10**, indica que las direcciones del viento y de contaminantes con mayor frecuencia en Cerro Pocracasi – Salida Cuzco Norte, son aquellas que se dirigen de noreste, oeste y suroeste.

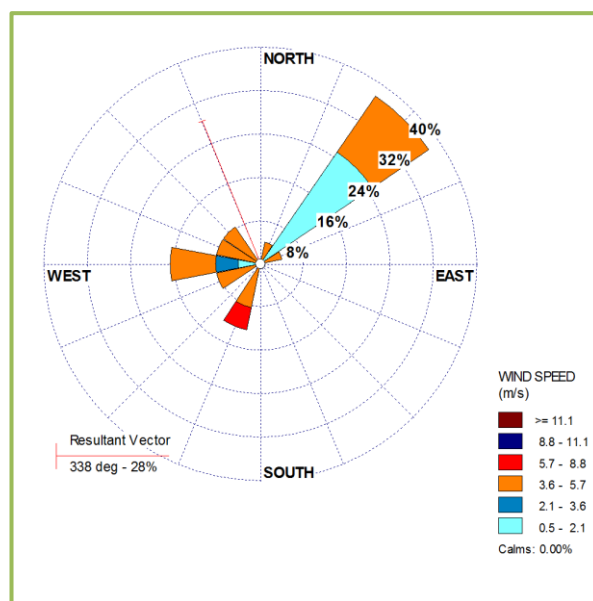


Figura 10: Rosa de vientos de Cerro Pocracasi – Salida Cuzco Norte CA – 04

Según la **Figura 11**, se muestra que el 62.5 % de vientos predominan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s, el 29.2 % oscilan con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s, el 4.2 % oscilan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s y el 4.2 % oscilan con velocidades de 5.7 – 8.8 m/s.

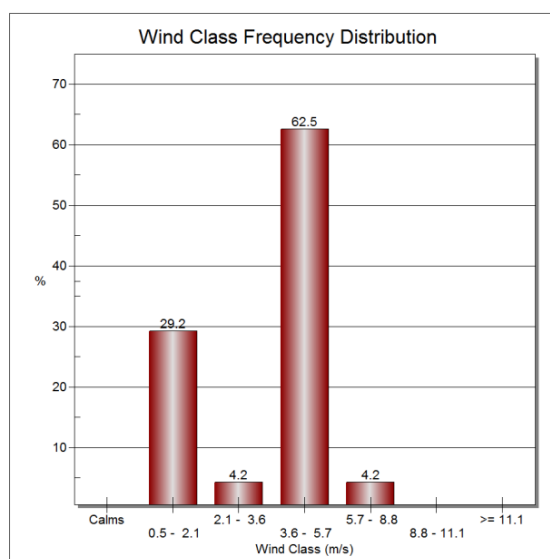


Figura 11: Distribución de frecuencia de clase de viento de Cerro Pocracasi–Salida Cuzco Norte CA – 04

### 5.3.2 Diferencias de Concentraciones de material particulado de PM10 en los puntos de muestreo de Zona – Centro

Tabla 9: Diferencia de concentraciones de PM10 en los puntos de muestreo de zona- centro.

CÓDIGO	LUGAR DE MUESTREO	CONCENTRACIONES POR 24 HORAS	UNIDAD
CA - 01	Salida Arequipa	37.7	µg/m <sup>3</sup>
CA - 05	Ovalo Salida Cusco (circunvalación este)	103	µg/m <sup>3</sup>
CA - 09	Plaza Bolognesi	29.5	µg/m <sup>3</sup>
Promedio de Concentración		56.7	µg/m <sup>3</sup>
Desviación estándar		± 40.27	

**Fuente:** Elaboración propia

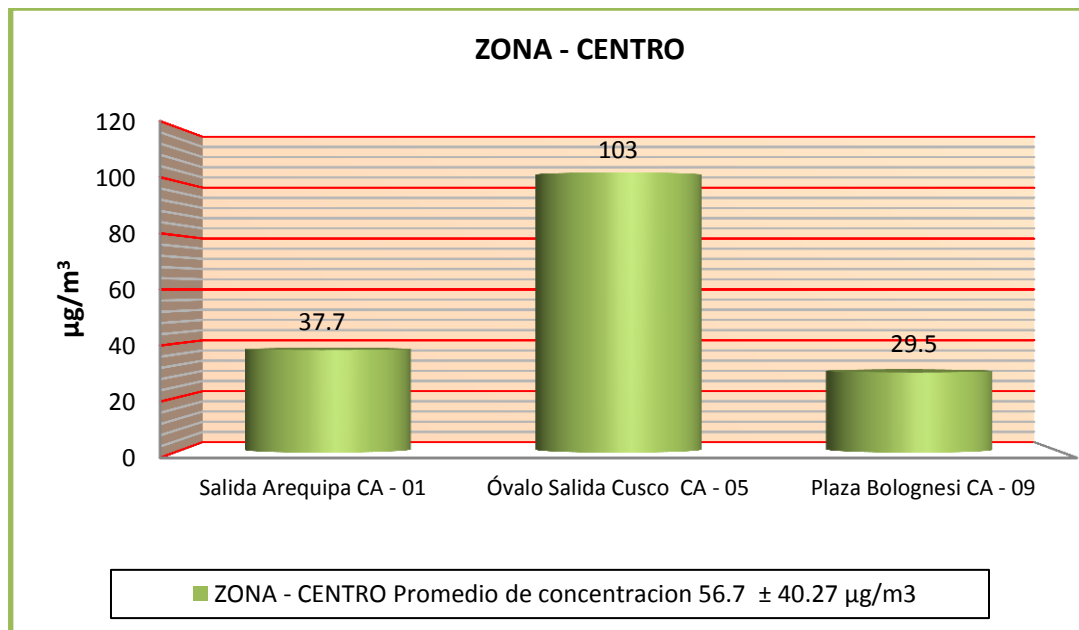


Figura 12: Diferencia de concentraciones de PM<sub>10</sub> en los puntos de muestreo de zona centro.

Según la **Figura 12**, la alta concentración de Material Particulado PM<sub>10</sub> en la estación de monitoreo CA-05 “Óvalo Salida Cusco” poseó 103 µg/m<sup>3</sup>, seguidamente la estación de monitoreo CA-01 “Salida Arequipa” con 37.7 µg/m<sup>3</sup> y por último la mínima concentración se da en la CA-09 “Plaza Bolognesi” con 29.5 µg/m<sup>3</sup>, y el promedio entre los tres puntos de muestreo es de 56.7± 40.27 µg/m<sup>3</sup>, y de acuerdo a la (**Figura 27**), la fuente principal de concentración de partículas sería el flujo vehicular y por falta de calles no pavimentadas en la estación de monitoreo CA-05 “Óvalo Salida Cusco y en la estación de monitoreo CA-09 “Plaza Bolognesi” donde mostraron mayores flujos de carros, y finalmente tenemos a la estación de monitoreo CA-01 “Salida Arequipa” en cierta manera existen alta Industria ladrillera, talleres industriales, construcciones civiles, y es más se encontró una cantera en funcionamiento en la colina del cerro espinar que está muy cerca al punto de evaluación.

Por otro lado, Phocco (2014), reportan que la concentración más alta en la zona centro de Puno fue la estación (Ramón castilla) con 47.15 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> esto por la alta presencia de flujo vehicular. De la misma forma Quispe, A (2015) indica que la zona centro es más abundante con el elemento metálico entre los diferentes puntos de evaluación fue la ZC-03 (Ovalo Ramón Castilla) con 3.4102 µg/m<sup>3</sup> de Zinc, además

indica que la fuente principal sería las soldaduras mecánicas, la remoción de tierras y la presencia de numerosas pollerías.

De la misma forma Huanca (2016), demuestra que la máxima concentración de Material particulado  $PM_{2.5}$  se da en la CA-01 “Salida Arequipa” con  $57.3 \mu\text{g}/\mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguidamente de la CA-05 “Circunvalación Este” con  $54.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y por último la mínima concentración se da en la CA-09 “Plaza Bolognesi” con  $54.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y el promedio entre los tres puntos de muestreo es de  $55.63 \pm 1.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la fuente principal de concentración de partículas sería el flujo vehicular, sobre todo en los puntos de CA-05 “Circunvalación Este” y CA-09 “Plaza Bolognesi” donde mostraron mayores flujos de carros y actividad antrópica siendo una de las posibles causas de la concentración de partículas. Asimismo, el crecimiento de la ciudad de Juliaca y el deterioro total de la imagen de la zona centro, se ha venido desarrollando en las últimas décadas en un marco de la informalidad y desinterés total de las autoridades competentes; definiéndose básicamente problemas de sistema de tránsito vehicular y un acelerado proceso de ocupación de suelo urbano, particularmente en las zonas periféricas de la ciudad, y problemas de contaminación por polvo por falta de calles no pavimentadas.

### 5.3.2.1 Presencia de variables meteorológicas durante el monitoreo y flujo de contaminantes en la zona Centro

En la Figura 13, se aprecia que las direcciones del viento y de contaminantes con mayor magnitud en la Salida Arequipa, son aquellas que se dirigen de noreste y suroeste.

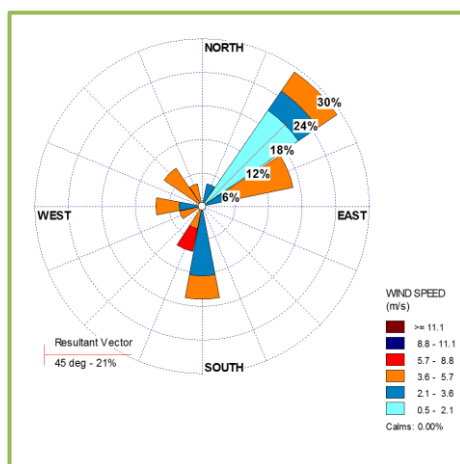


Figura 13: Rosa de vientos de Salida Arequipa CA – 01

Por otro lado, en la **Figura 14**, indica que el 45.8 % de vientos predominan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s, el 29.2 % oscilan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s, el 20.8 % oscilan con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s y 4.2 % con velocidades de 5.7 – 8.8 metros por segundo.

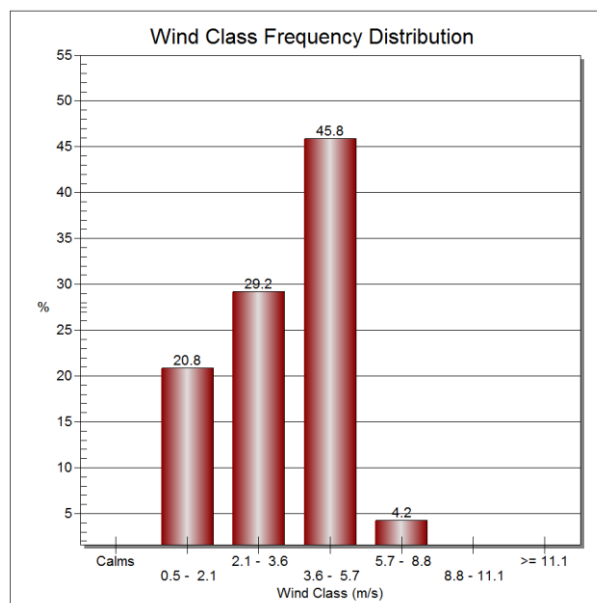


Figura 14: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Arequipa CA – 01

La **Figura 15**, indica que las direcciones del viento y de contaminantes con mayor frecuencia en Óvalo – Salida Cuzco, son aquellas que se dirigen de sureste y noreste.

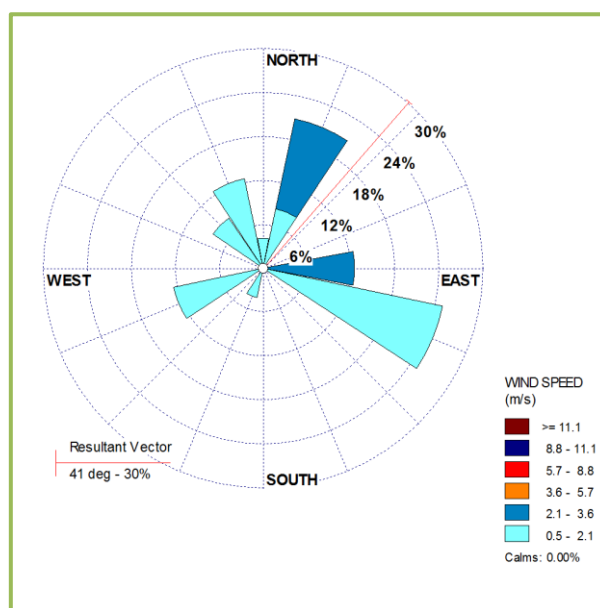


Figura 15: Rosa de vientos de Óvalo – Salida Cuzco CA – 05



Según la **figura 16**, se muestra que el 75.0 % de vientos predominan con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s y el 25.0 % oscilan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s.

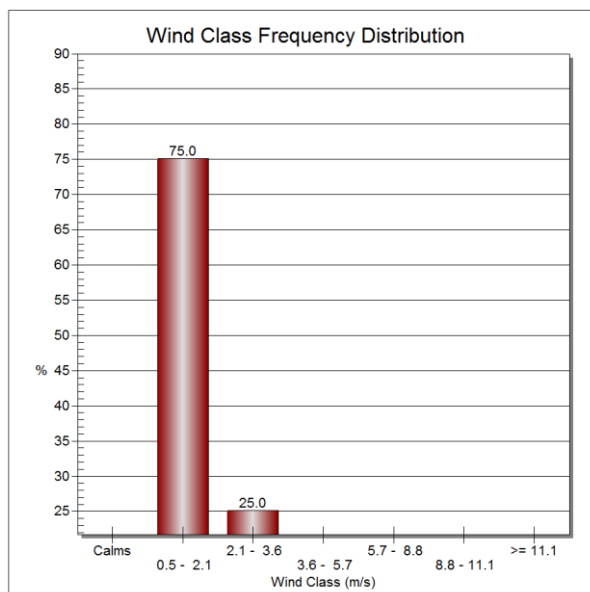


Figura 16: Distribución de frecuencia de clase de viento de Óvalo – Salida Cuzco CA – 05

La **Figura 17**, indica que las direcciones del viento y de contaminantes con mayor frecuencia en Plaza Bolognesi, son aquellas que se dirigen de suroeste, noroeste y noreste.

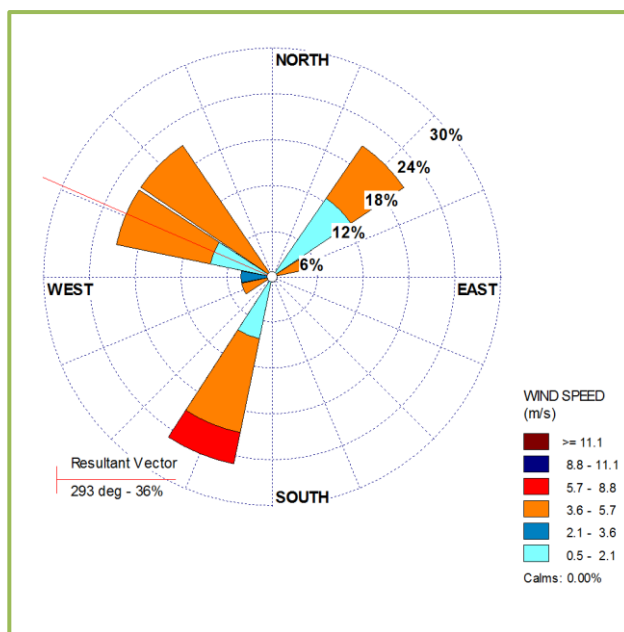


Figura 17: Rosa de vientos de Plaza Bolognesi CA – 09

Según la **Figura 18**, se muestra que el 62.5 % de vientos predominan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s, el 29.2 % oscilan con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s, el 4.2 % oscilan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s y el 4.2 % oscilan con velocidades de 5.7 – 8.8 m/s.

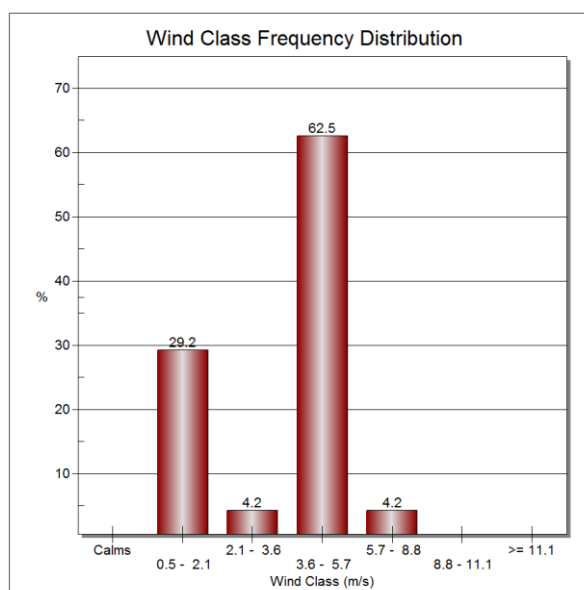


Figura 18: Distribución de frecuencia de clase de viento de Plaza Bolognesi CA – 09

### 5.3.3 Diferencias de Concentraciones de material particulado de PM<sub>10</sub> en los puntos de muestreo de Zona Sur-Este

Tabla 10: Diferencia de concentraciones de PM10 en los puntos de muestreo de zona- sur este.

CÓDIGO	LUGAR DE MUESTREO	CONCENTRACIONES POR 24 HORAS	UNIDAD
CA - 06	Salida Huancané	66.8	µg/m <sup>3</sup>
CA - 07	Salida Coata	49.5	µg/m <sup>3</sup>
CA - 08	Salida Puno - Zona Industrial Taparachi	33.4	µg/m <sup>3</sup>
Promedio de Concentración		49.9	µg/m <sup>3</sup>
Desviación estándar		± 16.70	

**Fuente:** Elaboración propia

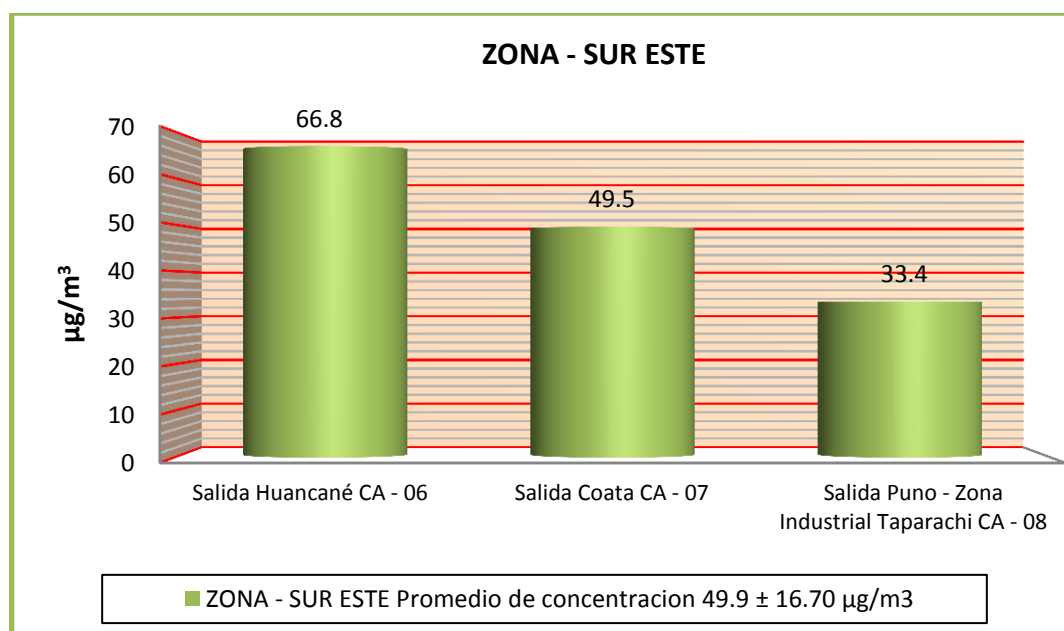


Figura 19: Diferencia de concentraciones de PM10 en los puntos de muestreo de zona centro.

Según a la Figura 19, la máxima concentración de Material particulado PM10, se da en la estación CA-06 “Salida Huancané” con  $66.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguidamente de la CA-07 “Salida Coata” con  $49.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y por último la mínima concentración se da en la CA-08 “Salida Puno – Zona industrial Taparachi” con  $33.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y el promedio de diferencia entre los tres puntos de muestreo es de  $49.9 \pm 16.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , asimismo la zona CA-06 “Salida Huancané” pasa por encima de los estándares según la OMS y de acuerdo a la (figura 27 y 31) la fuente en este punto es la alta presencia de flujo vehicular y actividades antrópicas.

Además, la estación de monitoreo CA-06 “Salida Huancané” es uno de los 3 puntos con mayor representación de flujo vehicular, actividades antrópicas y es la estación con mayor presencia de concentración de material particulado PM<sub>10</sub>. De igual modo, se ha contabilizado presencias de talleres industriales, llanterías, pollerías y se tiene vías o calles no pavimentadas que provienen el levantamiento de polvo. De la misma manera, la estación CA – 07 “Salida Coata” presenta una alta actividad antrópica de talleres industriales, ebanistería y mueblería, quema de residuos sólidos y principalmente posee calles no pavimentadas, que son susceptibles a la erosión eólica y finalmente la estación CA – 08 “Salida Puno” la concentración es mínima y la actividad más predominante son las industrias y el flujo vehicular a su vez se tiene una vía



Según la **Figura 21**, se muestra que el 50.0 % de vientos predominan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s, el 29.2 % oscilan con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s, el 12.5 % oscilan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s y el 8.3 % oscilan con velocidades de 5.7 – 8.8 m/s.

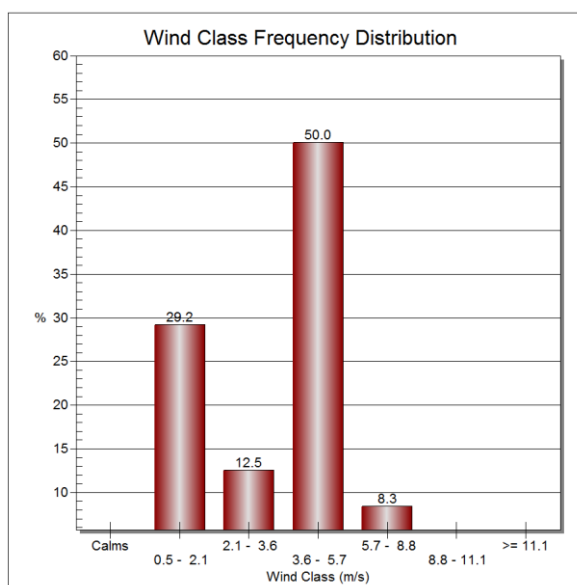


Figura 21: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Huancané CA – 06

La **Figura 22**, indica que las direcciones del viento y de contaminantes con mayor frecuencia en Salida Coata, son aquellas que se dirigen de noroeste y noreste.

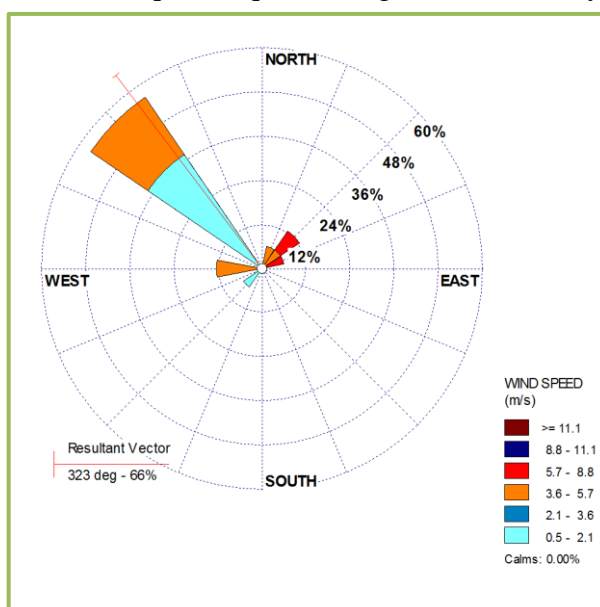


Figura 22: Rosa de vientos de Salida Coata CA – 07

Según la **Figura 23**, se muestra que el 43.8 % de vientos predominan con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s, el 43.8 % oscilan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s y el 12.5 % oscilan con velocidades de 5.7 – 8.8 m/.

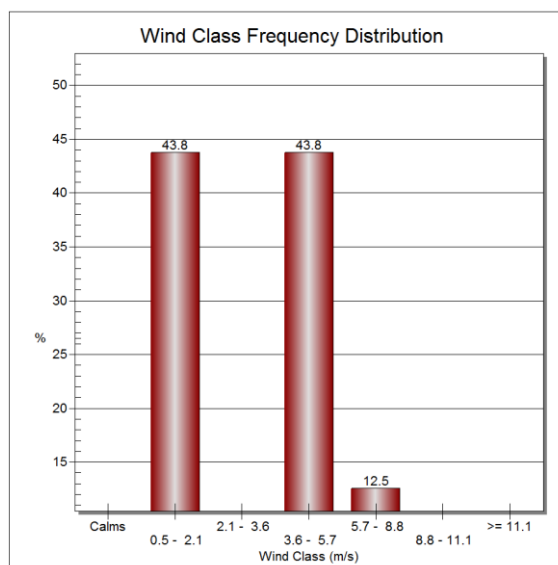


Figura 23: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Coata CA – 07

La **Figura 24**, indica que las direcciones del viento y de contaminantes con mayor frecuencia en Salida Puno-Zona Industrial Taparachi, son aquellas que se dirigen de noroeste, suroeste y noreste.

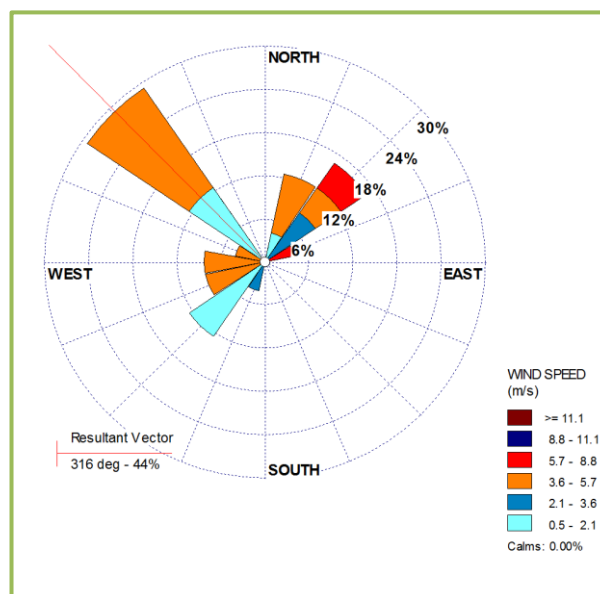


Figura 24: Rosa de vientos de Salida Puno-Zona Industrial Taparachi CA – 08

Según la **Figura 25**, se muestra que el 50.0 % de vientos predominan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s, el 29.2 % oscilan con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s, el 12.5 % oscilan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s y el 8.3 % oscilan con velocidades de 5.7 – 8.8 m/s.

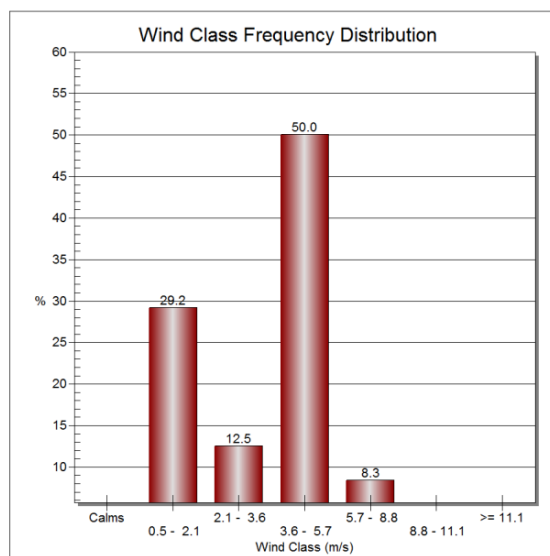


Figura 25: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Puno-Zona Industrial Taparachi CA – 08

Tabla 11: Análisis de Varianza de Concentración de PM10

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Calculada	F tabulada	ig.
Concentración de PM10	1573.389	2	786.694	1.038	0.326	**
Error Experimental	4545.827	6	757.638			
Total	6119.216	8				

**C.V= 62.60 %**

Según a la tabla 11, la concentración de material particulado de 10 micrómetros en las zonas monitoreadas tienen una estadística significativa, porque la F calculada es 1.038 supera a la F tabulada al 0.32 (0.05), lo cual nos indica que en las zonas de oeste, centro y sur este, las concentraciones del material particulado son diferentes debido a actividades antropogénicas (flujo vehicular) y calles no pavimentadas. La Coeficiente de Variabilidad es igual 62.60 %, lo cual nos indica que las concentraciones en microgramos por metro cúbico están muy dispersos por puntos de monitoreo, por lo

cual se corrobora con el coeficiente de variabilidad de 55.41 % obtenido del autor Phocco (2014). Realizado en el estudio de concentración de material particulado de la ciudad de Puno.

Tabla 12: Prueba de Tukey

(I) ZONAS	(J) ZONA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	50% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Zona Sur-Este	Zona - Centro	-6.8333	22.4742	.951	-33.603	19.936
	Zona - Oeste	24.0000	22.4742	.566	-2.769	50.769
Zona - Centro	Zona Sur-Este	6.8333	22.4742	.951	-19.936	33.603
	Zona - Oeste	30.8333*	22.4742	.411	4.064	57.603
Zona - Oeste	Zona Sur-Este	-24.0000	22.4742	.566	-50.769	2.769
	Zona - Centro	-30.8333*	22.4742	.411	-57.603	-4.064

Según a la tabla 12 de la prueba tukey se observa que nivel de significancia es mayor al 5 % en todas las zonas de monitoreo por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir que si existe una diferencia estadística altamente significativa (\*\*).

Tabla 13: Correlación numérica lineal de concentraciones de pm10 con las actividades antrópicas.

		Concentración de Pm10 (Mu3)	Actividades antrópicas
Concentración de Pm10 (Mu3)	Correlación de Pearson	1	,652
	Sig. (bilateral)		,057
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	6119,216	588922,289
	Covarianza	764,902	73615,286
	N	9	9
Actividades antrópicas	Correlación de Pearson	,652	1
	Sig. (bilateral)	,057	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	588922,289	133488250,22
	Covarianza	73615,286	16686031,27
	N	9	9

Según la tabla nos indica que la correlación de concentración con diferentes actividades antropogénicas es de 1 al ,652 nos indica positiva y significativo.



**Correlación grafica lineal de pm10 con las actividades antrópicas**

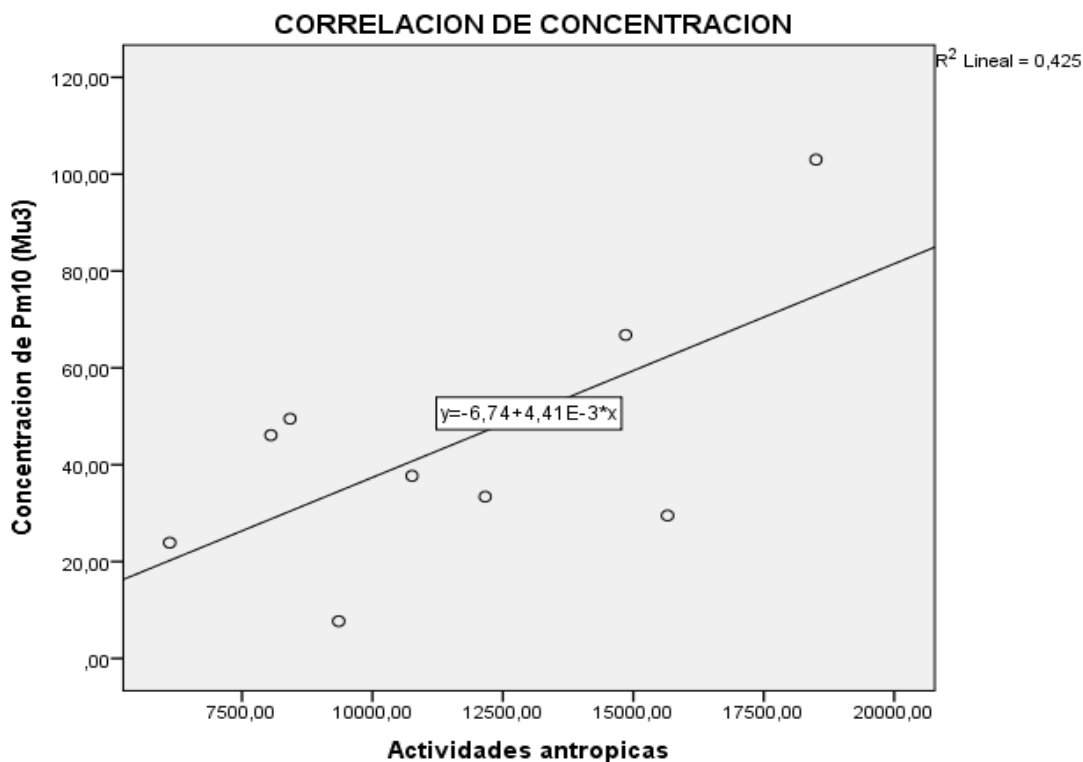


Figura 26: Correlación grafica lineal de pm10 con las actividades antrópicas

La nube de puntos nos indica la concentración versus las actividades antropogénicas (flujo vehicular, pollerías, restaurant, ladrilleras y etc.), por cual la recta del grafico es ascendente donde nos indica una correlación positiva.

Tabla 14: Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Cambio de cuadrado de R	Estadísticas de cambios			Sig. Cambio en F
						Cambio en F	df1	df2	
1	,652 <sup>a</sup>	,425	,342	22,42770	,425	5,165	1	7	,057

a. Predictores: (Constante), Actividades antrópicas

Las diferentes actividades antropogénicas influyen directamente en la contaminación de material particulado de 10 micrómetros en la ciudad de Juliaca en un 42 por ciento.

**5.3.4 Actividades antropogénicas que efectúan en la zona de evaluación del material particulado menores a 10 micrómetros de la ciudad de Juliaca**

**5.3.5 Flujo vehicular**

En la **Figura 27**, se observa el total de flujo vehicular en cada estación de monitoreo evaluada como promedio total se tiene 11,488 vehículos/24horas, donde el mayor flujo vehicular es *CA-05 Óvalo Salida Cusco* con un flujo de 18,432 vehículos/24 horas, seguida por *CA-09 Plaza Bolognesi* 15,633 vehículos/24 horas, seguida por *CA-06 Salida Huancané* con 14,792 vehículos/24 horas, seguida por *CA-08 Salida Puno* con 12,128 vehículos/24 horas, seguida por *CA-01 Salida Arequipa* con 10,690 vehículos/24 horas, seguida por *CA-04 Cerro Pocracasi - Salida Cusco Norte* con 9,315 vehículos/24 horas, seguida por *CA-07 Salida Coata* con 8,372 vehículos/24 horas, seguida por *CA-03 Urb. Santa Adriana – Aeropuerto* con 8,000 vehículos/24 horas y por último tenemos a la estación *CA-02 Salida Lampa* con un flujo de 6,034 vehículos/24 horas, ver (Anexo 9).

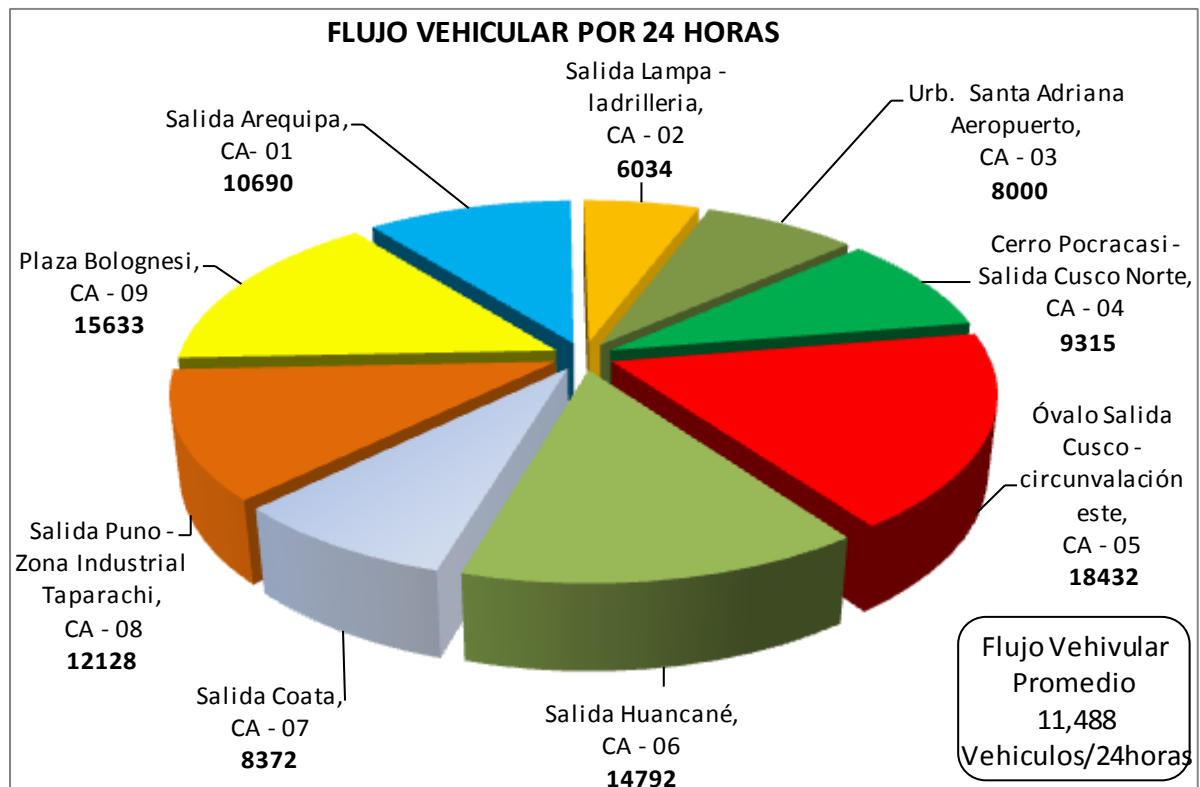


Figura 27: Total de Flujo Vehicular en cada Punto de Evaluación/24 horas en la Ciudad de Juliaca.

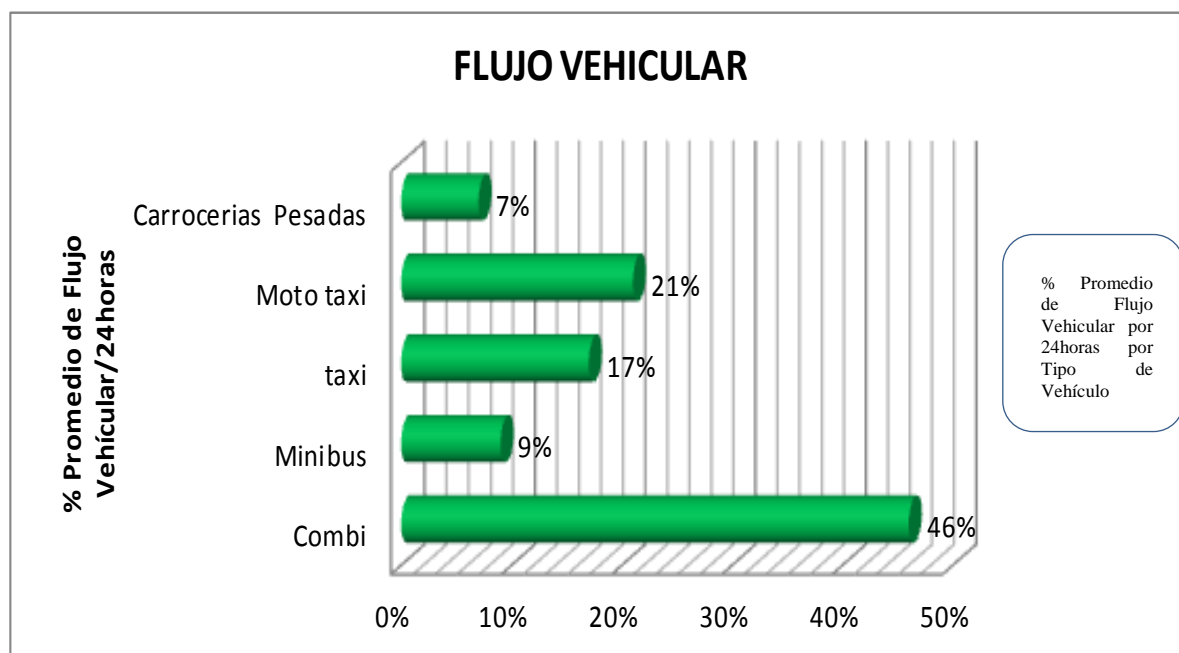


Figura 28: Promedio de Flujo Vehicular por tipo de unidad vehicular en cada punto de evaluación por 24 horas en la Ciudad de Juliaca.

**En la Figura 28**, se puede apreciar el porcentaje promedio de flujo vehicular/24 horas, donde la unidad vehicular más representativa muestra con un 46 % de combis, seguidamente por Moto Taxis con 21 %, luego se muestra 17 % de taxis, en seguida por Minibuses con 9 % y finalmente tenemos Carrocerías Pesadas con un 7 %.

El aumento continuo de flujo de carros, como combis se debe a que en los puntos de observación hay presencia de rutas de transporte público (promedio de ruta 15 vueltas/combi), mientras taxis y motos realizan rutas aleatorias y de vehículos de carrocería pesada son mínimos.

Estos resultados se corroboran con los resultados de Diana Carolina *et al* (2008), en su estudio realizado en distrito de Medellín – Colombia indica del total que comprende la mayor cantidad de vehículos, con un 50.6%, hace que se incremente el material particulado de la ciudad, contando aún con una flota vehicular antigua que no ha salido de circulación, y cuya combustión se basa en mecanismos obsoletos, sin ninguna clase de control en la implementación de equipos de post-combustión para mejorar la calidad de aire.











<i>AGRUPAMIENTO DE TIPOS DE VEHÍCULOS</i>	
<i>CARROCERIAS PESADAS</i>	 
<i>MOTO TAXI</i>	 
<i>TAXI</i>	 
<i>MINIBUSES</i>	 
<i>COMBI</i>	 

Figura 29: Agrupamiento de tipos de Vehículos.

**Fuente:** Elaboración Propia – Tesista.

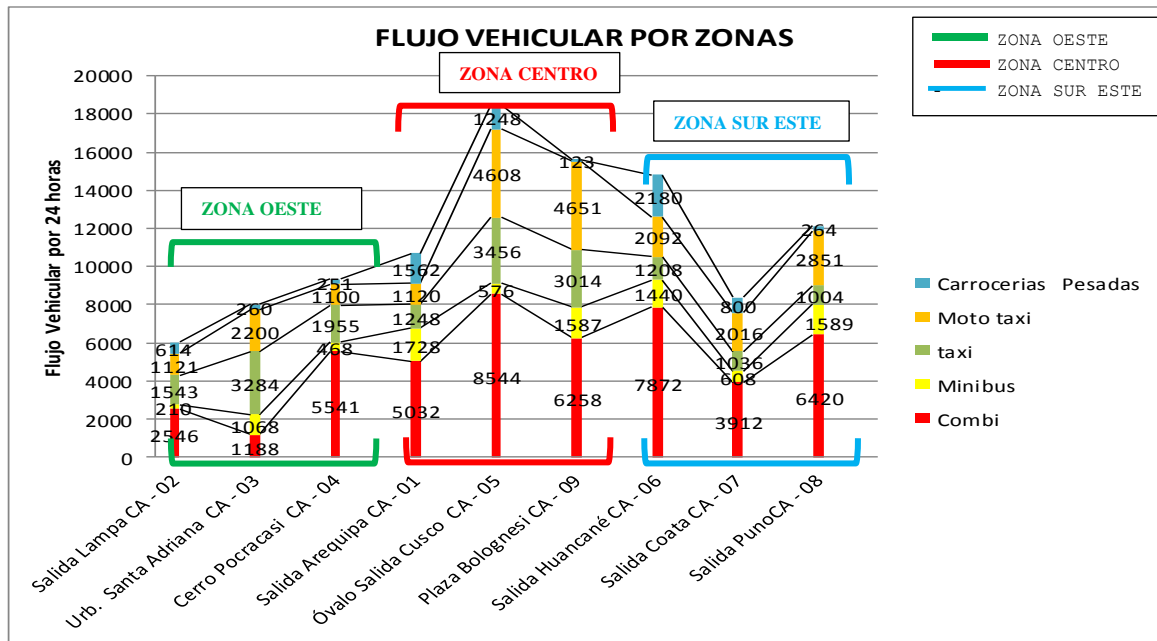


Figura 30: Flujo vehicular por Zonas Evaluadas por 24 / horas.

En la Figura 30, se observa la zona con más flujo vehicular por 24/horas, en donde la zona centro presenta mayor flujo vehicular en la estación de monitoreo CA – 05 Óvalo Salida Cusco con 8,544 combis, seguida con 576 minibuses, 3,456 taxis, 4,608 moto taxis y finalmente tenemos 1248 de carrocería pesada por 24/horas.

A su vez en la zona sur-este la estación con mayor flujo vehicular es CA - 06 Salida Huancané con 7,872 combis, 1,440 minibuses, 1,208 taxis, 2,092 moto taxis y 2,180 de carrocería pesada esto por 24/horas. Por último, se observa en la zona oeste la estación con mayor flujo vehicular fue CA – 04 Cerro Pocracasi – Salida Cusco Norte con 5,541 combis, 468 minibuses, 1,955 taxis, 1,100 moto taxis y 251 de carrocería pesada por 24/horas.

Entretanto se corrobora el resultado con las siguientes investigaciones realizadas por Phocco (2014), en su estudio realizado en PM10 en la ciudad de Puno, obtiene que el promedio total del flujo vehicular fue de 4,037 vehículos/24horas, donde el mayor flujo vehicular es en el óvalo Ramón Castilla con un flujo de 5,833 vehículos/24 horas, seguida por Laykakota con 5,790 vehículos/24 horas, seguida por Salcedo con 5,095 vehículos/24 horas, seguida por Huáscar con 5,074 vehículos/24 horas y finalmente es seguido por el mercado central con un flujo de 5,026 vehículos/24 horas.

De la misma manera Quispe R. (2015), en su trabajo realizado en PM2.5 en la ciudad de Puno, indica que el promedio total del flujo vehicular por 24 horas es de 6,784 vehículos/24horas, donde el mayor flujo vehicular es en el óvalo Ramón Castilla con un flujo de 20,442 vehículos/24 horas, seguida por Laykakota con 11,666 vehículos/24 horas, seguida por Mercado Central con 9,836 vehículos/24 horas, seguida por Huáscar con 6,683 vehículos/24 horas y por último es seguido por el Llavini con un flujo de 4, 409 vehículos/24 horas.

De igual forma Huanca (2016), en su trabajo de investigación realizada en PM2.5 en la ciudad de Juliaca demuestra que el flujo vehicular por zonas, en la zona centro la estación con mayor flujo vehicular fue Circunvalación este con 5,960 combis, 1,350 minibuses, 4,578 taxis, 5,854 moto taxis y 634 de carrocería pesada por 24/horas. A su vez en la zona sur-este la estación con mayor flujo vehicular es Salida puno con 5,681 combis, 2,054 minibuses, 2,864 taxis, 2,864 moto taxis y 387 de carrocería pesada esto por 24/horas. A si mismo ocurre en zona oeste la estación con mayor flujo vehicular fue Av. Aviación con 3,200 combis, 273 minibuses, 3,250 taxis, 2,671 moto taxis, 98 de carrocería pesada y un aproximado de 15 aviones por 24/horas.

### 5.3.6 Actividades antrópicas

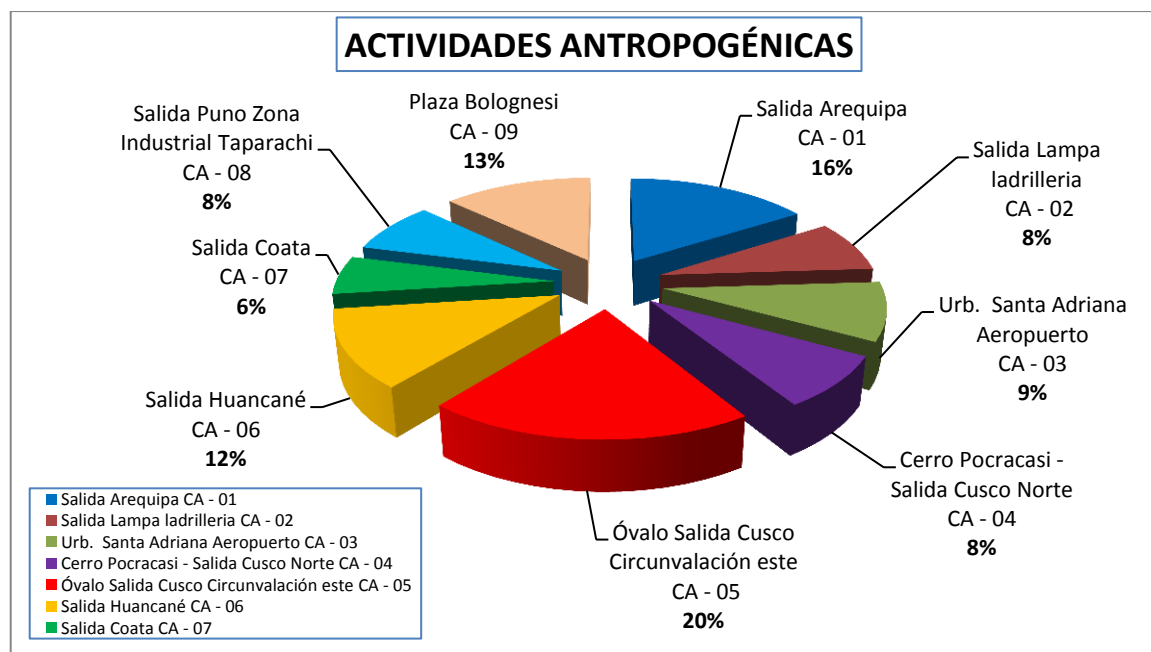


Figura 31: Total de Actividades Antrópicas por cada punto de evaluación.

En la Figura 31, se puede observar el total de Actividades antropogénicas por cada punto de evaluación, en donde tienen una relevancia enorme en la concentración de material particulado  $PM_{10}$ . A continuación se detalla con mayores y menores Actividades antrópicas en cada punto o zona de evaluación.

Donde el punto con mayor actividad antropogénica es la estación de monitoreo (CA-05) *Óvalo Salida Cusco*, con un total de 20% de actividades, seguido por la estación de monitoreo (CA-01) *Salida Arequipa*, con un total de 16% de Actividades antropogénicas, seguidamente la estación de monitoreo (CA-09) *Plaza Bolognesi*, presenta un total de 13% de Actividades antropogénicas, en la estación de monitoreo (CA-06) *Salida Huancané*, con un total de 12% de Actividades antropogénicas, la estación de monitoreo (CA-03) *Urb. Santa Adriana - Aeropuerto*, con un total de 9% de actividades antropogénicas, (CA-08) *Salida Puno Zona Industrial Taparachi*, con un total de 8% de actividades antropogénicas, (CA-02) *Salida Lampa - Ladrillera*, con un total de 8% de actividades antropogénicas, (CA-04) *Cerro Pocracasi – Salida Cusco Norte*, con un total de 8% de actividades antropogénicas y finalmente tenemos con menor actividad antropogénicas (CA-07) *Salida Coata*, con un total de 6%. Ver (anexo 10).

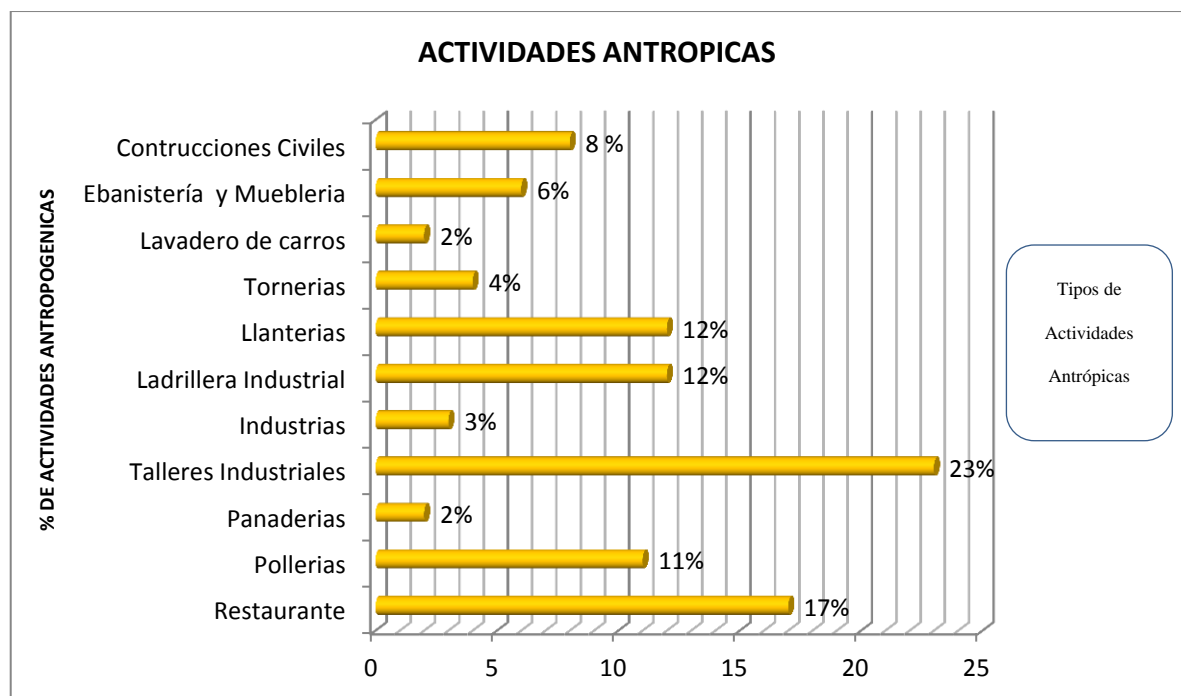


Figura 32: Actividades antropogénicas que fueron evaluados por tipo de actividad antrópica.

En la **Figura 32**, se puede observar el porcentaje de tipos de actividades antropogénicas, donde la actividad más representativa muestra con un 23 % de Talleres Industriales, seguidamente restaurantes con un 17% de actividades antropogénicas, ladrillera industrial 12% de actividades antropogénicas esto por las salidas de Salida Arequipa y Lampa, llanterías con un 12% de actividades antropogénicas, pollerías con un 11% de actividades antropogénicas, construcciones civiles con un 8% de actividades antropogénicas, ebanistería y mueblería con un 6% de actividades antropogénicas, tornería 4% de actividades antropogénicas, Industrias 3% de actividades antropogénicas, panaderías 2% y finalmente tenemos lavadero de carros con un 2% de actividades antropogénicas.

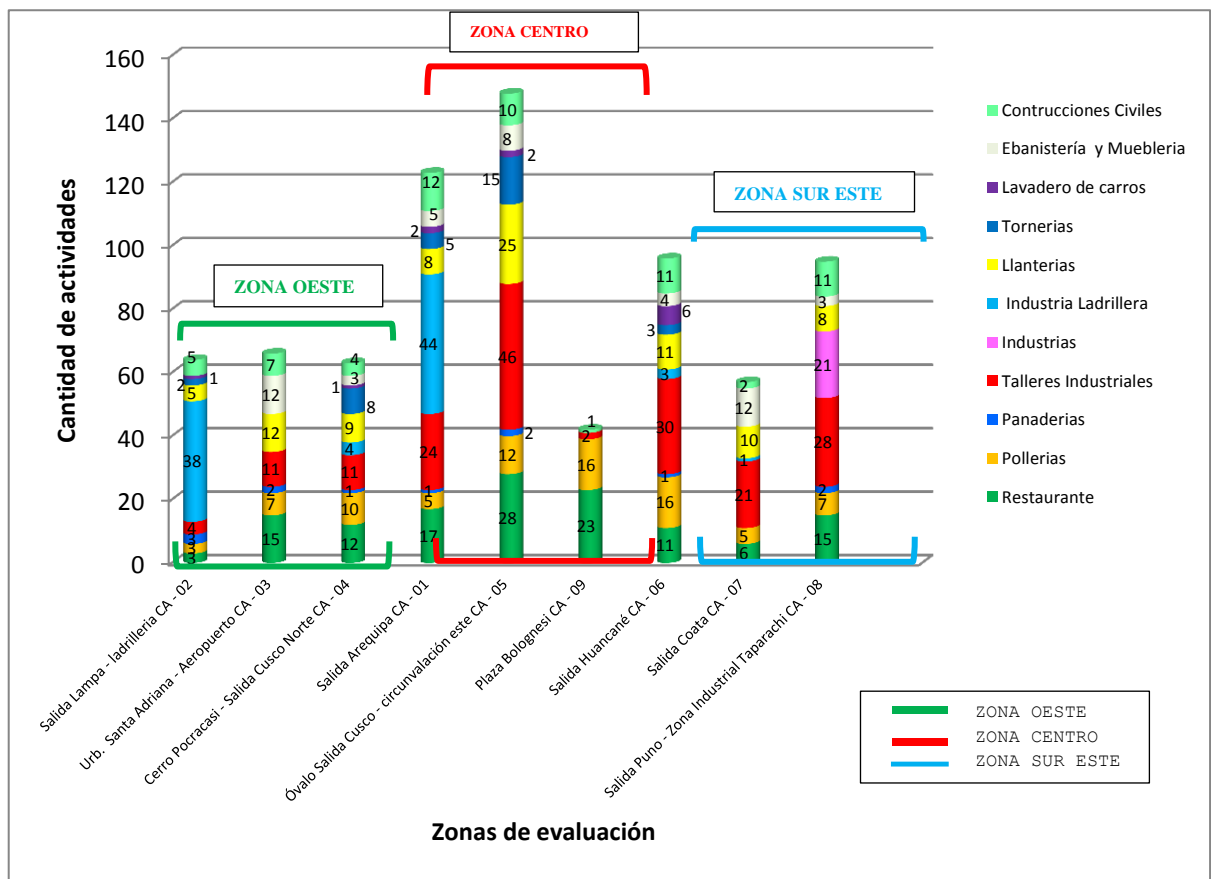


Figura 33: Actividades Antropogénicas que fueron reconocidos en cada zona de evaluación y tipo de actividad antrópica.

De acuerdo a la **Figura 33**, se observa por mayor número de actividades antropogénicas por zonas, en primer lugar, ocupa la zona centro, con mayor cantidad de actividades antropogénicas en la estación de monitoreo (CA-05) Óvalo Salida Cusco con 28



restaurantes, 12 pollerías, 2 panaderías, 46 talleres industriales, 25 llanterías, 15 tornerías, 2 lavaderos de carro, 8 ebanistería - mueblería y 10 construcciones civiles. De igual manera en segundo lugar está la zona sur – este, con mayor cantidad de actividades antropogénicas es la estación de monitoreo (CA-06) *Salida Huancané* con 11 restaurantes, 16 pollerías, 1 panadería, 30 talleres industriales, 3 industrias ladrilleras, 11 llanterías, 3 tornerías, 6 lavaderos de carro, 4 ebanistería y mueblería y 11 construcciones civiles y por último en tercer lugar está la zona oeste, con mayor cantidad de actividades antropogénicas la estación (CA-03) *Urb. Santa Adriana - Aeropuerto* con 15 restaurantes, 7 pollerías, 2 panadería, 11 talleres industriales, 12 llanterías, 12 ebanisterías y mueblerías y finalmente tenemos 7 construcciones civiles.

Mientras se corrobora con Phocco (2014), en la ciudad de Puno sobre PM<sub>10</sub>, se deduce que la ZS-02 “Laykakota” presenta mayores actividades antropogénicas, prosiguiendo la ZS-03 “Salcedo del mismo modo la ZS-01 “Cancharani” con menos número de actividades antropogénicas. Entonces los resultados del presente trabajo de investigación se corroboran en el aumento de concentraciones de partículas PM<sub>10</sub> en función a las actividades antropogénicas en diferentes zonas de evaluación.

Por otro lado Huanca (2016), en su trabajo de investigación realizado en la ciudad de Juliaca sobre PM<sub>2.5</sub>, indica que las actividades antropogénicas por zonas, la estación con mayor cantidad de actividades antropogénicas es Circunvalación este (Óvalo Salida Cusco), prosiguiendo la zona sur esta salida Huancané y finalmente la zona oeste Salida Lampa con menor actividad antropogénica.

### **5.3.7 Analizando las actividades antropogénicas en la ciudad de Juliaca**

Las actividades más relevantes es el flujo vehicular, en donde las fuentes de emisión de estas partículas pueden ser móviles o estacionarias, destacando que un 77,9% de la cantidad total emitida de PM<sub>10</sub> procede del polvo resuspendido existente en la atmósfera, la industria, la construcción y el comercio con un 7,6% y el transporte rodado con un 6,5% representan otros focos de contaminación de especial relevancia. Como fuentes minoritarias de contaminación es importante señalar que el 3,7% del total procede de quemas agrícola y un 3,3% es de origen doméstico (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, 2009). Además el 40 % de las vías en la ciudad de Juliaca se encuentran pavimentados, el resto es “afirmado y no afirmado”, en estos dos

últimos casos es dificultoso el tránsito de vehículos y peatones en tiempo de lluvias, por falta de sistemas de drenaje en la zona central, las vías cuentan con veredas de concreto.

De la misma forma, los vehículos producen en la calidad del aire, aumento de los niveles de inmisión de contaminantes, donde existen ocho contaminantes emitidos por fuentes móviles que deben ser considerados: (1) partículas, (2) óxidos de azufre, (3) hidrocarburos, (4) óxidos de nitrógeno, (5) monóxido de carbono, (6) oxidantes fotoquímicas (ozono), (7) metales (plomo) y (8) olores. Asimismo, los vehículos producen ruido provocado con amplitud, intensidad, frecuencia que perturban la salud humana.

#### **5.4 Uso actual y potencial de áreas verdes en la ciudad de Juliaca**

##### **5.4.1 Uso actual de áreas verdes en la ciudad de Juliaca**

Las áreas verdes son espacios compuestos con vegetación, sobre todo, pastos, árboles y algunos arbustos. La vegetación que conforma las áreas de nuestra ciudad de Juliaca tiene un origen diverso: Algunos de los árboles existentes son reductos de vegetación original, otra parte responde a las áreas verdes creadas por el hombre como parte del equipamiento de la ciudad. Tenemos otra porción generada a través de las reforestaciones programadas por el Estado, sobre todo en calles y avenidas; alguna otra. Finalmente, se tiene la vegetación espontánea, a la que llamamos malezas, que ocupa cualquier espacio con un poco de suelo libre que deje el asfalto.

Además, las áreas verdes conforman espacios públicos cuyo elemento principal es la vegetación. El avance de la urbanización en la Ciudad de Juliaca ha impactado en sus condiciones ambientales, por lo que resulta fundamental proteger, conservar e incrementar las áreas verdes urbanas ya que desempeñan funciones esenciales para la calidad de vida de los habitantes.

A pesar de reconocer los abundantes beneficios de las áreas verdes urbanas, el crecimiento desordenado y la falta de planeación de la ciudad de Juliaca ha impactado en la deficiencia y mala calidad de las mismas. Hace ya años, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció la recomendación de que en toda zona urbana debería existir, al menos, una superficie de nueve metros cuadrados de áreas verdes por habitante ( $9\text{m}^2/\text{habitante}$ ), que correspondía, según su criterio, al mínimo exigible para

una razonable urbanización. Otros organismos destacan la importancia de que éstas se encuentren a una distancia no mayor a 15 minutos a pie de los hogares a efecto de que las personas reciban los beneficios que las áreas verdes proporcionan, y recomiendan que la población participe de manera activa en los planes de asignación y diseño de sus áreas verdes (Martínez, 2006).

Como consecuencia de ello, algunas de las grandes ciudades del mundo dictaron normativas al respecto: el Plan Regional de Nueva York postuló 11 m<sup>2</sup> de espacios verdes por persona; el *London County Plan* calculaba 16 m<sup>2</sup>, y el Plan de Extensión de París, una superficie de 17 m<sup>2</sup> por habitante. Sirvan estos datos para comparar esa recomendación de carácter internacional con la realidad que vive nuestra ciudad de Juliaca.

#### **5.4.1.1 Estado actual de áreas verdes en la ciudad de Juliaca**

Actualmente las áreas verdes de la ciudad de Juliaca se encuentran deteriorado debido a que las plazas y parques de la ciudad, lugares donde la población acude a distraerse, se encuentra en mal estado ya que no existe un adecuado plan de mantenimiento por parte de las autoridades y la población que hacen uso de estos servicios.

A nivel de la ciudad de Juliaca existen 252 urbanizaciones, de las cuales sólo 49 de ellas destinaron terrenos para áreas verdes, siendo el 80% que no cuentan con espacios para la construcción de parques y jardines, quedando perjudicados los mismos vecinos, quienes no tienen espacios donde recrearse (PDJ 2004-2015).

La mayoría de áreas verdes urbanas de la ciudad de Juliaca se encuentran sucias, sin árboles, llenas de pintas, prácticamente están abandonadas a su suerte. Algunas urbanizaciones como el Aeropuerto, San Isidro, Santa María, San Julián, Villa las Palmeras y Cincuentenario Miraflores, se han lotizado y vendido casi el 80% de los terrenos y en el centro de la ciudad, como Túpac Amaru, no hay espacios para áreas verdes”.

#### **5.4.1.2 Uso actual de áreas verdes en las tres zonas**

A continuación, podemos observar las áreas verdes actuales más representativas de cada zona, ocupadas principalmente por árboles, arbustos o plantas y esos espacios pueden tener distintos usos, recreación, ecología, protección, rehabilitación del entorno, paisajismo, etc. y sobre todo invadida por la población por un comercio ambulatorio u otra actividad.

#### **5.4.1.3 Áreas Verdes en la Zona Oeste**

Las áreas verdes en la zona oeste de la ciudad de Juliaca se encuentran con árboles, arbustos pastos y además se percibe parques sin vegetación y con pintas (Ver anexo 17).

#### **5.4.1.4 Áreas Verdes en la Zona Centro**

El déficit de espacios recreativos se acentúa en la parte central de la ciudad pues en este no existen terrenos destinados a este fin.

En este contexto el equipamiento recreativo pasivo está conformado por la Plaza de Armas, las plazas públicas:

- Bolognesi
- Dos de mayo y
- Grau.

Asimismo, se encuentra en un pésimo estado de mantenimiento de las áreas verdes, como la falta de poda y riego (Ver anexo 17).

#### **5.4.1.5 Áreas Verdes en la Zona Sur Este**

La mayoría de áreas verdes en la zona sur este, de la ciudad de Juliaca, se encuentran en un mal estado, las cuales requieren rehabilitación y otros mantenimientos, áreas conmemorativas y áreas verdes en pequeñas escalas. En esta zona, también se ha podido observar Centro Recreacional el Bosque, que se ubica en el Sector Sur Oeste de la ciudad (Ver anexo 17).

Espacios recreativos actuales de la ciudad de Juliaca:

**a. Recreación pasiva**

Los estándares nacionales (INADUR), señalan que debe existir un promedio mínimo de 8.00 m<sup>2</sup>/hab. de áreas verdes, lo que nos lleva a concluir que existe un gran déficit en este tipo de espacio, que se fija en 96.20%. Paralelamente, se ha podido observar que existen iniciativas privadas para la creación de áreas verdes y espacios recreativos, representado por el Centro Recreacional El Bosque, que se ubica en el Sector Sur Oeste de la ciudad, colindante con la Urbanización Taparachi, con un área de 9.00 Hás.

Tabla 15: recreación pasiva de la ciudad de Juliaca.

RECREACIÓN PASIVA		
TIPO DE ESPACIO		UBICACIÓN
Plaza Cívica	Plaza de Armas	Cercado
Plazas Públicas	Plaza Bolognesi	Cercado
	Plaza 2 de Mayo	Barrio Zarumilla
	Plaza Grau	La Rinconada
Parques Urbanos	26 parques	Cercado y diferentes urbanizaciones
Parque Privado	Centro Recreativo El Bosque	Costado de la Urb. Taparachi

Fuente: Reconocimiento en sitio  
Elaborado: Equipo Técnico PD/JUL 2004 – 2015

**b. Recreación activa**

La recreación activa en Juliaca está representada por los espacios deportivos, cuya oferta, que, según información de campo, está representada por:

Tabla 16: recreación activa de la ciudad de Juliaca.

RECREACIÓN ACTIVA (DEPORTIVA)		
TIPO DE ESPACIO		UBICACIÓN
Estadios	G. Briceño Rosa Medina	Barrio Cerro Colorado
	Municipal	Urb. Las Mercedes
Coliseos	Cerrado (en reconstrucción)	Cercado
	Miguel Ramos Zela	Cercado
Piscinas	T. Municipal (en reconstrucción)	La Rinconada
	La Capilla	Urb. La Capilla
Complejos deportivos	Santa Rosa	Urb. Santa Rosa
	Cerro Colorado	Barrio Cerro Colorado
	Oswaldo Ramírez (La Bombonera)	Cercado
	Lolo Fernández	Barrio Manco Cápac
	Hugo Sotil	La Capilla
Lozas deportivas	52 lozas deportivas	Diferentes Urbanizaciones

Fuente: Reconocimiento en sitio  
Elaborado: Equipo Técnico PD/JUL 2004 – 2015

La mayoría de estos equipamientos está localizada en el área central y su área de influencia, abarcando el 0.09% del área urbana, y presentando enorme déficit de atención en el área urbana.

Por ello es necesaria la aplicación de una política agresiva de implementación de áreas deportivas de diversa jerarquía y en todo el ámbito urbano, de manera tal que se atienda convenientemente la enorme demanda de niños y jóvenes y se comience a ofrecer en la ciudad, espacios alternativos de recreación.

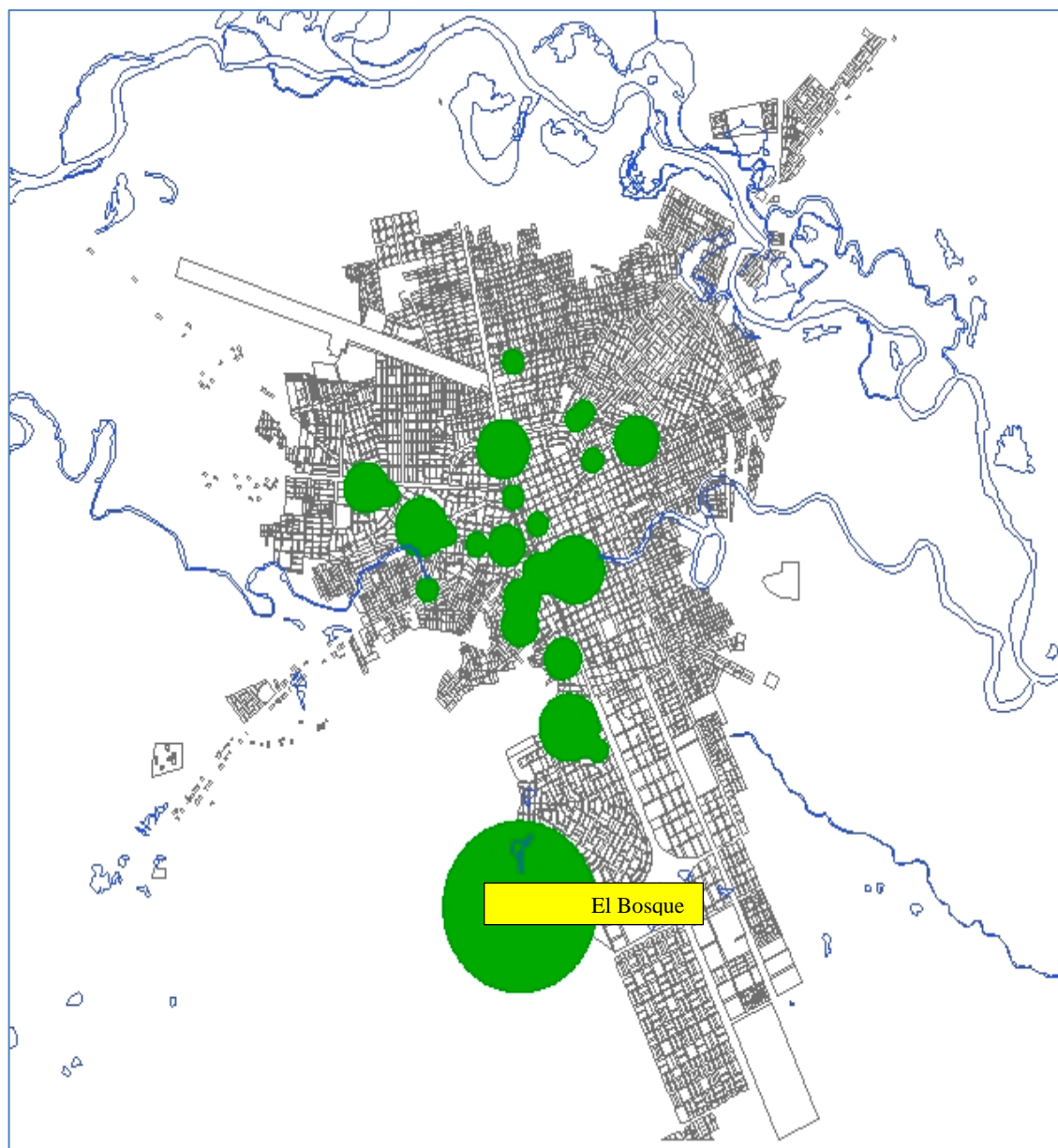


Figura 34: Áreas de Influencia de la Recreación Activa y Pasiva. Fuente. (PDJ 2004-2015).

#### **5.4.1.6 Efectos de la escasez de áreas verdes**

La poca disponibilidad de áreas verdes y espacios públicos en Juliaca ha traído como consecuencia múltiples efectos en el microclima local y en los procesos sociales de la ciudad. Dentro de los primeros, podemos mencionar el incremento de la sensación de calor por la gran cantidad de espacio pavimentado vs. los limitados espacios con coberturas vegetales; el aumento de la intensidad y frecuencia de las corrientes de aire (al no existir corredores verdes de arborización y masa de forestación en y alrededor de la ciudad); y el incremento de las temperaturas al formarse islas de calor por la ausencia de espacios equilibradores, como áreas verdes, árboles, espejos y cuerpos de agua, entre otros.

Es importante señalar que el indicador de metros cuadrados de área verde por habitante, sólo debe verse como un referente de un mejor ambiente, ya que dicho parámetro no refleja la distribución, frecuencia, disponibilidad y accesibilidad para la población, pues en algunos casos se trata de terrenos baldíos, jardines privados o reservas ecológicas que aunque pueden cumplir medianamente su papel ambiental no cubren los otros rubros que se deben exigir a las áreas verdes urbanas, como son la función recreativa, social, psicológica, y aún la estética.

La desigual distribución de áreas verdes públicas para recreación trae como consecuencia que los habitantes tengan que recorrer grandes distancias en busca de áreas verdes adecuadas para su esparcimiento, por lo que restringen sus visitas a los fines de semana, con el consecuente impacto sobre estas áreas por uso intensivo.

Esta realidad obedece a múltiples factores, entre los que podemos mencionar: la indiferencia de los diferentes gobiernos locales al no haber aplicado políticas para la creación y construcción de parques de carácter barrial y urbano, la despreocupación de la población por la creación y mantenimiento de sus plazas, parques y áreas verdes, así como el desconocimiento generalizado de las ventajas ambientales y sociales de los espacios públicos, entre otras.

#### **5.4.1.7 Mapeo de las áreas verdes actuales**

Realizado el mapeo respectivo de las áreas verdes actuales en la Ciudad de Juliaca ver (Anexo 16), se encontró de que sólo existe 59.2 has equivalente (592,000 m<sup>2</sup>) entre parques y jardines. Juliaca tiene una población de 278,444 habitantes (INEI,

2015), lo cual al relacionar las áreas verdes existentes por habitante tenemos de 2.13 m<sup>2</sup>/habitante, y comparando con las guías nacionales (INADUR, recomienda 8 m<sup>2</sup>/habitante como mínimo) e internacionales como la (OMS que recomienda un estándar de 9 m<sup>2</sup>/habitante como mínimo), podemos ver que con la guía nacional (INADUR) tenemos un déficit de 5.87 m<sup>2</sup>/habitante y con la guía internacional (OMS) tenemos un déficit de 6.87 m<sup>2</sup>/habitante. (Ver anexo 16).

Analizando estos resultados de las áreas verdes existentes por persona, nos falta incrementar una cantidad considerable para poder alcanzar esas recomendaciones nacionales e internacionales.

#### **5.4.2 Uso potencial de áreas verdes en la ciudad de Juliaca**

La ciudad de Juliaca ya debe tomar conciencia con respecto a las áreas verdes ya que son de todos, todos los ciudadanos disfrutan de ellas y de los beneficios que nos proporcionan, por ende, debemos cuidarlas, protegerlas y respetarlas; la responsabilidad de mantenerlas limpias es de todos: municipio y ciudadanos y la responsabilidad del municipio es tener una cultura ecológica que fomente la construcción de parques, jardines, plantaciones de árboles y etc. Esperamos que poco a poco se pueda tomar conciencia para realizar trabajos como elaborar:

- Plan integral de áreas verdes.
- Plan Verde que incluya acciones de arborización y manejo de parques y jardines.
- Programa Adopta un Árbol.
- Programa de Ampliación de Parques.

#### **Objetivo**

Como objetivo se tiene el mejoramiento y ampliación de los espacios públicos y áreas verdes en la ciudad, para tener una mejor calidad de vida en la población de Juliaca.

##### **5.4.2.1 Total, de área intervenida**

Total, de área zonificada para su intervención tanto urbana y semiurbana es de 758.136 hás. para incrementar las áreas verdes, se debe de practicar la forestación y la reforestación con especies de cubresuelos y flores en general, plantas herbáceas



semileñosas y con plantas arbóreas leñosas en todo el anillo de la Circunvalación Este, Oeste, sur y algunas urbanizaciones ya mencionadas, del mismo modo las avenidas principales como (Salida Arequipa, salida Lampa, salida Cusco, salida Huancané, salida Huata y salida Puno), así mismo por el centro de la ciudad como “Tupac Amaru” deberá ser recuperado y mantenido sus plazas y parques, Esto con la finalidad de formar una barrera de contención para disminuir la contaminación del aire. (Ver anexo 17).

El uso potencial de áreas verdes en la ciudad de Juliaca incluye la reutilización de las áreas centrales como espacios públicos, tales como: La estación de ferrocarril, el cuartel de artillería y el camal municipal, por ser usos no conformes, así como el rediseño de la Av. Del ferrocarril como paseo y ciclovía de interconexión entre espacios públicos y áreas verdes.

Asimismo, la ciudad de Juliaca cuenta con cerros como: cerro espinar, cerro monos, cerro Tahuantinsuyo, cerro san Sebastián y cerro huaynarroque donde cada una de estos cerros tienen la capacidad o el uso potencial de forestación y reforestación, hecho que puede incrementar las áreas verdes y mitigar la contaminación del aire de la ciudad de Juliaca.

#### **5.4.2.2 Áreas verdes para recreación**

Del diagnóstico realizado se desprende el gran déficit en este Sector, por lo que se deberá emprender una política seria y decidida para la habilitación y construcción de parques de diferentes niveles. La ciudad presenta una baja implementación de áreas verdes que alcanza sólo 59.2 hás. y un índice de 2.13 m<sup>2</sup>/hab., muy lejano a lo establecido por la normatividad que es de 8.00 a 9.00 m<sup>2</sup>/hab., hecho que se agrava por el desequilibrio que existe en la localización de las áreas verdes.

La ciudad cuenta con áreas de reserva para la recreación, no implementadas que llega a 140.00 hás. aproximadamente. Si estas áreas se habilitaran se podría llegar a 7.16 m<sup>2</sup>/hab. Índice cercano al mínimo recomendable, por lo tanto, el déficit actual se reduciría considerablemente y el requerimiento de espacios estaría en gran porcentaje cubierto.

De acuerdo a lo señalado y en concordancia con lo establecido por las normas para el año 2015 se requerirán 224 há.s. Así mismo la Municipalidad deberá emprender una política de arborización integral de la ciudad con el apoyo de entidades del gobierno central como el Ministerio de Agricultura.

#### 5.4.2.3 Especies de plantas propuestas a las áreas verdes para la ciudad de Juliaca

##### a. Pasturas

- Ichu (*Stipa ichu*)
- Rye grass ingles (*Ray grass inglés*)
- Rye grass italiano (*Italian ryegrass*)

##### b. Plantas herbáceas y semileñosas

- Campanilla (*Penstemon barbatus*).
- Boca y sapo (*Antirrhinum majus*).
- Dedal de oro (*Eschscholzia californica*).
- Lirio (*Iris germanica*).
- Narciso (*Narcissus spp*).
- Pensamientos (*Viola tricolor*)
- Margarita (*Bellis perennis*)
- Claveles (*Dianthus caryophyllus*)
- Clavel chino (*Dianthus sinensis*)
- Fucsia (*Fuchsia spp*).
- Amapola (*Papaver rhoeas*).
- Dalia (*Dahlia spp.*)
- Crisantemo (*Chrysanthemum leucanthemum*)
- Rosa (*Rosa spp.*)

Las mencionadas, en el altiplano se han adaptado muchísimas plantas que son utilizadas en áreas verdes y jardines.

Solo es cuestión de mantenerlas sanas, podarlas, regarlas y protegerlas para que vivan fuertes, sanas y manifiesten su belleza a través de sus flores de variables colores. Huanca (2016).

**c. Plantas arbóreas o leñosas para ser plantados en la zona urbana de la ciudad de Juliaca**

El paisaje urbano está caracterizado significativamente por el pavimento y los edificios, lo que modifica el microclima urbano: Disminuye la velocidad del viento, eleva las temperaturas, baja la humedad relativa y aumenta la cantidad de contaminantes. Los árboles de la calle están sometidos a una serie de factores adversos que dificultan un normal crecimiento y desarrollo.

**a. Pinos (*Pinus spp.*)**

El género *Pinus* es ampliamente conocido en nuestro país, principalmente por las extensas plantaciones de la especie forestal *Pinus radiata*, originaria de California, Estados Unidos e introducida al país a fines del siglo XIX. La captura de dióxido de carbono en Tn de CO<sub>2</sub>/ha/año en Pino es 15.45 Tn de CO<sub>2</sub>/ha/año.

**b. Ciprés (*Cupressus macrocarpa*).**

Conocido como ciprés macrocarpa. Por muchos años fue la especie predilecta para formar setos cortavistas en los balnearios de la zona central, los que requieren de poda periódica para su mantención. Se utiliza formando setos y también en acciones agroforestales, soporta muy bien las podas. La captura de dióxido de carbono en Tn de CO<sub>2</sub>/ha/año en primer lugar se encuentra el Ciprés con 16.78 Tn de CO<sub>2</sub>/ha/año.

**c. Queñua (*Polylepis spp*)**

Para muchos es imposible creer que por encima de los 4 mil 500 metros sobre el nivel del mar, en la cordillera del Vilcanota, pueda crecer y sobrevivir un árbol, pero esto no es novedad en la serranía peruana porque en las provincias de Calca y Urubamba, en el Cusco, existe uno originario: La queñua es uno de los árboles más resistentes al frío en el mundo, existen especies dentro de su familia que se desarrollan por encima de los 5 mil 200 metros sobre el nivel de mar, la evidencia concreta se encuentra en las faldas del nevado Sajama (Bolivia) donde existe un bosque inmenso catalogado como uno de los más altos del mundo.

**d. Sauco (*Sambucus nigra*)**

Árbol de hasta 8 m de altura, originario de Europa meridional, Asia Central y norte de África, es usado para la curación de la tos mediante la decocción de sus inflorescencias. Los frutos sirven como laxante y contienen vitamina C. Se suministra como estimulante y sudorífico, Es bastante abundante en el campus universitario, parques, etc.

**f. Molle (*Schinus molle*)**

Árbol de hasta 8 m de altura; originario de los Andes de Ecuador y Perú; cultivado como ornamental en numerosas ciudades de América; las semillas son utilizadas como sustituto de la pimienta y el aceite esencial derivado de éstas es usado para el tratamiento de las vías urinarias y afecciones reumáticas, en México el fruto es usado para alimento de pájaros, contra las fiebres y para “ahuyentar al maligno”; es el árbol nacional de Perú.

**5.4.2.4 Beneficios ambientales****5.4.2.5 Beneficios que ofrece la Arborización**

Entre los beneficios principales se encuentran:

- retienen contaminantes como dióxido de carbono y material particulado (polvo) que flotan en el aire.
- Producción de oxígeno, lo cual ayuda a minimizar el Cambio climático.
- Mejoramiento del clima mediante el control y la regulación de la temperatura ambiente y la velocidad del viento.
- Mejoramiento paisajístico, estético, cultural y simbólico.
- Libera vapor de agua que refresca el aire de la ciudad.
- En grandes masas funcionan como amortiguadoras de ruido

De igual forma, el conjunto de todos estos beneficios se verá reflejados en el mejoramiento de la calidad de vida.

### **Mejora en la calidad del aire**

Mientras que en muchas ciudades de los países más desarrollados los índices de contaminación han disminuido durante los últimos diez a veinticinco años, los niveles de contaminación del aire han aumentado en muchas de las ciudades de América Latina y el Caribe. En la Ciudad de México, por ejemplo, el nivel medio de partículas suspendidas en la atmósfera subió de 65 mg/m<sup>3</sup> a 400 mg/m<sup>3</sup> entre 1974 y 1990.

Las altas temperaturas aceleran la formación de smog. El efecto moderador que la vegetación urbana tiene en el clima de una ciudad puede reducir las temperaturas extremas y en consecuencia, reducir este fenómeno en algún grado.

El dióxido de carbono es también uno de los principales componentes de la contaminación del aire y es una de las causas principales “del efecto invernadero”.

La vegetación urbana puede reducir los niveles de dióxido de carbono de dos maneras:

#### **En primer lugar:**

Todas las plantas, a través de la fotosíntesis, absorben dióxido de carbono directamente en la biomasa y a cambio descargan oxígeno.

#### **En segundo lugar:**

Cuando la vegetación extensa reduce el calor sofocante en un área urbana, los residentes deben utilizar menos combustibles fósiles para enfriar sus edificios, reduciendo así las emisiones de dióxido de carbono.

#### **5.4.2.6 Beneficios de las áreas verdes urbanas**

Las áreas verdes urbanas pueden reducir en cierta medida algunos contaminantes del aire. La contaminación se reduce directamente cuando las partículas de polvo y humo quedan atrapadas en la vegetación.

Además, las plantas absorben gases tóxicos, especialmente aquellos originados por los escapes de los vehículos y que constituyen una gran parte del smog urbano.

#### 5.4.2.7 Sistema de Áreas Verdes

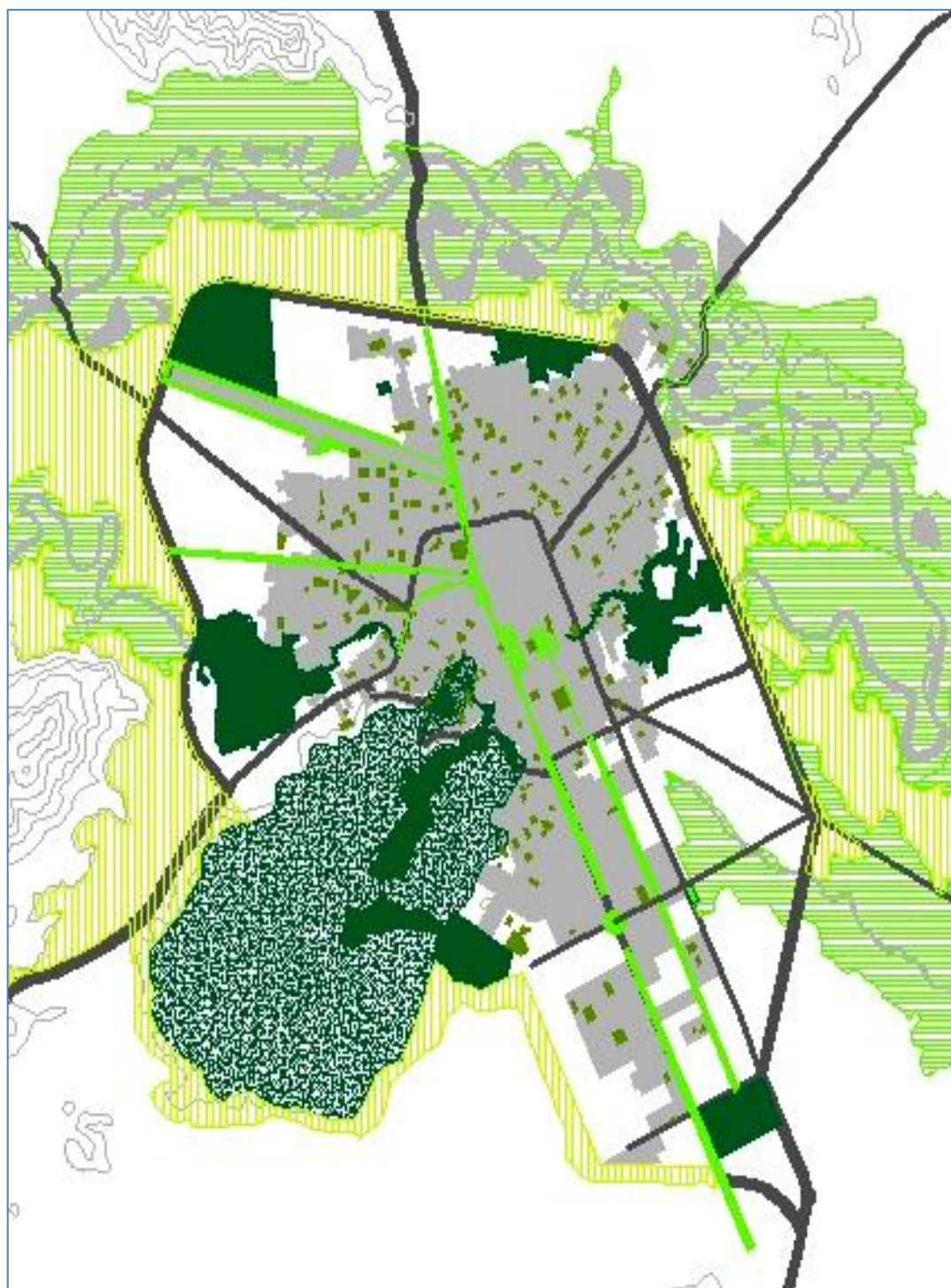
El Sistema de áreas verdes comprende los espacios naturales y corredores de biodiversidad, los espacios abiertos de libre acceso (plazas y parques) y las vías públicas articulados entre sí, además de procurar la vinculación entre los distintos sectores urbanos, dan lugar a funciones vitales como las de encuentro, socialización e identidad de las distintas zonas de la ciudad, revalorando las áreas naturales circundantes.

Tiene como objetivo la recuperación, provisión, ampliación y mejoramiento de la oferta actual de espacios públicos y áreas verdes, como áreas urbanas estratégicas para la regulación del equilibrio ambiental, la recreación pasiva y activa de los ciudadanos y el mejoramiento del paisaje urbano.

La propuesta del sistema de áreas verdes se organiza jerárquicamente a partir de la delimitación de las áreas naturales de los ríos Coata y Torococha, el riachuelo sur y de los cerros Huaynaroque, Espinal y Monos como los grandes espacios verdes y recreativos de la ciudad, interconectándose a la red de espacios públicos de escala sectorial y local (parques, zonales y sectoriales, plazas, plazoletas y otros espacios públicos para el disfrute de la población) que cubre toda la ciudad en sus diferentes ámbitos, a través de ejes de arborización, circuitos peatonales y ciclovías.

Asimismo, la propuesta incluye la reutilización de áreas potenciales en el área central como espacios públicos, tales como:

la Estación del Ferrocarril, el Cuartel de Artillería y el Camal Municipal, por ser usos no conformes, así como el rediseño de la Av. del Ferrocarril como paseo y ciclovía de interconexión entre espacios públicos y áreas verdes.



**SISTEMA DE AREAS VERDES**






- |   |                            |
|---|----------------------------|
|  | Áreas naturales            |
|  | Áreas naturales            |
|  | Áreas Verdes Urbanas       |
|  | Corredores de arborización |
|  | Parques locales            |

Figura 35 : Sistema de Áreas Verdes espacios naturales y corredores.

Fuente: (PDJ 2004-2015).

– *Lineamientos Propositivos*

- Frente al déficit actual, promover la implementación de amplias áreas verdes en la estructura urbana como grandes espacios públicos de alcance distrital, provincial y regional.
- Mejoramiento funcional de los parques urbanos existentes y ampliación de la oferta a escala urbana y vecinal.
- Conformación de ejes verdes que atraviesen la ciudad, a través del rediseño de las vías de alcance regional, distrital y sectorial.
- Ampliación en el Área Central de la oferta de áreas verdes y espacios públicos, de áreas peatonales y ejes arborizados, como elementos de mejoramiento de la calidad urbano - ambiental y del paisaje urbano.
- Preservar las áreas de valor natural, ecoturístico y ambiental a efectos de ponerlos en valor, e incorporarlos sosteniblemente al área urbana mediante usos adecuados.
- Maximizar la accesibilidad a los usos no urbanizables de las riberas de los ríos Torococha y Coata y de los Humedales que rodean la ciudad.
- Búsqueda del equilibrio ambiental mediante la incorporación de espacios para la forestación como barreras naturales ante los fenómenos climáticos.

#### 5.4.2.8 Implementación del sistema integral de áreas verdes

- a. **Objetivo:** Recuperar los espacios de áreas verdes a partir de distintas acciones que promuevan sus funciones recreativas, para la mejora de la calidad ambiental.
- b. **Estado actual:** El crecimiento no planificado de la ciudad, el desinterés de las autoridades encargadas y el desconocimiento de la población sobre los beneficios de las áreas verdes ha originado un déficit alarmante de parques de diversa escala, sobre todo en los barrios y urbanizaciones consolidadas y en proceso de consolidación.
- c. **Estrategias:**
  - ✓ Involucramiento activo de la población en la implementación y mantenimiento de los parques locales.



- ✓ Arborización programada de los espacios públicos y ejes viales.
- ✓ Implementación de grandes espacios públicos: parques sectoriales y plazas cívicas.
- ✓ Integración de la cultura y el deporte en las áreas verdes.
- ✓ Implementación de ciclovías y paseos peatonales que conecten las áreas verdes.
- ✓ Formación de circuitos turísticos y recreativos desde la ciudad hacia las áreas naturales.

**d. Actores involucrados:**

- Gobierno Regional de Puno
- Municipalidad Provincial de San Román
- INRENA, CONAM, PELT
- ONG's
- Asociaciones deportivas, culturales, artísticas y folklóricas
- Asociaciones religiosas
- Organizaciones Vecinales
- Cooperación internacional

#### **5.4.2.9 Planificación de sistemas de áreas verdes y parques públicos**

Las ciudades actuales van desarrollando problemas originados por una crisis ambiental y social que se refleja en problemas como la pérdida de áreas verdes, situación que favoreció el origen y aplicación de indicadores de calidad de vida urbana, relacionados con ellas, como los 9 m<sup>2</sup> de superficie verde bajo manejo por habitante propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS); también sugiere un diseño de ciudad que incorpore una red de estos espacios accesibles a 15 minutos a pie desde las viviendas de los ciudadanos (Sorensen *et al.*, 1998; conam, 2001). Consecuentemente, los parques actuales junto con otras áreas verdes urbanas, deberían ser los suficientes para realizar actividades de esparcimiento; además de proporcionar otros servicios como: purificación del aire, tranquilidad y biodiversidad. Además, la dotación de áreas verdes ciudadinas incluye lugares públicos (de libre acceso) y privados (acceso restringido) como:

- 1) **Corredores verdes** (árboles y pastizales) a lo largo de avenidas, calles

- y vías de tren.
- 2) **Espacios públicos:** Parques, jardines, plazas jardinadas, deportivos ajardinados y cementerios.
  - 3) **Espacios privados:** Jardines y azoteas verdes de residencias.
  - 4) **Viveros forestales,** huertos, espacios agrícolas y terrenos baldíos con vegetación.
  - 5) **Cinturones verdes** que rodean las ciudades como el Centro Recreacional El Bosque.

#### 5.4.2.10 Planificación urbana

A fin de maximizar el valor de los proyectos de áreas verdes y minimizar sus costos, los planificadores urbanos deben considerar la integración de acciones de enverdecimiento en todos los proyectos de obras públicas urbanas. Es mucho más caro y polémico establecer un parque o área verde en zonas ya pavimentadas de la ciudad, que incorporar el manejo de áreas verdes a los proyectos en áreas sin desarrollo previo.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que las ciudades proporcionen 9 m<sup>2</sup> de espacio verde por habitante. La OMS también aconseja el diseño de redes de áreas verdes de tal manera que todos los residentes vivan cerca de un espacio abierto (a una distancia de no más de 15 minutos a pie). *Maximizar el uso y los beneficios:* Las áreas verdes también deben diseñarse de manera que maximicen sus usos potenciales.

#### 5.4.2.11 Manejo de las áreas verdes urbanas

El objetivo general, establecido por la Organización Mundial de la Salud, es la disponibilidad de un mínimo de 9 metros cuadrados de espacio verde por habitante. Actualmente, las ciudades de América Latina sólo ofrecen un promedio de 3,5 metros cuadrados de área verde por habitante.

Las municipalidades enfrentan grandes retos en implantar proyectos de manejo de áreas verdes en situaciones de rápido crecimiento urbano, donde la capacidad de brindar apoyo técnico, legal e institucional adecuado puede ser deficiente. Un sólido apoyo social y político es muy importante para el éxito de un proyecto y requiere la participación a diversos niveles de gobierno: nacional, regional y local.

## CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de material particulado de 10 micras en la ciudad urbana de Juliaca tiene una media de  $44.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , de lo cual la zona oeste tiene un promedio de  $25.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , zona centro  $56.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y zona sur este  $49.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . en donde la estación de monitoreo Óvalo Salida Cusco presenta un valor alto de  $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido por la Salida Huancané registrando un valor de  $66.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo tanto la población de estas dos zonas se encuentran en un riesgo debido a la alta contaminación de PM10, seguidamente las estaciones de monitoreo como Salida Coata presenta un valor  $49.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Urb. Santa Adriana – Aeropuerto presenta  $46.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Arequipa con  $37.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Puno – Zona Industrial Taparachi presenta un valor de  $33.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Plaza Bolognesi presenta un valor de  $29.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Lampa – Ladrillera presenta un valor de  $23.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y por ultimo Cerro Pocracasi presenta un valor bajo de  $7.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
2. La diferencia de concentración de material particulado menores o iguales a 10 micras en la ciudad de Juliaca es de  $\pm 27.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , zona oeste  $25.9 \pm 19.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , zona centro  $56.7 \pm 40.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y zona sur este  $49.9 \pm 16.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
3. Las actividades antropogénicas encontradas en las zonas de monitoreo: zona oeste tiene 75 % de flujo vehicular y 25 % de actividades de restaurant, pollerías, panaderías, talleres industriales, industrias ladrilleras, llanterías, tornerías y lavadero de carros, ebanistería y mueblería y construcciones civiles, zona centro tiene 51 % de flujo vehicular y 49 % de actividades de restaurant, pollerías, panaderías, talleres industriales, industrias ladrilleras, llanterías, tornerías y lavadero de carros, ebanistería y mueblería y construcciones civiles y zona sur este tiene 74 % de flujo vehicular y 26 % de actividades de restaurant, pollerías, panaderías, talleres industriales, industrias ladrilleras, llanterías, tornerías y lavadero de carros, ebanistería y mueblería y construcciones civiles.
4. Las áreas verdes actuales en la ciudad de Juliaca son de 59.2 hás. equivalente a 592.000  $\text{m}^2$  entre parques y jardines que están instaladas por especies de pino y ciprés de la misma forma las áreas verdes potenciales de la ciudad llegan a 140.00 hás de reserva y las áreas zonificadas para su intervención urbana y semiurbana es de 758.136 hás para incrementar las áreas verdes y tenemos según la INADUR un déficit de  $5.87 \text{ m}^2/\text{hab.}$  y con la OMS un déficit de  $6.87 \text{ m}^2/\text{hab.}$

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la presente investigación de concentración de material particulado de PM10 sirva como una fuente de información para la ciudad de Juliaca. Por tanto la continuidad de este monitoreo es una actividad de relevante importancia dadas las características tóxicas de estos contaminantes y que pueden estar presentes en diversas matrices a través de las cuales llegan al ser humano.
2. Se recomienda implementar medidas, establecer políticas y los lineamientos en cada sector de Gobierno Local y Regional en la gestión de la calidad del aire. En vista de que dos zonas de monitoreo en la ciudad de Juliaca sobrepasa los límites máximos permisibles.
3. La Imagen de la ciudad presenta una grave degradación, debido a dos factores vistos a lo largo del presente estudio, el flujo vehicular y actividades antropogenicas, siendo uno de estos factores sin duda la falta de una planeación adecuada no solamente del transporte sino del desarrollo urbano completo de la ciudad; atribuible a las deficiencias en la administración municipal.
4. Se recomienda incrementar las áreas verdes con especies como pastos, plantas herbáceas y con plantas arbóreas o leñosas, esto en todo el anillo de la Circunvalación Este, Oeste, sur y los corredores principales como (Salida Arequipa, Salida lampa, Salida Cusco, Salida Huancané, Salida Huata y Salida Puno), así mismo por el centro de la ciudad deberá ser recuperado y mantenido sus plazas y parques, de la misma forma las periferias de la ciudad como Cerros Huaynaroque, Espinar, Monos, Tahuantinsuyo, San Sebastián y Cerrito de Pucracasi deberán de formar parte de la forestación ambiental y también implementar las áreas de reserva de 140.00 hás. Para reducir el déficit actual y se podría llegar a  $7.16\text{m}^2/\text{hab}$ . Índice cercano al mínimo recomendable, esto con la finalidad de formar una barrera de contención para disminuir la contaminación del aire.

**BIBLIOGRAFÍAS**

- Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Quintana, C., Campos, A., & Holguin, C. (2008). Retención de polvo atmosférico en especies arbóreas indicadoras de la planeación urbana sustentable: ciudad de Chihuahua, México. México. 79 p.
- Asociación Europea de Vías Verdes, (A. E. V. V.), 2000. Guía de buenas prácticas en vías verdes en Europa. Madrid. España. 92 p.
- Arimoto, R. (2001). Eolian dust and climate: Relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition. Earth - Science Reviews. 32 p.
- Ávila, G. 1996. Difusión des pollutants atmosphériques dans une zone a topographie complexe. Validation d'un modèle a laide des mesures DAIRPARIF. Tesis de doctoral, Universidad Paris, Francia. 21 p.
- Behrentz Valencia, Eduardo. 2009. Elementos Técnicos de Plan decenal de Descontaminación de Bogotá. Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá, Colombia. Primera edición. 14 p.
- Boris, 2006 Módulo de Materiales de la Construcción. Politécnico colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín. 156 p.
- Campos, A. (2006). Evaluación de partículas atmosféricas PST y PM10 en la ciudad de Chihuahua, México: Niveles de concentración, composición elemental e identificación de fuentes emisoras. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Chihuahua, México. Recuperado el 20 de 12 de 2013, de <http://eprints.uach.mx/101/1/ZOO-TP-00034.pdf>
- Chen, J., Ying, Q., & Kleman, M. (2009). Source apportionment of visual impairment during the California regional PM10/PM2.5 air quality study. California, Estados Unidos: Atmospheric Environmet. 12 p.
- Chow, J. 1998. Guideline on speciated particulate monitoring. Desert Research Institute, Reno. US-EPA.
- Conam (Consejo Nacional de Medio Ambiente). 2001. Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. Lima, Perú. 128 p.
- Contreras. 1999. Apuntes para la materia de climatología. Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

- Defensoría del Pueblo. 2006. La Calidad de Aire en Lima y su Impacto en la Salud y la Vida de sus Habitantes. Lima, Perú. 82p.
- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). 2011. Estudio de Saturación Lima Metropolitana y Callao Año 2011. Lima, Perú. 69 p.
- Dix, H. M. 1981. Environmental pollution: atmosphere, land, water, and noise. Chichester, England.
- Gallegos, M. 2010. Inventario de emisiones de partículas y modelado de su transporte a partir de fuentes de área de una industria minera. Tesis para obtener el grado de Maestro de Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. 56 p.
- García, R., Padilla, H. y Torres, M. 2006. Chemical composition of rainwater collected at a southwest site of Mexico City, Mexico. 66 – 74 p.
- Garranza, N. 2001 Medio Ambiente Problemas Soluciones, Universidad Nacional del Callao. Lima, Perú. Primera Edición. 201 p.
- González S. O. (2009). Determinación del contenido de PAHs en partículas PM<sub>2.5</sub> en una zona de alto tráfico vehicular y otra con potencial exposición industrial de Área Metropolitana de Monterrey. v.gr. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. 1-111.
- Gunter, D. 2003. Formaciones nubosas y otros fenómenos meteorológicos. Situaciones meteorológicas generales. Pronósticos del tiempo. Barcelona, España. Ediciones Omega.
- Huanca. (2016). Concentración de Material Particulado Menores a 2.5 Micras (PM<sub>2.5</sub>). Tesis Ing. Agr., Universidad Nacional del Altiplano, Ciencias agrarias, Puno.
- Huanacuni J. *et al* 2013. “Estimación de carbono capturado en los rodales de tres especies forestales en el bosque de cip-camacani” Tesis Ingeniería Agronómica. UNA – Puno. Puno, Perú. 90 p.
- INEI (Instituto Nacional Estadística e Informática). 2015. Compendio Analítico. Tomo I. Puno, Perú.
- Ingeniería y Gestión ambiental Ltda. (2006). Plan de Compensación De Emisiones De Co, Nox Y MP. En Cumplimiento De RCA 346/2006 de Conama RM. Santiago.
- Martínez S. R I (2006). Exposición a Hidrocarburos Aromáticos policíclicos en población infantil. v.gr., Tesis Maestría. Universidad Autónoma de San Luis

Potosí.1-90.

- Mendieta, M., & Rocha, L. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua.
- Meszáros, E. (1999). *Fundamentals of atmospheric aerosol chemistry*. Budapest, Hungría: Akadémiai Kiado.
- Ministerio del Ambiente. (2011). *Compendio de la legislación ambiental peruana* (Primera ed., Vol. V). Lima.
- Ministerio de Salud. (2009). *Programa de vigilancia sanitaria de la calidad de aire*. Lima.
- Miyasako, E. 2009. *Las áreas verdes en el contexto urbano de la ciudad de México*. Tesis doctoral, Universidad de Alicante. México. 523 p.
- Moran, M. 1997. *Meteorology. The Atmosphere and the Science of Weather*. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey, Estados Unidos. Fifth edition.
- Nelson, N.2006. *TrafficReductionStrategiesStudy, Report and variousappendices*, City of Pasadena. California, Estados Unidos.
- Nowak, D., J. Dwyer y G. Childs. 1997. *Beneficios y costos de manejo de áreas verdes urbanas*. Manuscrito para publicación en *Anales del Seminario sobre Áreas Verdes Urbanas desarrollado en la Ciudad de México*, 2-4 de diciembre, Krishnamurthy, L. y J. Rente Nascimento, eds. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2005. *Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la Salud en América Latina*. Caribe, Washington.
- Plan Director de Juliaca (PDJ 2004-2015) Municipalidad Provincial de San Román. Juliaca.
- Phocco, H. 2014. *Concentración de Material Particulado Menores a 10 Micrómetros en la Ciudad de Puno*. Tesis Ingeniería Agronómica. UNA – Puno. Puno, Perú. 90 p.
- Quispe, R. 2015. *Concentración de Material Particulado Menores a 2.5 Micrómetros Para la Gestion de Areas Verdes en la Ciudad de Puno*. Tesis Ingeniería Agronómica. UNA – Puno. Puno, Perú. 162 p.
- Quispe, A. 2015. *Caracterización Química, Modelación de la Concentración del*

Material Particulado (PM10) y Plan de Gestión Ambiental del Aire para la Ciudad de Puno. Tesis Ingeniería Agronómica. UNA – Puno. Puno, Perú. 167 p.

Roberts, E. Alley & Associates, INC. 2000. Manual de Control de la Calidad del Aire. México. Tomo I, p. 2.5.

Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. (2009). Partículas PM10. Madrid. Recuperado el 15 de Diciembre de 2013.

Reyes, S. Y Figueroa, I. M. 2010. Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales, 36(109), 89-110.

Rojano, Néstor y Galvis, Boris., 2012. Relación entre PM2.5 y PM10. En: Revista de Ingeniería, Universidad de Los Andes Bogotá. N° 22, pp 54–60.

Saldarriaga, G., Lozano, R. y Suárez, R., 2004. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos renovables en Colombia: Calidad del Aire. IDEAM.

Senes Consultants Limited; Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. (1997). Sistema de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Chihuahua. México.

Sorensen, M., Barzetti V., Keipi, K. y Williams, J., 1998. Manejo de las Áreas Verdes Urbanas. Washington, D.C. 81 p.

Sidney, H. 1960. Teorías de la población y su interpretación económica. México. Fondo de Cultura Económica.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2011. Puno, Perú.

Watson, J. (2002). Visibility: Science and regulation. Journal of the Air & Waste Management Association, 628-713.

[www.airnow.gov](http://www.airnow.gov)



# ANEXOS

## **Anexo 1: Plano de Ubicación del Estudio**

PLANO 01: UBICACIÓN DEL ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JULIACA

**Anexo 2:**

**Plano de Sectorización de la Ciudad  
de Juliaca**



PLANO 02: SECTORIZACIÓN DE LA CIUDAD DE JULIACA

**Anexo 3:**  
**Ubicación de puntos de monitoreo  
de PM10 en la Ciudad de Juliaca.**

<i>Nombre del Ejecutor:</i>	ALÍ MAYCOL HANCCO VILAVILA
<i>Ubicación:</i>	JULIACA - PUNO
<b>Número y Ubicación del punto de monitoreo</b>	
CA-01	CA-02
<i>Fecha de muestreo:</i> 12 a 13/11/2015	<i>Fecha de muestreo:</i> 11 a 12/11/2015
<b>Descripción de la ubicación del punto de muestreo:</b>	
<i>Salida Arequipa</i>	<i>Salida Lampa - Ladrillera</i>
<b>Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo)</b>	
0377003 E; 8286267 N; 3841 m.s.n.m.	0374765 E; 8288936 N; 3841 m.s.n.m.

Figura 36 : Ubicación de puntos de monitoreo de PM10 en la Ciudad de Juliaca.

<i>Nombre del Ejecutor:</i>	ALÍ MAYCOL HANCCO VILAVILA
<i>Ubicación:</i>	JULIACA - PUNO
<b>Número y Ubicación del punto de monitoreo</b>	
CA-03	CA-04
<i>Fecha de muestreo:</i> 10 a 11/11/2015	<i>Fecha de muestreo:</i> 12 a 13/11/2015
<b>Descripción de la ubicación del punto de muestreo:</b>	
<i>Urb. Santa Adriana - Aeropuerto</i>	<i>Cerro Pocracasi – Salida Cuzco</i>
<b>Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo)</b>	
0375996 E; 8288714 N; 3840 m.s.n.m.	0377797 E; 8290595 N; 3845 m.s.n.m.



<i>Nombre del Ejecutor:</i>	ALÍ MAYCOL HANCCO VILAVILA	
<i>Ubicación:</i>	JULIACA - PUNO	
<b>Número y Ubicación del punto de monitoreo</b>		
CA-05	CA-06	
<i>Fecha de muestreo:</i> 13 a 14/11/2015	<i>Fecha de muestreo:</i> 11 a 12/11/2015	
<b>Descripción de la ubicación del punto de muestreo:</b>		
Óvalo Salida Cuzco	Salida Huancané	
<b>Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo)</b>		
0378312 E; 8288106 N; 3851 m.s.n.m.	0380844 E; 8289318 N; 3836 m.s.n.m.	
		

<i>Nombre del Ejecutor:</i>	ALÍ MAYCOL HANCCO VILAVILA	
<i>Ubicación:</i>	JULIACA - PUNO	
<b>Número y Ubicación del punto de monitoreo</b>		
CA-07	CA-08	
<i>Fecha de muestreo:</i> 10 a 11/11/2015	<i>Fecha de muestreo:</i> 09 a 10/11/2015	
<b>Descripción de la ubicación del punto de muestreo:</b>		
<i>Salida Coata</i>	<i>Salida Puno – Zona Industrial Taparachi</i>	
<b>Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo)</b>		
0381472 E; 8285059 N; 3843 m.s.n.m.	0379746 E; 8283571 N; 3842 m.s.n.m.	

<i>Nombre del Ejecutor:</i>	ALÍ MAYCOL HANCCO VILAVILA
<i>Ubicación:</i>	JULIACA - PUNO
<i>Número y Ubicación del punto de monitoreo</i>	
CA-09	
<i>Fecha de muestreo:</i> 09 a 10/11/2015	
<i>Descripción de la ubicación del punto de muestreo:</i>	
Plaza Bolognesi	
<i>Coordenadas UTM (Puntos de monitoreo)</i>	
0378624 E; 8286390 N; 3842 m.s.n.m. WGS84	

## **Anexo 4: Plano de Ubicación de Puntos de Monitoreo**

MAPA 03: UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO

## **Anexo 5: Fuentes de Contaminación**

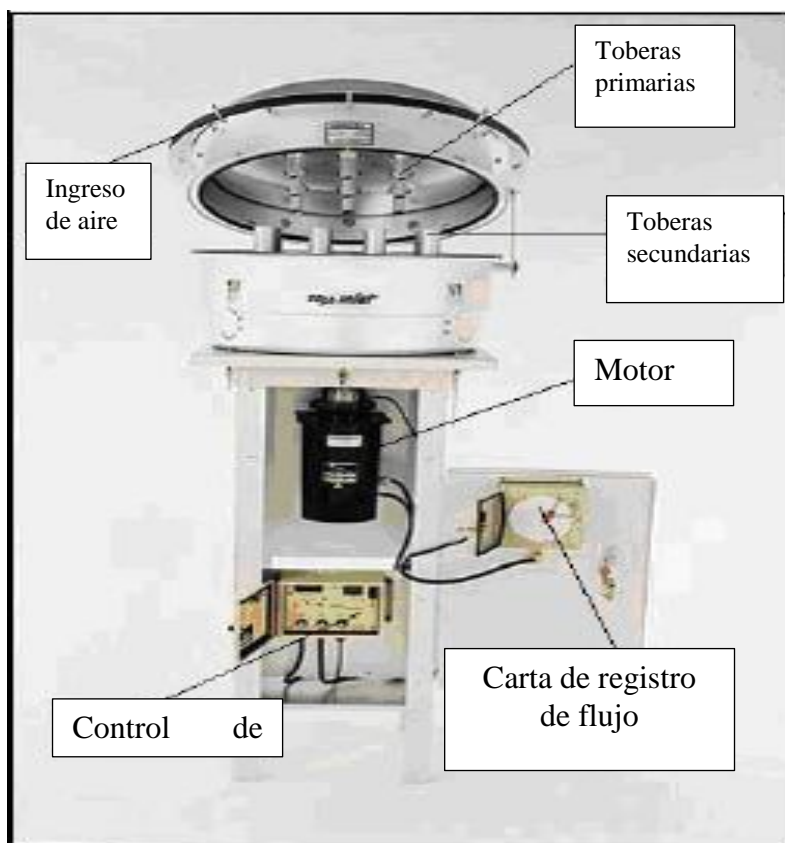
Tabla 17: Fuentes de Contaminación

PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE	
FUENTE	CONTAMINANTE
Vehículos (tráfico intenso)	Dióxido de nitrógeno
	Monóxido de carbono
	Dióxido de azufre
	PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub>
Domicilios / consumo de leña	PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub>
	Monóxido de carbono
Industrias y domésticas / consumo de carbón	PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub>
	Dióxido de azufre
Industrias / consumo de combustible residual	PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub> Dióxido de azufre
Pesqueras	Sulfuro de hidrógeno; PM
Fundición	Dióxido de azufre
Cemento	PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub>
Generación eléctrica / consumo de carbón, residual y DIESEL	Dióxido de azufre PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub>
Generación eléctrica / consumo de gas	Dióxido de nitrógeno

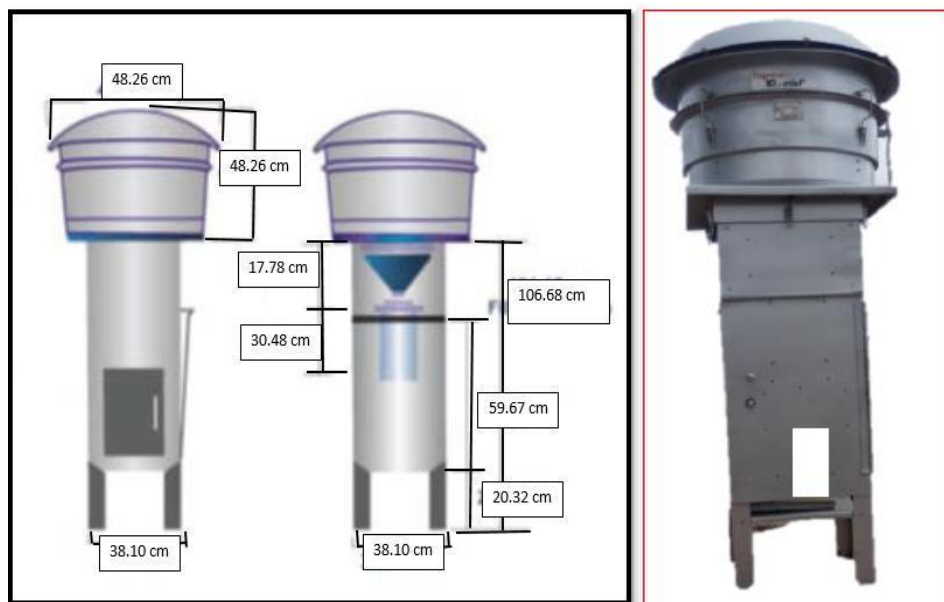
**Fuente:** DIGESA, 2005.

## **Anexo 6: Equipo Muestreador de PM<sub>10</sub> HI-VOL**





Equipo Muestreador de Partículas de Alto Volumen (Hi – Vol).



Fuente: (MAVDT, 2010).  
Medidas del equipo Hi – Vol.

Figura 37 : Equipo Muestreador de PM10 HI-VOL

## **Anexo 7: Parámetros meteorológicos de PM10 en la ciudad de Juliaca**

Tabla 18: Promedio de Parámetros meteorológicos durante el monitoreo de PM10 en la ciudad de Juliaca.

Estación		Precipitación mm	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión (mbar)
CA - 01	Promedio	2.6	10.8	72.8	3.3		646.9
	MAXIMO	4.9	19.2	93	6.2	NE	648.4
	MINIMO	0.3	4.6	43	0.5		643.9
CA - 02	Promedio	3.2	11.7	80.8	3.4		646.9
	MAXIMO	4.9	20.6	93	6.1	NW	648.7
	MINIMO	1.5	2.1	50	0.5		645.2
CA - 03	Promedio	1.0	12.0	15.1	1.2		647.0
	MAXIMO	1.5	29.4	37	3.1	E	648.3
	MINIMO	0.5	-1.6	1	0.5		645.2
CA - 04	Promedio	2.6	9.3	78.5	3.6		647.2
	MAXIMO	4.9	14.2	91	6.5	NE	648.3
	MINIMO	0.3	3.4	48	0.7		646.2
CA - 05	Promedio	1.55	11.5	15.3	1.3		647.3
	MAXIMO	2.8	20.1	38	3.1	ESE	648.3
	MINIMO	0.3	1.8	2	0.5		646.2
CA - 06	Promedio	3.2	11.2	80.8	3.4		646.9
	MAXIMO	4.9	21.6	93	6.1	NW	648.7
	MINIMO	1.5	1.6	50	0.5		644.8
CA - 07	Promedio	1.0	8.5	80.8	3.4		622.2
	MAXIMO	1.5	14.6	93	6.1	NW	648.7
	MINIMO	0.5	1.6	50	0.5		64.2
CA - 08	Promedio	3.4	14.3	80.8	3.4		646.3
	MAXIMO	6.3	22.3	93	6.1	NW	648.7
	MINIMO	0.5	6.7	50	0.5		641.3
CA - 09	Promedio	3.4	9.5	78.5	3.6		647.3
	MAXIMO	6.3	14.2	91	6.5	SSW	648.3
	MINIMO	0.5	5.1	48	0.7		645.2

## **Anexo 8: Flujo Vehicular por 1 Hora en la Ciudad de Juliaca**

Tabla 19: Flujo Vehicular por 1 Hora en la Ciudad de Juliaca

FLUJO VEHICULAR POR 1 HORA EN LA CIUDAD DE JULIACA											
Zona	Código	Fecha de conteo	Coordenada X	Coordenada Y	Combi	Minibus	taxi	Moto taxi	Carrocerías Pesadas	Flujo vehicular por 1 horas	
Salida Arequipa	CA-01	12 al 13/11/15	377003	8286267	210	72	52	47	65	446	
Salida Lampa - Iadrillería	CA-02	11 al 12/11/15	374765	8288936	106	9	64	47	26	252	
Urb. Santa Adriana - Aeropuerto	CA-03	10 al 11/11/15	375996	8288714	50	45	137	92	11	335	
Cerro Pocracasi - Salida Cusco Norte	CA-04	12 al 13/11/15	377797	8290595	231	20	81	46	10	388	
Óvalo Salida Cusco - circunvalación este	CA-05	13 al 14/11/15	378312	8288106	356	24	144	192	52	768	
Salida Huancané	CA-06	11 al 12/11/15	380844	8289318	328	60	50	87	91	616	
Salida Coata	CA-07	10 al 11/11/15	381472	8285059	163	25	43	84	33	348	
Salida Puno - Zona Industrial Taparachi	CA-08	09 al 10/11/15	379746	8283571	268	66	42	119	11	506	
Plaza Bolognesi	CA-09	09 al 10/11/15	378624	8286390	261	66	126	194	5	652	
TOTAL DE VEHICULO					1973	387	739	908	304	4311	
PROMEDIO/VEHICULO					219	43	82	101	34	479	

## **Anexo 9: Flujo Vehicular por 24 Horas en la Ciudad de Juliaca**

Tabla 20: Flujo Vehicular por 24 Horas en la Ciudad de Juliaca

FLUJO VEHICULAR POR 24 HORAS EN LA CIUDAD DE JULIACA										
Zona	Código	Fecha de conteo	Coordenada X	Coordenada Y	Combi	Minibus	taxi	Moto taxi	Carrocerías Pesadas	Flujo vehicular en 24 horas
Salida Arequipa	CA - 01	12 al 13/11/15	377003	8286267	5032	1728	1248	1120	1562	10690
Salida Lampa - ladrillería	CA - 02	11 al 12/11/15	374765	8288936	2546	210	1543	1121	614	6034
Urb. Santa Adriana - Aeropuerto	CA - 03	10 al 11/11/15	375996	8288714	1188	1068	3284	2200	260	8000
Cerro Pocracasi - Salida Cusco Norte	CA - 04	12 al 13/11/15	377797	8290595	5541	468	1955	1100	251	9315
Óvalo Salida Cusco - circunvalación este	CA - 05	13 al 14/11/15	378312	8288106	8544	576	3456	4608	1248	18432
Salida Huancané	CA - 06	11 al 12/11/15	380844	8289318	7872	1440	1208	2092	2180	14792
Salida Coata	CA - 07	10 al 11/11/15	381472	8285059	3912	608	1036	2016	800	8372
Salida Puno - Zona Industrial Taparachi	CA - 08	09 al 10/11/15	379746	8283571	6420	1589	1004	2851	264	12128
Plaza Bolognesi	CA - 09	09 al 10/11/15	378624	8286390	6258	1587	3014	4651	123	15633
<b>TOTAL DE VEHICULO</b>					<b>47313</b>	<b>9274</b>	<b>17748</b>	<b>21759</b>	<b>7302</b>	<b>103396</b>
<b>PROMEDIO/VEHICULO</b>					<b>5257</b>	<b>1030</b>	<b>1972</b>	<b>2418</b>	<b>811</b>	<b>11488</b>

## **Anexo 10: Diagnóstico de Actividades Antropogénicas**





**Anexo 11:**  
***Certificado de Laboratorio SAG***

# Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE, **OTORGA** la presente Renovación de la Acreditación a:

## SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

**Sede Acreditada:** Av. Naciones Unidas N° 1565, Urb. Chacra Ríos Norte, distrito de Cercado de Lima, provincia de Lima y departamento de Lima.

Fecha de Renovación: 16 de junio del 2012  
Fecha de Vencimiento: 16 de junio del 2016

Registro N° LE - 047  
Fecha de emisión: 07 de setiembre de 2015  
DA-acr-01P-02M Ver. 00



*A. Mello*  
**Augusto Mello Romero**  
Director - Dirección de Acreditación

## **Anexo 12: Certificados de Calibración de Equipos**

HIVOL PM10

### CERTIFICADO DE CALIBRACION

N° 011-2015-VD/MA

1. **Cliente:** SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.

2. **Dirección:** Av. Naciones Unidas 1565 Urb. Chacra Ríos Norte Lima

3. **Datos del instrumento:**  
**Equipo:** Muestreador de Partículas  
**Marca:** General Metal Works  
**Modelo:** Volumétrico  
**Serie:** P 01209

**Especificaciones del instrumento:**  
**Medición:** Material Particulado  
**Flujo:** 1.13 m<sup>3</sup>  
**Motor:** 1 HP / 220V  
**Cabezal:** PM10

4. **Lugar de calibración:** VD LAB S.A.C.

5. **Fecha de calibración:** 02/02/15 **Vence:** 02/02/16

6. **Método de Calibración:** La calibración fue realizada de acuerdo a norma EPA 40 CFR Part 50 Appendix J

7. **Trazabilidad:**

Descripción	Marca / Modelo	Serie / Lote	N° Certificado
Calibración Variflow	Tish	2707	TE-5026A
Manómetro de columna	Dwyer	N/A	041013-06
Med. Temp. Y Humedad	FLUKE	24090962	LT-453-2014
Barómetro	FLUKE	24620341	LT-561-2014

8. **Condiciones ambientales:**  
 Temperatura: 20.5 - 23.1 °C  
 Humedad: 31.6 - 39.1 % H.R.

9. **Resultados:**

TA (°C):	22.00	Pa (inHg):	23.52	Slope:	1.04749
Ta (K):	295.00	Pa (mmHg):	597.41	Int.:	-0.005650

Corrida N°	Orificio H <sub>2</sub> O	Qa m <sup>3</sup> /min	Muestreado r	Pf mmHg	Po/Pa	Look Up m <sup>3</sup> /min	% de diferencia
1	2.90	1.154	10.00	18.863	0.989	1.183	2.51
2	2.90	1.154	12.00	22.395	0.983	1.174	1.73
3	2.80	1.134	13.90	25.941	0.957	1.167	2.91
4	2.70	1.114	16.10	30.047	0.950	1.160	4.13

10 **Observaciones:**  
 Los resultados del presente documento son validos únicamente para el objeto verificado.  
 El cliente define la frecuencia de verificación en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento  
 El instrumento se encuentra en buen estado y dentro de las tolerancias establecidas.  
 El método de referencia establece que los flujos deben tener un % de diferencia máxima de +/-4%.

Fecha: 02/02/16 **Realizado por:**

**ING. CP RONYVARSA SALAS**  
 Registro 15320 - AMBIENTAL

Prolongación Huáscar 200 Dpto. 202 Lote 3 Yanahuara - Arequipa  
 Cel. 958405400 / 999663045  
 ronyvarsa@hotmail.com / kcodeigbar@gmail.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Nº 031-2015-VD/MA

- 1. **Cliente:** SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.
- 2. **Dirección:** AV. NACIONES UNIDAS 1565 URB. CHACRA RIOS NORTE LIMA
- 3. **Datos del instrumento:**
  - Equipo:** Muestreador de Partículas
  - Marca:** General Metal Works
  - Modelo:** Volumétrico
  - Serie:** P05189
- Especificaciones del Instrumento:**
  - Medición:** Material Particulado
  - Flujo:** 1.13 m<sup>3</sup>
  - Motor:** 1 HP / 220V
  - Cabezal:** PM10-PM2.5
- 4. **Lugar de calibración:** VD LAB S.A.C.
- 5. **Fecha de calibración:** 18/09/15 **Vence:** 17/09/16
- 6. **Método de Calibración:** La calibración fue realizada de acuerdo a norma EPA 40 CFR Part 50

7. **Trazabilidad:**

Descripción	Marca / Modelo	Serie / Lote	Nº Certificado
Calibración Vanflow	Tish	2707	TE-5028A
Manómetro de columna	Dwyer	N/A	041013-06
Med. Temp. Y Humedad	FLUKE	24090982	LT-354-2015
Barómetro	FLUKE	24620341	LT-165-2015

8. **Condiciones ambientales:**

**Temperatura:** 20.5 - 23.1 °C  
**Humedad:** 31.6 - 39.1 % H.R.

9. **Resultados:**

<b>TA (°C):</b> 20.00	<b>Pa (inHg):</b> 23.50	<b>Slope:</b> 1.04149
<b>Ta (K):</b> 293.00	<b>Pa (mmHg):</b> 596.90	<b>Int.:</b> -0.005650

Corrida Nº	Orificio "H <sub>2</sub> O"	Qa m <sup>3</sup> /min	Muestreador "H <sub>2</sub> O"	Pf mmHg	Po/Pa	Look Up m <sup>3</sup> /min	% de diferencia
1	2.90	1.151	10.00	18.663	0.969	1.121	-2.61
2	2.80	1.131	11.80	22.022	0.963	1.115	-1.41
3	2.80	1.131	14.00	26.128	0.956	1.109	-1.85
4	2.70	1.111	16.00	29.860	0.950	1.103	-0.72

10 **Observaciones:**

Los resultados del presente documento son validos únicamente para el objeto verificado.  
 El cliente tiene la responsabilidad de verificar el correcto uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.  
 El instrumento se encuentra en buen estado y dentro de las tolerancias establecidas.  
 El método de referencia establece que los flujos deben tener un % de diferencia máxima de +/-4%.

**Fecha:** 17/09/16

**Realizado por:**

*K. Delgado*  
 ING. CP. KUELIAN CYNTHIA DELGADO BARRIGA  
 Registro 163619 - AMBIENTAL

Prolongación Huáscar 200 Dpto. 202 Lote 3 Yanahuara- Arequipa  
 Cel. 958405400 / 999663045  
 ronyvarsa@hotmail.com / kcdelgbar@gmail.com



ROTÁMETRO

VD LABORATORIO **AMBIENTAL** S.A.C.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

N° 002-2015-VDMA

- 1. **Cliente:** SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.
- 2. **Dirección:** Av. Naciones Unidas 1565 Urb. Chacra Rios Norte Lima
- 3. **Datos del instrumento:**
  - Equipo:** Rotámetro **Rango de Trabajo:** 0 a 1000 CCPM
  - Marca:** Dwyer **Serie o Código Interno:** No aplica
  - Modelo:** T49Z **Condición:** Usado
- 4. **Lugar de calibración:** VD LAB S.A.C.
- 5. **Fecha de calibración:** 15/01/15 **Vence:** 15/01/16
- 6. **Equipo de Calibración:** Trazable a NIST.

Descripción	Marca / Modelo	Serie / Lote	N° Certificado
Patrón de Flujo	Bios / 520-H	133657	517899

- 7. **Condiciones ambientales:**
  - Temperatura:** 20.5 °C
  - Humedad:** 32.0 % H.R.
  - Presión:** 576 mmHg

- 8. **Procedimiento:**
  - 1.- Armado de tren de calibración con bomba de succión, rotámetro de prueba y patrón de flujo primario.
  - 2.- Regulación de flujo a valor deseado con 3 repeticiones en cada punto.
  - 3.- Calculo de flujo estándar y reporte de valores.

El calculo de flujo estándar se realiza con la siguiente formula:

$$Q_2 = Q_1 \times \sqrt{\frac{P_1 \times T_2}{P_2 \times T_1}}$$

$Q_1 =$  Flujo observado en patrón primario de flujo  
 $Q_2 =$  Flujo corregido a temperatura y presión estándar  
 $P_1 =$  Presión actual en mmHg  
 $P_2 =$  Presión estándar - 760mmHg  
 $T_1 =$  Temperatura actual en °K  
 $T_2 =$  Temperatura estándar (20°C) - 293.65 °K

**Durante Pruebas:**  
 $T_1:$  293 a 294 °K  
 $P_1:$  576 mmHg

REPORTE DE PRUEBAS

Rotámetro	Q1	Q2
500	527	526
	523	523
	525	524



- 10 **Observaciones:**  
 Todos los flujos en CCPM.

**Fecha de Emisión:** 15/01/15 **Realizado por:**

*Rony Vargas*  
 AG. CIP. RUFO RONY VARGAS SALAS  
 Registro 163620 - AMBIENTAL

Prolongación Huáscar 200 Dpto. 202 Lote 3 Yanahuara – Arequipa  
 Cel. 958405400 / 999663045  
 ronyvarsa@hotmail.com / kcdeigbar@gmail.com

**Anexo 13:  
Informe de ensayo N° 095723 - 2015**





**SAG**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



Registro: N° LE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 095723-2015 CON VALOR OFICIAL**

<b>RAZÓN SOCIAL</b>	: ALÍ MAYCOL HANCCO VILAVILA
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: JR. HUANCAYO 310 - PUNO
<b>SOLICITADO POR</b>	: ALÍ MAYCOL HANCCO VILAVILA
<b>REFERENCIA</b>	: MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE - JULIACA
<b>PROCEDENCIA</b>	: JULIACA - PUNO
<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS</b>	: 2015-11-18
<b>FECHA DE INICIO DE ENSAYOS</b>	: 2015-11-09
<b>MUESTREO POR</b>	: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. <sup>(1)</sup>

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Material particulado PM10 (Alto volumen)	NTP 900.030-2003. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera.	0.6	ug/m <sup>3</sup>

L.C.: Límite de cuantificación.

(1) Toma de muestra de acuerdo a plan de muestreo N° 095723 y procedimiento PL-009.

Quím. Belbeth Y. Fajardo León  
 Director Técnico  
 C.Q.P. N° 648  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS WORKING FOR YOU

Cod: FI 02/ Versión: 06/FE-09/2015

\* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF, 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

Página 1 de 2

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442  
 Website [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) Contacto Electrónico [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com) | [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com)



**SAG**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



Registro N° LE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 095723-2015 CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Aire	Aire	Aire	Aire
Matriz analizada	Aire	Aire	Aire	Aire
Fecha de muestreo	2015-11-09/10	2015-11-09/10	2015-11-10/11	2015-11-10/11
Hora de inicio de muestreo (h)	07:00	08:00	09:00	10:00
Coordenadas UTM WGS 84	0379746E 8283571N	0378624E 8286390N	0381472E 8285059N	0375996E 8288714N
Altitud (msnm)	3842	3842	3843	3840
Condiciones de la muestra	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada
Descripción del punto de muestreo	Salida Puno - Zona Industrial Taparachi	Plaza Bolognesi	Salida Coata	Urb. Santa Adriana - Aeropuerto
Código del Cliente	CA-08	CA-09	CA-07	CA-03
Código del Laboratorio	1511385	1511386	1511387	1511388
Ensayos	Unidades	Resultados		
Material particulado PM10 (Alto volumen)	ug/m <sup>3</sup>	33.4	29.5	49.5
Material particulado PM10 (Alto volumen)	ug/m <sup>3</sup>	46.1		
Producto declarado	Aire	Aire	Aire	Aire
Matriz analizada	Aire	Aire	Aire	Aire
Fecha de muestreo	2015-11-11/12	2015-11-11/12	2015-11-12/13	2015-11-12/13
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	12:00	13:00	14:00
Coordenadas UTM WGS 84	0380844E 8289318N	0374765E 8288936N	0377003E 8286267N	0377797E 8290595N
Altitud (msnm)	3836	3841	3841	3845
Condiciones de la muestra	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada
Descripción del punto de muestreo	Salida Huancané	Salida Lampa - Ladrillera	Salida Arequipa	Cerro Pacracasi - Salida Cuzco norte
Código del Cliente	CA-06	CA-02	CA-01	CA-04
Código del Laboratorio	1511389	1511390	1511391	1511392
Ensayos	Unidades	Resultados		
Material particulado PM10 (Alto volumen)	ug/m <sup>3</sup>	66.8	23.9	37.7
Material particulado PM10 (Alto volumen)	ug/m <sup>3</sup>	7.7		
Producto declarado	Aire	Blanco		
Matriz analizada	Aire	---		
Fecha de muestreo	2015-11-13/14	---		
Hora de inicio de muestreo (h)	15:00	---		
Coordenadas UTM WGS 84	0378312E 8288106N	---		
Altitud (msnm)	3851	---		
Condiciones de la muestra	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada		
Descripción del punto de muestreo	Óvalo salida Cuzco	---		
Código del Cliente	CA-05	BKc (Blanco)		
Código del Laboratorio	1511393	1511394		
Ensayos	Unidades	Resultados		
Material particulado PM10 (Alto volumen)	ug/m <sup>3</sup>	103.0	<0.6	

Lima, 26 de Noviembre del 2015

**Quím. Bebeth Y. Fajardo León**  
 Director Técnico  
 C.Q.P. N° 648  
**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

**EXPERTS WORKING FOR YOU**

Cod.:FI02/versión: 06/FE/09/2015

\* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF, 22nd. Edición 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana  
**OBSERVACIONES:** Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
 Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.  
**NOTA:** Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 2 de 2

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6985 - 425-5564 - 425 - 6047 | **MÓVIL** 994 976 442  
 Website [www.saggeru.com](http://www.saggeru.com) Contacto Electrónico [saggeru@saggeru.com](mailto:saggeru@saggeru.com) | [laboratorio@saggeru.com](mailto:laboratorio@saggeru.com)



CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - CALIDAD DE AIRE

FR - 004  
Versión: 03  
FE: 01/2015  
Página: 1 de 2

Cliente: Ali Maycol Hancoco Vilavila Contacto: Ali Maycol Hancoco Vilavila E-mail: alhancoco@hancoco.com Telf(s): 910193107  
 Lugar: Juliaca - Puno Empresa: Planta Proyecto: Monitoreo de calidad de Aire - Juliaca  
 Número de Solicitud / Cotización: 2015-11UD-2-1 Muestreado por SAG: / Muestreado por el cliente:

CÓDIGO DEL CLIENTE	INICIO DE MUESTREO		FINAL DE MUESTREO		PARÁMETROS										CÓDIGO DE LABORATORIO								
	FECHA	HORA	FECHA	HORA	Bajo volumen (°)			Alto volumen		PM 10	PM 2.5	PM 10	PM 2.5	Benceno		HCT	Acid. HCl	Plomo	Arsénico	Metales totales	Meteorología	Ruido Puntual	Ruido Continuo
CA-08	2015/11/09	07:00	2015/11/10	07:00	3	5	16.7	✓	PM 10						PM 2.5								
CA-09	2015/11/09	08:00	2015/11/10	08:00	✓			✓															511386
CA-07	2015/11/09	09:00	2015/11/11	09:00	✓			✓															511387
CA-03	2015/11/10	10:00	2015/11/11	10:00	✓			✓															511388
CA-06	2015/11/11	11:00	2015/11/12	11:00	✓			✓															511389
CA-02	2015/11/11	12:00	2015/11/12	12:00	✓			✓															511390
CA-01	2015/11/12	13:00	2015/11/13	13:00	✓			✓															511391
CA-04	2015/11/12	14:00	2015/11/13	14:00	✓			✓															511392

DATOS DEL MUESTREO: Si el servicio es realizado por el cliente, registrar la información de campo en el siguiente recuadro:

CÓDIGO DEL CLIENTE	Descripción del punto de muestreo / Estación de muestreo / Observaciones de Campo ( ** )		GEOREFERENCIA (UTM) (Sistema, Zona y Banda):		ALTITUD (m.s.n.m.)	TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO (°C)	PRESIÓN AMBIENTAL PROMEDIO (mbar)
CA-08	Salida Puno - Zona Industrial Tapachachi		N: 8283541 E: 0377746		3842	14.9	646.3
CA-09	Plaza Bolaginesi		N: 8286390 E: 0378624		3842	9.4	646.1
CA-07	Salida Coata		N: 8285059 E: 0357147		3843	8.5	645.4
CA-03	Urb. Santa Adriana - Aeropuerto		N: 8288714 E: 0375996		3840	11.9	645.2
CA-06	Salida Huancane		N: 8289318 E: 0380844		3836	11.1	645.5
CA-02	Salida Lampa - Kadmitera		N: 8288936 E: 0374765		3841	11.4	644.1
CA-01	Salida Arequipa		N: 8286267 E: 0377003		3841	10.3	644.3
CA-04	Centro Pucallpa - Salida Cuzco Norte		N: 8290595 E: 0377497		3845	9.1	646.0

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del Muestreo: Oscar Valencia T. José Yvara R. Firma(s): [Firma]  
 Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del Supervisor de Campo: Ali Maycol Hancoco Vilavila Firma(s): [Firma]  
 Recibido en laboratorio por: [Firma] Día / Hora: 10/11/2015  
 Realizar un check para diferenciar el tipo de muestra de bajo volumen. ( \*\* ) Declaración de Observaciones por el Analista de Campo



**CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - CALIDAD DE AIRE**

FR - 004  
Versión: 03  
FE0102015  
Página 5 de 5

**Cliente:** Ali Mayal Hancock Vilavila  
**Contacto:** Ali Mayal Hancock Vilavila  
**E-mail:** ali.hancock@mayal.com  
**Tel(s):** 990193107  
**Lugar:** Juliaca - Puno  
**Empresa:** Proyecto Monitorio de Calidad de Aire - Juliaca  
**Número de Solicitud / Cotización:** 2015-110-2-1  
**Planta:** Muestreado por el cliente  
**Muestreado por SAG:** /

CÓDIGO DEL CLIENTE	INICIO DE MUESTREO		FINAL DE MUESTREO		PARÁMETROS						N° INFORME:	CÓDIGO DE LABORATORIO											
	FECHA	HORA	FECHA	HORA	Alto volumen	Bajo volumen (**)	PTS	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>			H <sub>2</sub> S	O <sub>3</sub>	Benceno	HCT	Niebla ácida	Plomo	Arsénico	Metalos totales	Meteorología	Ruido Puntual	Ruido Continuo
CA-05 BIC	2015/11/13	15:00	2015/11/14	15:00	PM 10 10 ✓	PM 2.5 2.5 ✓	3 L/min	5 L/min	16.7 L/min														1511393 1511394

**CÓDIGO DEL CLIENTE:** CA-05  
**Descripción del punto de muestreo / Estación de muestreo / Observaciones de Campo (\*\*):** ovalo Salda Cuzco  
**DATOS DEL MUESTREO:** Si el servicio es realizado por el cliente, registrar la información de campo en el siguiente recuadro:  
**GEOREFERENCIA (UTM) (Sistema, Zona y Banda):** N: 8258106 E: 0378312  
**ALTITUD (m.s.n.m.):** 3851  
**TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO:** 17.2  
**PRESIÓN AMBIENTAL PROMEDIO (mbar):** 645.1  
**RECIBIDO 18 NOV 2015 RECEPCION DE MUESTRAS SAG**

**Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del Muestreo:** Oscar Valera T. José Yucra R.  
**Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del Supervisor de Campo:** Ali Mayal Hancock Vilavila  
**Firma(s):** [Firma Oscar Valera T. José Yucra R.] [Firma Ali Mayal Hancock Vilavila]  
**Realizar un check para diferenciar el tipo de muestra de bajo volumen. (\*\*) Declaración de Observaciones por el Analista de Campo.**  
**Recibido en laboratorio por:** [Firma] **Día / Hora:** 10h pm

## **Anexo 14: Plano de Concentración de PM<sub>10</sub>**

MAPA 04: CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MENORES O IGUALES A 10  
MICROMETROS - JULIACA

## **Anexo 15: Diseño Experimental**

Descriptivos

Tabla 22: Concentración de material particulado 10pm

ZONAS	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Zona Sur-Este		49.900	16.7036	9.6438	8.406	91.394	33.4	66.8
Zona - Centro	3	56.733	40.2773	23.2541	-43.321	156.788	29.5	103.0
Zona - Oeste	3	25.900	19.2780	11.1301	-21.989	73.789	7.7	46.1
Total	9	44.178	27.6569	9.2190	22.919	65.437	7.7	103.0

Tabla 23: Análisis de Varianza de Concentración de PM10

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Calculada	F tabulada	Sig.
Concentración de PM10	1573.389	2	786.694	1.038	0.326	**
Error Experimental	4545.827	6	757.638			
Total	6119.216	8				

$$CV = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{x}} \times 100$$

**C.V= 62.60 %**

Según a la ANVA para DCA, la concentración de material particulado de 10 micrómetros en las zonas monitoreadas tienen una estadística significativa, porque la F calculada es 1.038 supera a la F tabulada al 0.05 (0.32), lo cual nos indica que en las zonas de oeste, centro y sur este, las concentraciones del material particulado son diferentes debido a actividades antropogénicas (flujo vehicular) y calles no pavimentadas. La Coeficiente de Variabilidad es igual 62.60 %, lo cual nos indica que las concentraciones en microgramos por metro cúbico están muy dispersos por puntos de monitoreo, por lo cual se corrobora con el coeficiente de variabilidad de 55.41 % obtenido del autor Phocco (2014). Realizado en el estudio de concentración de material particulado de la ciudad de Puno.



Tabla 24: Prueba de Tukey

(I) ZONAS	(J) ZONA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	50% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Zona Sur-Este	Zona - Centro	-6.8333	22.4742	.951	-33.603	19.936
	Zona - Oeste	24.0000	22.4742	.566	-2.769	50.769
Zona - Centro	Zona Sur-Este	6.8333	22.4742	.951	-19.936	33.603
	Zona - Oeste	30.8333*	22.4742	.411	4.064	57.603
Zona - Oeste	Zona Sur-Este	-24.0000	22.4742	.566	-50.769	2.769
	Zona - Centro	-30.8333*	22.4742	.411	-57.603	-4.064

Según a la prueba de tukey se observa que nivel de significancia es mayor al 5 % en todas las zonas de monitoreo por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir que si existe una diferencia estadística altamente significativa (\*\*).

**Gráficos de Medias**

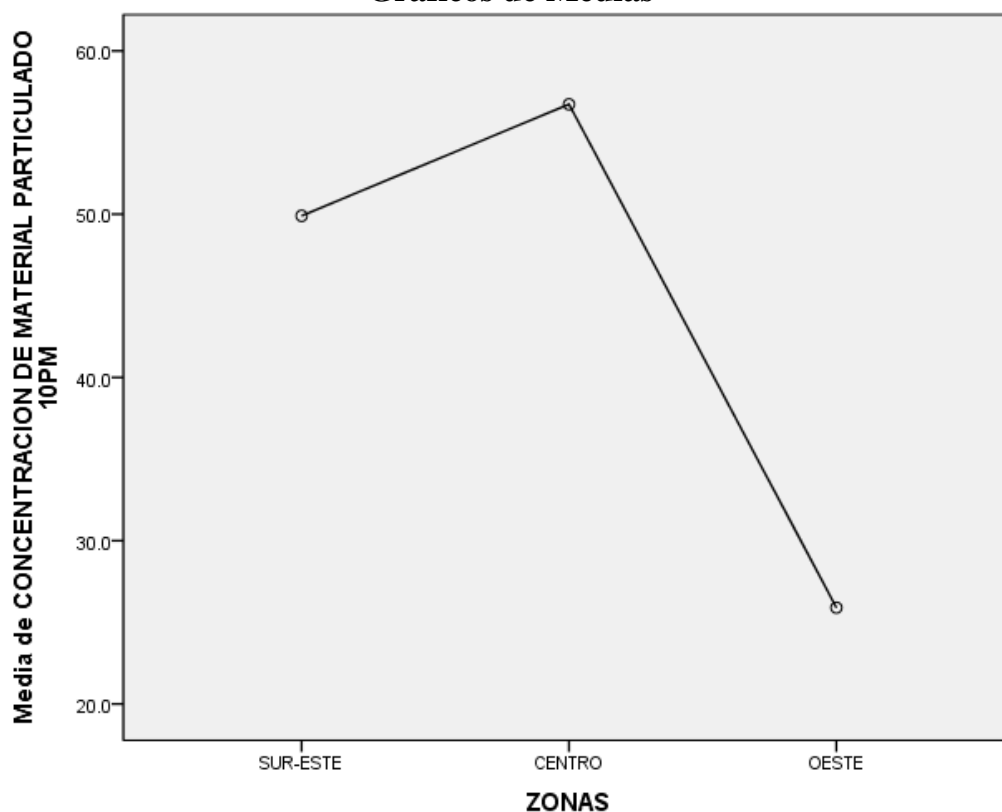


Figura 38 : gráficos de medias

## **Anexo 16: Plano de Uso Actual de Areas Verdes**

PLANO 05: USO ACTUAL DE ÁREAS VERDES DE LA CIUDAD DE JULIACA

# **Anexo 17: Uso actual de áreas verdes en las tres zonas**

**ZONA OESTE**

Salida Lampa – Ladrillera (CA-02)



**Corredor vial Salida Lampa**

-Pino y Ciprés (Árbol)

**Parque Salida Lampa**

-Rye grass (Pasto)

Figura 39: Áreas verdes en la zona oeste de la ciudad de Juliaca.

Urb. Santa Adriana – Aeropuerto(CA-03)



**Av. Aviación**

-Pino, Ciprés (Árbol) y Rye grass (Pasto)

Figura 40: Áreas verdes en la zona oeste de la ciudad de Juliaca.

Cerrito Pocracasi – Salida Cusco (CA-04)



**Av. Salida Cusco**

-Flores

Figura 41: Áreas verdes en la zona oeste de la ciudad de Juliaca.

**ZONA CENTRO**

Salida Arequipa (CA-01)



Salida Arequipa y Parque recreativo

-Pino, Ciprés (Árbol)

Figura 42: Áreas verdes en la zona centro de la ciudad de Juliaca.

Óvalo – Salida Cusco (CA-05)



Parque invadidas por lo negociantes ambulantes

Plantas y Flores en completo abandono

Figura 43: Áreas verdes en la zona centro de la ciudad de Juliaca.

Plaza Bolognesi (CA-09)



Poda de Ceticio

Áreas verdes con vegetación y letrero

Figura 44: Áreas verdes en la zona centro de la ciudad de Juliaca.

**ZONA SUR ESTE**

Salida Huancané (CA-06)



Parque en completo abandono

Ceticio y Rye grass

Figura 45: Áreas verdes en la zona sur este de la ciudad de Juliaca.

Salida Coata (CA-07)



Parque falta de mantenimiento

Av. Salida Coata falta de áreas verdes

Figura 46: Áreas verdes en la zona sur este de la ciudad de Juliaca.



Salida Puno – Zona Industrial Taparachi (CA-08)



Av. Tacna

-Ceticio (Arbusto)

Salida Puno - corredor vial

-Ceticio (Arbusto)

Figura 47: Áreas verdes en la zona sur este de la ciudad de Juliaca.

## **Anexo 18: Plano de Uso Potencial de Areas Verdes**

MAPA 06: USO POTENCIAL DE ÁREAS VERDES EN LA CIUDAD DE JULIACA

## **Anexo 19: Panel Fotográfico**

PRIMERA ETAPA DE EJECUCIÓN



Figura 50: Localización de focos de contaminación (5 a 6:00 am.)

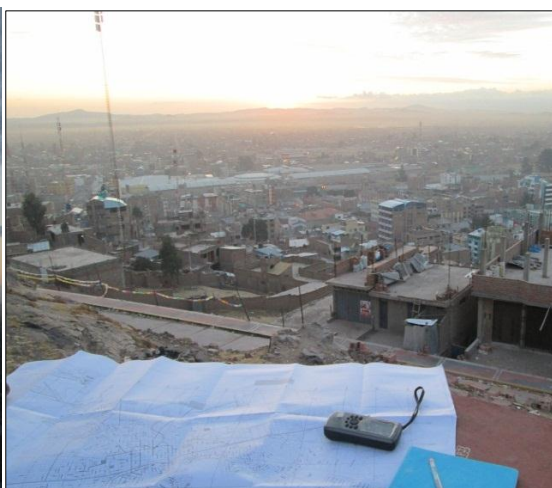


Figura 49 : Ubicación de puntos de monitoreo (9 estaciones)

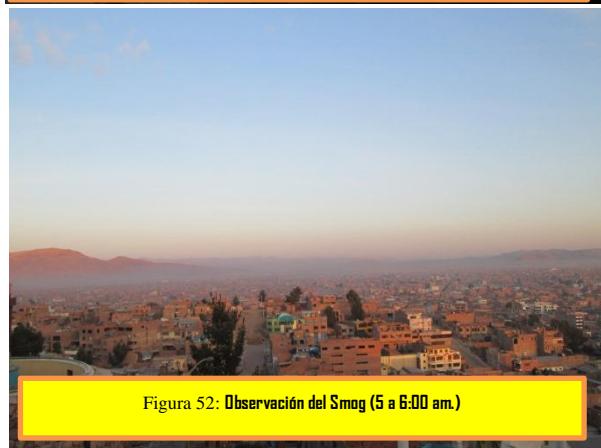


Figura 52: Observación del Smog (5 a 6:00 am.)



Figura 48: Observación de humo por quemas

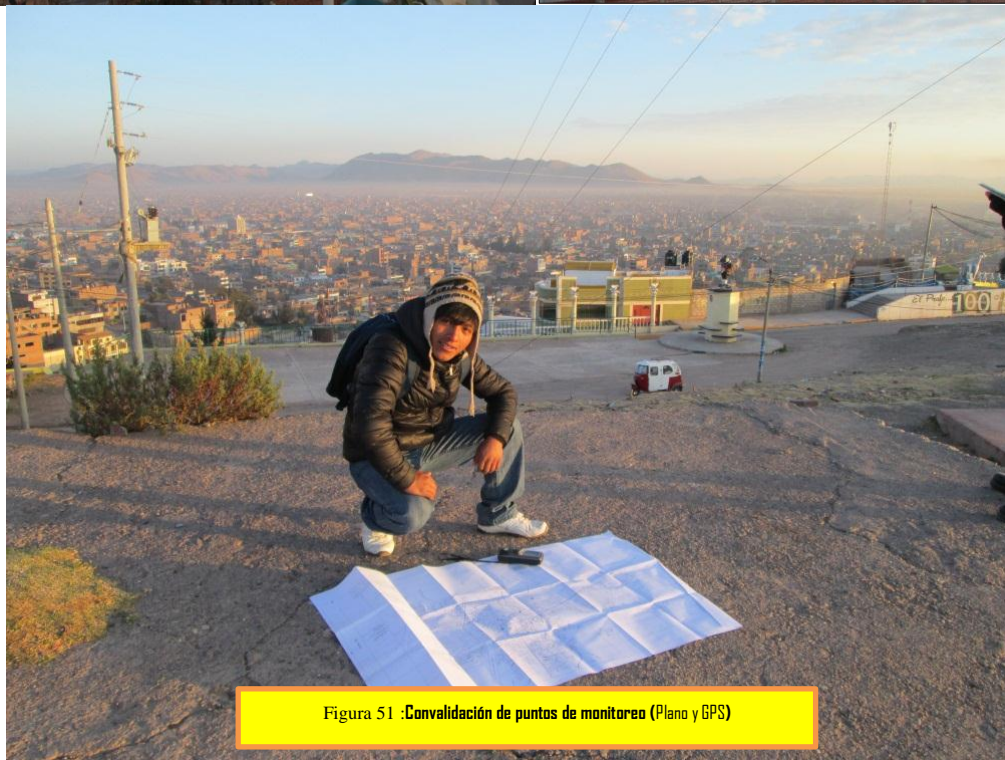


Figura 51 :Convalidación de puntos de monitoreo (Plano y GPS)

**MATERIALES Y EQUIPOS**



SEGUNDA ETAPA DE EJECUCIÓN



Figura 68 : Instalación del equipo HI - VOL



Figura 67 : Instalación de filtro de microfibras de cuarzo

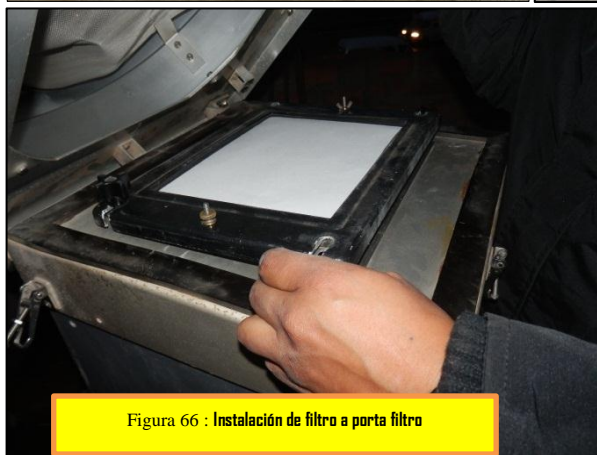


Figura 66 : Instalación de filtro a porta filtro



Figura 65 : Ajustes de llaves de porta filtro



Figura 64 : Registro de flujo por 24 horas

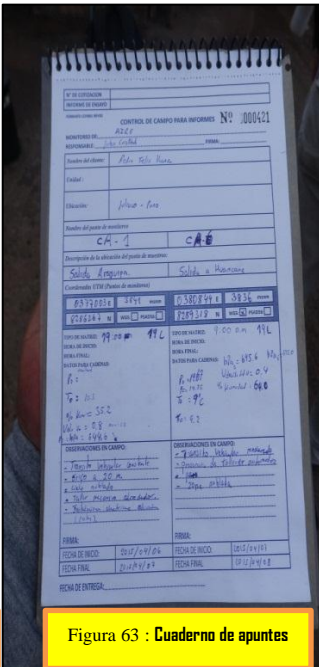


Figura 63 : Cuaderno de apuntes



Figura 62 : Vigilancia de monitoreo



Figura 76 : Instalación de filtro de microfibra de cuarzo



Figura 75 : Zona de monitoreo



Figura 74 : Registro de estación en pizarra



Figura 73 : Medición de parámetros meteorológicos



Figura 72 : Monitoreo estación O1 (Salida Arequipa)



Figura 71 : Monitoreo estación O1



Figura 70 : Monitoreo estación O2 (Salida Lampa)



Figura 69 : Vigilancia monitoreo de noche



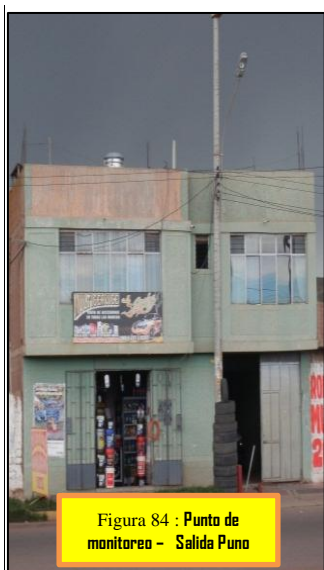


Figura 84 : Punto de monitoreo - Salda Puno



Figura 83 : Zona de monitoreo



Figura 82 : Monitoreo estación 05 (Óvalo Salida Cusco)



Figura 81 : Toma de lecturas (velocidad de viento y otras)



Figura 77 : Recolectión final del filtro después de 24 horas según las ECA de aire



Figura 80 : Filtro muestreada por 24 horas



Figura 79 : Guardado de la muestra



Figura 78 : Lacrado de la muestra

ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS

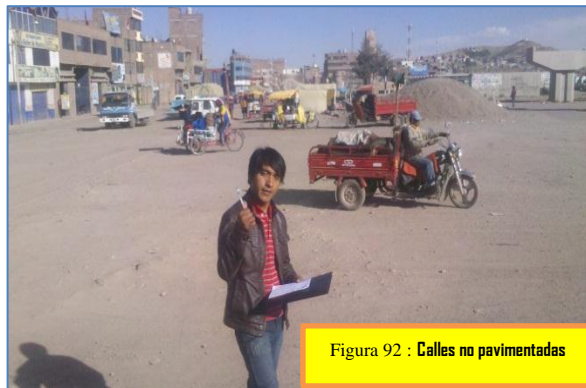


Figura 92 : Calles no pavimentadas



Figura 91 : Ladrillerías



Figura 89 : Flujo vehicular



Figura 90 : Alta flujo vehicular



Figura 87 : Lavado de autos



Figura 88 : Mantículo de tierras en las avenidas



Figura 86 : Levantamiento de polvo (calles no pavimentadas)



Figura 85 : Restaurantes y pollerías

ÁREAS VERDES



Figura 98 : Áreas verdes sin rejas de protección



Figura 97 : Áreas verdes en estado de abandono



Figura 96 : Áreas verdes - Plaza Bolognesi



Figura 95 : Forestación de corredores o avenidas



Figura 94 : Áreas verdes Av. Tacna



Figura 93 : Parques y jardines susceptibles a la erosión eólica



Figura 101 : Áreas verdes - Salida Puno



Figura 99 : Áreas verdes - Plaza Grau



Figura 100 : Áreas verdes con