



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**“INFLUENCIA DE LA QUEMA DE BIOMASA DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA
CONCENTRACIÓN DE PM_{2.5} EN EL AIRE DE LA ZONA URBANA DE
LAREDO”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR

VILLALOBOS CABRERA, MANUEL HIROAKI

ASESOR

MSc. Germán Luis Huerta Chombo

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

TRUJILLO – PERÚ

2017

JURADO EVALUADOR

Dr. MEDARDO ALBERTO QUEZADA ALVAREZ
PRESIDENTE

MSc. German Luis Huerta Chombo
SECRETARIO

Dr. José Félix Rivero Méndez
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida, por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida. A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. A mi pequeña hermana que es el motor y motivo para dar todo de mí en esta investigación. Y por último a mis docentes que con su apoyo y sabiduría que me transmitieron en mi formación profesional.

Manuel Hiroaki Villalobos Cabrera

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con demostración de coraje me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre ser perseverante.

A mi padre por sus consejos los cuales me han ayudado a afrontar los retos que se han presentado a lo largo de mi vida.

Al Ing. Rony Salaverry por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma

Al Ms. Misael Valderrama por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Finalmente al Msc. Germán Huerta y Dr. Alberto Quezada porque con cada una de sus valiosas aportaciones hicieron posible el planteamiento y desarrollo de este proyecto.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, VILLALOBOS CABRERA, MANUEL HIROAKI con DNI N° 72480697, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Diciembre del 2017

VILLALOBOS CABRERA, MANUEL HIROAKI

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada **“INFLUENCIA DE LA QUEMA DE BIOMASA DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA CONCENTRACIÓN DE PM_{2.5} EN EL AIRE DE LA ZONA URBANA DE LAREDO”**, la misma que someto a su consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental, la presente contiene lo siguiente:

En el primer capítulo se menciona la introducción, que redacta; la realidad problemática en los tres enfoques: mundial, nacional y local; posterior a ello los trabajos previos que redactan la información requerida para contrarrestar los resultados de la presente tesis, las teorías relacionadas al tema para complementar la investigación, se formuló el problema, justificando el estudio, ya que la materia orgánica procedente principalmente de las aguas negras viene hacer una problemática muy común en el medio ambiente; luego de ello se habló sobre la importancia y las características que tiene realizar esta investigación para poder determinar los niveles de concentración a los que puede estar expuesta la población.

En los siguientes capítulos se explica el método utilizado, los análisis elaborados, la población, muestra, y los resultados de los mismos.

Como objetivo y solución de la presente tesis se concluye que la quema de biomasa de las plantaciones de caña de azúcar en los alrededores del distrito de Laredo si influyen en el incremento de manera moderada del PM_{2.5}, aun cuando no supere los parámetros ambientales para el aire por los ECAS del D.S 003-2017- MINAM, los análisis estadísticos así lo demostraron.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad Problemática	10
1.2. TRABAJOS PREVIOS	11
1.3. Teorías relacionadas al tema	13
1.3.1. Marco Teórico	13
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	20
1.6. HIPÓTESIS	20
1.7. OBJETIVOS	20
1.7.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.7.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	21
II. MÉTODO	21
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	21
Diseño experimental unifactorial con medidas repetidas.....	21
2.2.3 Operacionalización de las variables	23
Tabla 2: Operacionalización de las Variables	23
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	25
2.3.1. POBLACIÓN	25
2.3.2. MUESTRA	25
2.3.3. Unidad de Análisis	25
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	26
2.4.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	26
2.5. CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	27
MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	27
2.7. ASPECTOS ÉTICOS	27
VIII. ANEXOS	44

ABSTRACT

In the present thesis entitled "**INFLUENCE OF BIOMASS BURN FROM SUGAR CANE IN THE CONCENTRATION OF PM_{2.5} IN THE AIR OF THE URBAN AREA OF LAREDO**", the concentration of particulate material 2.5 was measured, for which the variables: Concentration of PM_{2.5} and Amount of Burned Biomass The study was of descriptive and applicative type with a quantitative approach, being also of factorial design, with three levels. We worked with six monitoring points randomly distributed in the urban area of the Laredo district, during a 4-month loss.

KEYWORDS:

Particulate material, biomass, monitoring points.

RESUMEN

En la presente tesis titulada **“INFLUENCIA DE LA QUEMA DE BIOMASA DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA CONCENTRACIÓN DE PM_{2.5} EN EL AIRE DE LA ZONA URBANA DE LAREDO”**, se midió la concentración de material particulado 2.5, para lo cual se tuvo presente las variables: Concentración de PM_{2.5} y Cantidad de Biomasa quemada El estudio fue de tipo aplicativo y descriptivo con un enfoque cuantitativo, siendo también de diseño factorial, con tres niveles. Se trabajó con 6 puntos de monitoreo distribuidos aleatoriamente en la zona urbana del distrito de Laredo, durante un período de 4 meses.

PALABRAS CLAVE:

Material Particulado, biomasa, puntos de monitoreo.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La Industria a nivel mundial ha sido y es de gran importancia como actividad económica, ya que genera muchos puestos de trabajo y recursos que la sociedad necesita para su subsistencia. Sin embargo, la parte negativa de esta actividad es la cantidad de contaminantes que se generan, que van deteriorando nuestros recursos naturales y por consiguiente nuestra salud. El Perú no es ajeno a esta realidad, actividades económicas como la agroindustria y la minería ha ido creciendo de forma notoria en los últimos años generando muchos problemas ambientales que han desembocado en conflictos socioambientales debido a que la población se muestra preocupada por su salud y por la sostenibilidad de la sociedad como tal, preservando los recursos naturales para las futuras generaciones.

En la Provincia de Trujillo una de las actividades económicas más importantes es sin duda la agroindustria azucarera, por ello es muy notorio ver a lo largo de su territorio, con sembríos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). La empresa Agroindustrial Laredo es una de las empresas líderes en la producción de azúcar; sin embargo; dentro de sus métodos de cosecha de la caña utilizan la quema de la biomasa en los campos de cultivo, generando una gran cantidad de material particulado PM 10, PM 2.5 y PST en forma de ceniza que se disipa por todo el Distrito de Laredo por la acción de viento perjudicando a la calidad de vida de los habitantes del área urbana de este distrito

Además de ello se libera una gran cantidad de carbono que ha sido capturado por biomasa perteneciente a la caña de azúcar generando

una gran cantidad de polutos que generan una serie de enfermedades respiratorias en las poblaciones aledañas.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Según la OMS (2013) el recurso aire, al igual que otros recursos se ha visto mermado en su calidad por la contaminación generada por el hombre y por la aportación natural que emiten algunos agentes naturales.

El aire de la atmosfera tiene una composición natural de diversos gases de los cuales se puede destacar la presencia de nitrógeno (78%), seguido por el oxígeno (21%) y gases como el argón (0.9%) y dióxido de carbono (0.03%) y otros. Es también muy importante mencionar que además de todos estos gases, existen diversas partículas que también forman parte de su composición.

Por otro lado MORALES (2011) en su investigación **“Impacto Ambiental de la Actividad Azucarera y Estrategias de Mitigación en la ciudad de Veracruz, México”** está referido a la quema de biomasa para facilitar la visibilidad a la hora de cortar la caña, evitando el deshoje manual y por lo tanto reduce la mano de obra campesina, donde estas prácticas están teniendo graves consecuencias tanto ambientales como para la salud y la concentración de los contaminantes del aire principalmente Material Particulado de 10 micrones y menores a 2.5 además de los gases CO, SOX y NOX era mayor en zonas en donde la cantidad biomasa era abundante.

También CHANTRE (2015) en su artículo **“Problemática SocioAmbiental: Por la Quema de Caña de Azucar en Jamundi Valle”** dice que la quema de caña de azúcar es una de las prácticas agrícolas más perjudiciales para Colombia dividiéndose en dimensiones, con lo que respecta a lo social, la quema de biomasa

está causando perjuicios en la salud de la población más cercana y pobre ocasionando afecciones respiratorias y visuales, en lo ambiental el alto costo que paga esta actividad en Colombia se debe al uso intensivo del recurso hídrico, aire, tierra y biodiversidad y en lo económico es que el 80% de pequeños y medianos productores de Colombia representan el cultivo y/o cosecha de caña de azúcar.

Al igual VASQUEZ (2012) EN SU INVESTIGACIÓN **“Estudio y análisis sobre el Impacto Ambiental en Industrias de Caña de Azúcar en Perú”** dio a conocer que el principal impacto previsible identificado fue el impacto sobre la calidad del aire por la presencia de material particulado, ocasionado al momento de la quema de caña de azúcar. Se evaluaron los contaminantes atmosféricos, partículas suspendidas menores a 10 micrones (PM10) y menores a 2.5 micrones (PM 2.5), y las concentraciones de los gases CO, SOX y NOX, en dos puntos uno a barlovento y otra a sotavento, los cuales se encontraban por debajo de los estándares de calidad del aire, pero existiendo una diferencia entre las estaciones medidas, notándose así que las actividades antropogénicas antes mencionadas producen modificaciones a las condiciones normales del aire.

También López (2010), en su investigación denominada **“Evaluación de los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Laredo, emitidos por la empresa Agroindustrial Laredo el año 2010”** se monitoreó la calidad del aire utilizando cuatro estaciones ubicadas en las zonas de mayor sensibilidad según una evaluación previa de los aspectos meteorológicos. Se midieron parámetros de concentraciones de PM2.5 y PM10, SO2, CO, NOx. En dicho estudio, se determinó que los parámetros de PM10 se encontraban por encima de los valores permitidos, de la misma manera las concentraciones de los otros parámetros medidos aumentaban en las cercanías de la fábrica en momentos de condiciones climáticas no favorables a la dispersión. Cabe resaltar que este estudio se realizó antes de la implementación del PAMA.

A su vez VALVERDE (2014) en su investigación **“Influencia de los niveles de contaminación producido por la quema de biomasa en la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de Laredo, Trujillo”** profundiza en la constante contaminación a la que se encuentran expuestos los habitantes de Laredo, ya que esto afecta a su calidad de vida en todas sus dimensiones como el bienestar emocional, material y físico. Se logró identificar el nivel de incumplimiento de la Agroindustrial Laredo de normas industriales, las dimensiones medioambientales afectadas por la contaminación, la afectación a la rutina diaria e analizar cómo se ha visto perjudicada la salud de los habitantes de Laredo.

El cálculo de biomasa es realizado a través de una serie de fórmulas establecidas en una metodología, la cual fue vista en el artículo de investigación elaborado por ZUMALACÁRREGUI (2008), denominado **“Cálculo del beneficio ambiental de la caña de azúcar para la producción de etanol combustible”**

El objetivo del presente trabajo fue de analizar diferentes metodologías existentes para determinar la biomasa-C de especies forestales de diversos ecosistemas. Se realizó una revisión documental actualizada a 2014 de los principales estudios realizados en México y otros países. Se identificaron las metodologías para la estimación de biomasa-C más utilizadas se clasifican en: método indirecto (estimación por ecuaciones alométricas, factores de expansión de biomasa-C y mediante imágenes satelitales) y método directo (pesando y obteniendo submuestras). Por la diversidad de especies y condiciones del sitio que presentan los ecosistemas forestales es recomendable utilizar el método directo, por su precisión y trabajo en campo, el cual se mejora al incluir los compartimientos del árbol (ramas, follaje, raíz, tronco) y del sitio (suelo, mantillo, necromasa, herbáceas y arbustos).

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Marco Teórico

1.3.1.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Distrito de Laredo es el uno de los once distritos de la Provincia de Trujillo, la cual se encuentra ubicada en el Departamento de la La Libertad, su ubicación natural es la región costa y forma parte de la cuenca baja del río Moche.

Fotografía 1: Mapa Satelital del Distrito De Laredo



Fuente: Google Maps

1.3.1.2. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AIRE

Son valores que no representan riesgo significativo el ambiente ni para la salud de las personas, estando dentro del concepto de valor guía de la calidad del aire, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2013), se refiere al valor de la concentración de los contaminantes en el aire por debajo del cual la exposición no representa un riesgo significativo para la salud (D.S. N° 003-2008 – MINAM)

1.3.1.3. MATERIAL PARTICULADO

Se le llama material particulado a la mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias inorgánicas y orgánicas, que están suspendidas en el aire. Éste, forma parte de la

contaminación del aire. Su composición es muy diversa y entre sus principales componentes tenemos: amoníaco, sulfatos, polvo de minerales, el carbón, el cloruro sódico, nitratos, cenizas metálicas y agua. Dichas partículas además producen reacciones químicas en el aire.

Se clasifican en función de su tamaño y, en el ámbito de la calidad del aire, hablamos de partículas PM 10, las de mayor tamaño, cuyo diámetro aerodinámico teórico sería de 10 μm (micrones de metro = millonésima parte del metro) y las partículas finas (PM 2.5) cuyo diámetro sería de 2.5 μm . (OMS, 2013).

1.3.1.4. MÉTODO DE MUESTREO Y DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM 2.5)

De acuerdo con la NTP 900.0030, un muestreador de bajo volumen aspira aire del ambiente a flujo entre 1.02 a 1.24 m^3/min dentro de un orificio de forma especial donde el material particulado respirable es separado inercialmente con una eficiencia de 50% en fracciones que incluyen el tamaño PM10 o PM 2.5 de acuerdo al cabezal de corte. La muestra es luego colectada en un filtro pre – acondicionado y de material específico, durante un periodo de muestreo de 24 horas. Luego de estabilizar la humedad, el filtro es pesado y su ganancia es dividida entre el volumen de aire totalizado y corregido a 1013 kPa y 25° C. Se reporta en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (DIGESA, 2005).

1.3.1.5. MUESTREADOR DE BAJO VOLUMEN (LOW-VOL)

Instrumento recomendado por Agencia de Protección (EPA) para la medición partículas según los estándares de calidad de aire. Exactitud del flujo mayor a un 99%. Capacidad de conectar un microprocesador que permite la calibración automática, rápida y exacta, con la menor interacción del usuario, utilizando un orificio. El microprocesador permite el almacenamiento continuo de datos (temperatura promedio,

mínima, máxima, presión barométrica, tasa de flujo y flujo total), ajuste de flujo para condiciones ambientales o estándares (EPA, 2007).

1.3.1.6. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Es definida como el cociente entre la acción de una fuerza sobre la unidad de una superficie, por lo tanto, la presión es numéricamente igual al peso de una columna de aire que tiene como base la unidad de superficie y como altura de la atmósfera. (SENAMHI 2016)

1.3.2. Marco Conceptual

1.3.2.1. MATERIAL PARTICULADO (PM 2.5).

El material particulado respirable presente en la atmósfera de nuestras ciudades en forma sólida o líquida lo constituyen aquellas partículas de diámetro aerodinámico inferior o igual a los 2.5 micrómetros (2.5um)

En el caso de las PM2.5, su origen está principalmente en fuentes de carácter antropogénico como las emisiones de los vehículos diésel, quema de biomasa de caña de azúcar, erupciones volcánicas, incineraciones no depuradas, etc.

1.3.2.2. MATERIAL PARTICULADO EN LA SALUD.

El aspecto del tamaño de las partículas es de sumo interés para entender su movilidad y sus perjuicios a la salud. La clasificación en base al tamaño se ha dividido en dos grupos principales: las grandes, o fracción gruesa, señaladas como PM10 cuyo tamaño está entre los 2.5 -10 micrómetros; y las pequeñas, fracción fina, PM2.5 menores a los 2.5 micrómetros. Al inhalar se introduce aire a los pulmones, si en el aire hay partículas éstas entrarán directamente al sistema respiratorio a pesar de que el cuerpo

humano cuenta con diversos mecanismos de protección natural a largo del sistema respiratorio. Un ambiente contaminado va minando paulatinamente estas defensas, sobretodo es de considerar que en promedio un adulto inhala entre 10,000 y 12,000 litros de aire. Ya en el interior del cuerpo, las partículas se adhieren a las paredes de las vías respiratorias y algunas llegan a alojarse en el interior de las paredes de los pulmones. Mientras mayor sea la penetración de las partículas en el aparato respiratorio, tanto en el aspecto cuantitativo como cualitativo, los perjuicios serán mayores debido a que el organismo carece de suficientes mecanismos de eliminación de estos contaminantes, sobre todo cuando la permanencia en ambientes contaminados es constante. En base a lo anterior, las enfermedades de tipo respiratorio se incrementan notablemente en la población expuesta de manera persistente a la presencia de este factor contaminante. (OMS, 2013).

1.3.2.3. TIEMPO DE MUESTREO.

El periodo de muestreo es el tiempo de toma de muestra de una lectura individual y corresponde al periodo en que se lleva a cabo la determinación de concentraciones de los contaminantes. Se recomienda que para los periodos de muestreo se midan concentraciones promedio de 24 horas, se realice el monitoreo anual para determinar las variaciones estacionales y los promedios anuales, se lleven a cabo muestreos diarios si se necesitan realizar comparaciones significativas a corto plazo o si las concentraciones a 24 horas serán cuantificadas confiablemente y que se realicen monitoreos con resolución horaria únicamente cuando existan condiciones de episodio de contaminación. (DIGESA 2005).

1.3.2.4. BIOMASA DE CAÑA DE AZÚCAR

La biomasa de caña de azúcar se considera como la materia orgánica originada en un proceso biológico. Es la biomasa vegetal que consta de materia orgánica total presente en los campos de cultivo de caña de azúcar. Este recurso deriva principalmente de la cosecha de la materia prima (RENOVETEC 2013)

1.3.2.5. TEMPERATURA.

La Temperatura está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con la materia. Cuando tocamos un cuerpo que está a menos temperatura que el nuestro sentimos una sensación de frío, y al revés de calor. Cuando dos cuerpos, que no coinciden en temperatura se están juntos se produce una transferencia de energía, en forma de calor, esto pasa hasta que las temperaturas se igualan. Por lo tanto, la temperatura es un indicador de la dirección que toma la energía en su tránsito de unos cuerpos a otros. La temperatura ideal para realizar un monitoreo de aire es de 25°C (SENAMHI 2016).

1.3.2.6. VELOCIDAD DEL VIENTO.

La velocidad es baja cuando está cerca al suelo y así va aumentando rápidamente con la altura. Cuanto más accidentada sea la superficie del terreno, más frenará ésta al viento. Por eso pierde velocidad en las depresiones terrestres y más sobre las colinas. Sin embargo, el viento sopla con más fuerza sobre el mar que en la tierra.

Existen rangos para medir la velocidad que son los siguientes:

- | | |
|----------------|-------------|
| ✓ 0 – 2 km/h | “Tranquilo” |
| ✓ 2 – 12 km/h | “Suave” |
| ✓ 13 – 29 km/h | “Moderado” |

✓ 30 – 39 km/h	“Vivo”
✓ 40 a 61 km/h	“Fuerte”
✓ 62 a 87 km/h	“Muy Fuerte”
✓ 88 – 116 km/h	“Masivo”
✓ 117 > km/h	“Huracanes”

(SENAMHI 2016)

1.3.2.7. DIRECCIÓN DEL VIENTO

Los vientos van en relación con las direcciones en que soplan. De eso derivan los vientos del Oeste, vientos del Este, vientos del Nordeste, etc.

La dirección del viento depende de la distribución y evolución de los centros isobáricos; se desplaza de los centros de alta presión (anticiclones) y su fuerza es tanto mayor cuanto mayor es el gradiente de presiones. (SENAMHI 2016)

1.3.2.8. ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA

El grado de estabilidad atmosférica se determina a partir de la diferencia de temperatura entre una porción de aire y el aire circundante. Este contraste puede causar el movimiento vertical de la porción (esto es, su elevación o caída). Este movimiento se caracteriza por cuatro condiciones básicas que describen la estabilidad general de la atmósfera. En condiciones estables, el movimiento vertical se inhibe, mientras que en condiciones inestables la porción de aire tiende a moverse continuamente hacia arriba o hacia abajo. Las condiciones neutrales no propician ni inhiben el movimiento del aire después del gradiente de calentamiento o enfriamiento adiabático. Cuando las condiciones son extremadamente estables, el aire frío cercano a la superficie es "entrampado" por una capa de aire cálido sobre este. Esta condición, denominada inversión, prácticamente impide la circulación vertical del aire. Estas condiciones están

directamente relacionadas con las concentraciones de contaminantes en el aire ambiental. (SENAMHI 2016)

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera influye la quema de biomasa de caña de azúcar en la concentración de $PM_{2.5}$ presente en el aire del área urbana del Distrito de Laredo?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Este trabajo se realizó con el objeto de conocer la concentración de $PM_{2.5}$ en el área urbana de Laredo, como afecta la quema de biomasa de los campos de producción de caña de azúcar en el entorno del distrito de Laredo, el cual perjudica de manera negativa en la calidad de aire del sector urbano, pudiendo ocasionar daños en la salud y calidad de vida de sus habitantes. Esta información obtenida puede ser de gran importancia para la implementación de medidas de mitigación y control que permitan mejorar una posible situación negativa.

1.6. HIPÓTESIS

H_1 : “La quema de biomasa de caña de azúcar influye en la concentración de $PM_{2.5}$ en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) presente en el aire del área urbana de Laredo”

H_0 : “La quema de biomasa de caña de azúcar no influye en la concentración de $PM_{2.5}$ en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) presente en el aire de la zona urbana de Laredo”

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la quema de la biomasa de caña de azúcar en la concentración de $PM_{2.5}$ del aire en el área urbana del distrito de Laredo .

1.7.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Estimar la extensión y cantidad de biomasa de caña de azúcar quemada en los campos de cultivos circundantes al distrito de Laredo
- Medir los niveles de concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de material particulado PM 2.5 antes y después a los periodos de quema de biomasa.
- Realizar una comparación de los datos cuantitativos obtenidos con respecto a la concentración de material particulado PM_{2.5} con los Estándares de Calidad Ambiental de nuestro país para áreas urbanas.

II. MÉTODO

Para el presente estudio se consideró el método de la NTP 900.030-2003, se utilizó un equipo de muestreo de alto volumen aspira aire del ambiente a través de un orificio de forma especial donde el material particulado es separado de forma inercial en fracciones que incluyen el PM₁₀ y el PM_{2.5}. La muestra se colecta en un filtro pesado previamente y de material de cuarzo, para un período de 24 horas. Después de estabilizar la humedad en el equipo el cual lo hace de manera automática haciendo uso de la psicometría, el filtro es pesado y su ganancia de peso es dividida entre el volumen total de aire aspirado, luego es corregido según la presión y temperatura a la cual se trabajó el día de monitoreo.

Cabe indicar que la corrección de flujo es calculada automáticamente por el equipo utilizado.

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño experimental unifactorial con medidas repetidas

Este diseño determina un factor para la contaminación del aire en el nivel de material particulado (PM_{2.5}).

$$M_i \xrightarrow{X_j} O_{ij}$$

Donde:

M_i: Cantidad de biomasa de caña de azúcar/ha.

X_j: Estimulo (Quema)

O_{ij}: Concentración PM_{2.5} (µg/m³) en el área urbana de Laredo

i: 1, 2, 3, 4, 5, 6 puntos de muestreo, antes, durante y después de la quema.

J: 1, 2, 3.

A continuación, se detalla la matriz de repeticiones por cada punto de muestreo de acuerdo a los meses de monitoreo realizado.

Tabla 1: Diseño de la investigación

Puntos Muestreo	Cordenadas UTM		Ubicacion	DSQ	DCQ	DdQ
	PM	Latitud		Longitud	Lugar	1
				Antes	Durante	Despues
1	- 8.092049	- 78.957193	Cajabamba	O ₁₁	O ₁₂	O ₁₃
2	- 8.090072	- 78.963702	Lambayeque	O ₂₁	O ₂₂	O ₂₃
3	- 8.084750	- 78.963810	Víctor Raúl	O ₃₁	O ₃₂	O ₃₃
4	- 8.081951	- 78.951674	Av. El Ángel	O ₄₁	O ₄₂	O ₄₃
5	- 8.091811	- 78.960837	Plaza principal	O ₅₁	O ₅₂	O ₅₃
6	- 8.089063	- 78.959381	Mercado de Laredo	O ₆₁	O ₆₂	O ₆₃

Fuente: Elaboración propia.

VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN.

Variable Dependiente (O_{ij}): Concentración de PM_{2.5}

Variable Independiente (M_i): Cantidad de Biomasa quemada.

2.2.3 Operacionalización de las variables

Tabla 2: Operacionalización de las Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
Independiente: Cantidad de biomasa quemada	La biomasa de caña de azúcar se considera como la materia orgánica originada en un proceso biológico. Las empresas agroindustriales que producen caña de azúcar utilizan como método de cosecha la quema, debido a que disminuye costos y genera una mayor cantidad de sacarosa, a la vez elimina rastrojos y demás residuos de campo pero al quemar se genera una serie de contaminantes como gases y cenizas	Se estimará la cantidad de biomasa quemada en las diferentes parcelas de cultivo de caña de azúcar, durante los meses de agosto, setiembre y octubre empleando el método de cálculo promedio de biomasa existente por hectárea.	Biomasa t/ha	Razón
Dependiente:	Son aquellas partículas de diámetro aerodinámico inferior o igual a los 2.5	Se determinará mediante la absorción de aire a través de un muestreador LOW-VOL para	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	

Concentración de PM _{2.5} (µg/m ³)	micrones	material particulado PM _{2.5} durante los meses de agosto, septiembre y octubre medidos en diferentes puntos del área urbana del distrito de Laredo.		Razón
---	----------	---	--	-------

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En el presente estudio se utilizó la observación directa de los hechos y medición, que es una técnica, en la cual, el investigador busca acopiar datos del fenómeno ocurrido sin manipular variables. Para la recolección de datos se utilizó, análisis de documentos, observación directa de los hechos, equipo de medición de material particulado Low-Vol KB 6120 Genstar, los cuales nos permitieron obtener datos confiables de la investigación.

Tabla 3: Instrumentos de recolección de datos.

TÉCNICA	INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
Low-Vol	KB 6120 (Genstar)
Peso de filtros	Balanza Analítica +- 0.0001 g.

Tabla 4: Técnicas de recolección de datos en base teórica

ETAPA	TECNICA	INSTTRUMENTO
Levantamiento de información	El Análisis de Documentos	de Análisis de Documentos
Análisis y ensayos en la parte experimental	Análisis experimental	Registro de Resultados
Interpretación y análisis	El Análisis de Documentos	de Análisis de Documentos

2.5. CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Tabla 5: Validación y Calibración de los Instrumentos.

INSTRUMENTO	CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN
Medición de PM_{2.5}	El equipo que se emplea en la medición de PM _{2.5} ha sido calibrado por la empresa ATMOSPHERE MONITORING acreditada por INACAL.
Balanza Analítica	La calibración de este equipo fue realizada por la empresa RELES acreditada por INACAL, esto fue realizado según la Norma Metrológica Peruana 003:2009.

MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante la prueba de normalidad, análisis de varianza, covarianza y prueba de efectos inter-sujetos en el que se determinó la existencia o no de una relación entre la biomasa quemada, velocidad del viento y el material particulado depositado en los puntos de muestreo con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

2.7. ASPECTOS ÉTICOS

Este trabajo se realizó con técnicas e instrumentos validados que servirán para la obtención de resultados que sean veraces, se respetará la propiedad intelectual de los autores que aportan con sus libros, tesis, artículos, etc. Para el desarrollo de esta investigación, durante toda la investigación se garantiza el cuidado y respeto por la biodiversidad y el ambiente, finalmente no se irá en contra de las convicciones políticas y morales.

III. : RESULTADOS:

Se considera una producción de 200.1 toneladas por hectárea de biomasa sin quemar y una pérdida de 18% de biomasa al momento de la quema. (Ver anexo 07).

Tabla 6: Cálculo de la Biomasa Quemada

MUESTRA	AREA QUEMADA	BIOMASA QUEMADA / DIA
PARCELA 1	129,730 m2 (12.973 Has.)	467.25Ton.
PARCELA 2	42,520 m2 (4.252 Has.)	153.16 Ton.
PARCELA 3	56,710 m2 (5.671 Has.)	204.25Ton.
PARCELA 4	42,104 m2 (4.210 Has.)	151.64 Ton.
PARCELA 5	58,250 m2 (5.825 Has.)	209.80 Ton.
PARCELA 6	53,790 m2 (5.379 Has.)	193.75 Ton.
Total	383,114 m2 (38.31 Has.)	1,379.85 Ton.

En la tabla 6 se ha calculado la cantidad de biomasa quemada considerando una producción de 200.1 toneladas/hectárea de biomasa total y el 18% solamente de biomasa quemada.

Tabla 7: Información obtenida luego del experimento.

Puntos Muestreo	Cordenadas UTM		Biomasa Quemada / dia	DSQ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	DCQ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	DdQ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Velocidad Viento DCQ
	MP	Latitud	Longitud	Toneladas	Antes	Durante	Despues
1	- 8.092049	- 78.957193	467.25	30	53	45	3.1
2	- 8.090072	- 78.963702	153.16	13	25	12	4.8
3	- 8.084750	- 78.963810	204.25	11	37	18	19.4
4	- 8.081951	- 78.951674	151.64	9	27	13	17.2
5	- 8.091811	- 78.960837	209.80	12	38	17	17.3
6	- 8.089063	- 78.959381	193.75	8	35	15	17.4
			1,379.85				

En la tabla 7, se observa en el punto de muestreo MP1 alta concentración el día de la quema, la baja velocidad del viento 3.1 km/h y la dirección del viento que corre de SO-NE.

Grafico 1. Comparación de material particulado durante los DSQ, DCQ y DdQ, en los diferentes puntos de muestreo

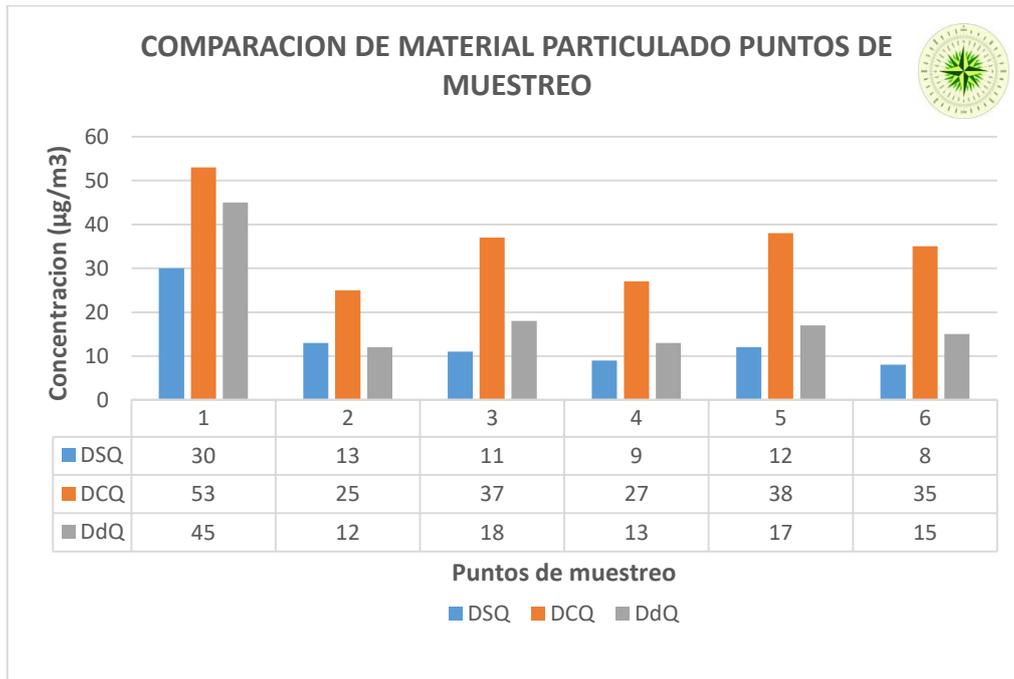
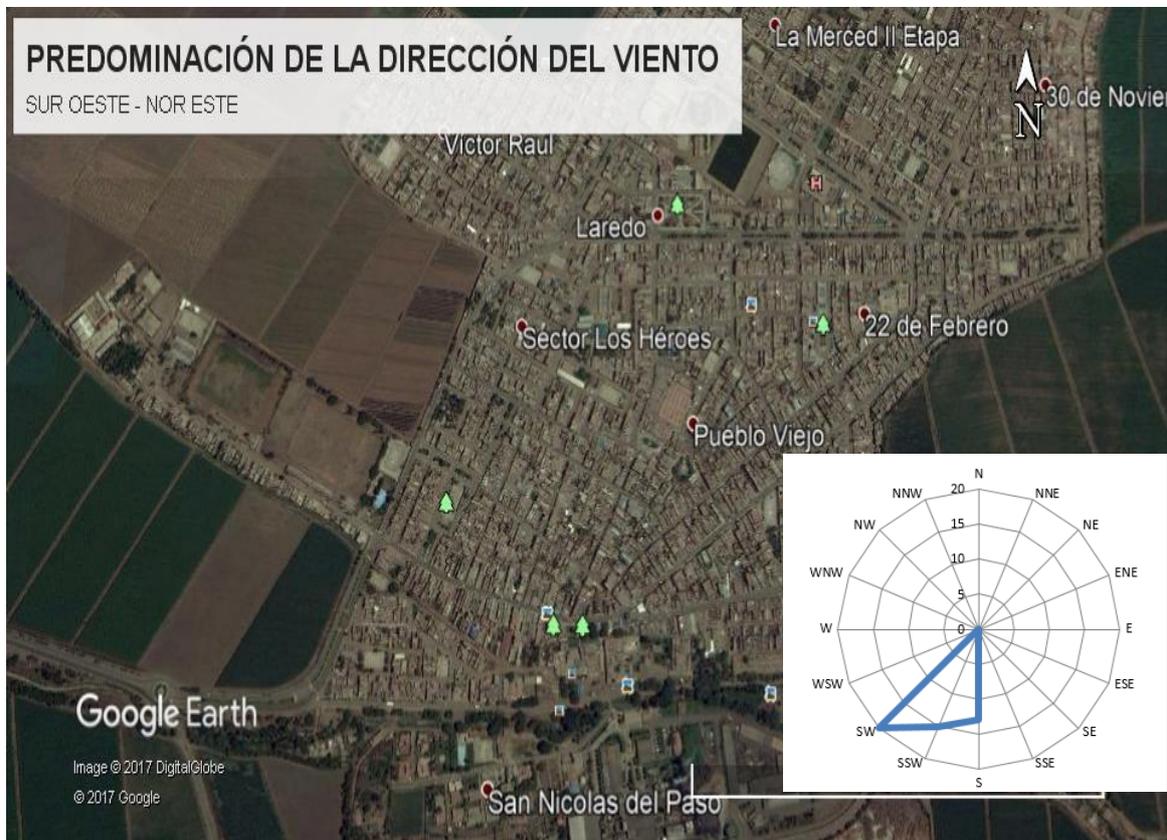


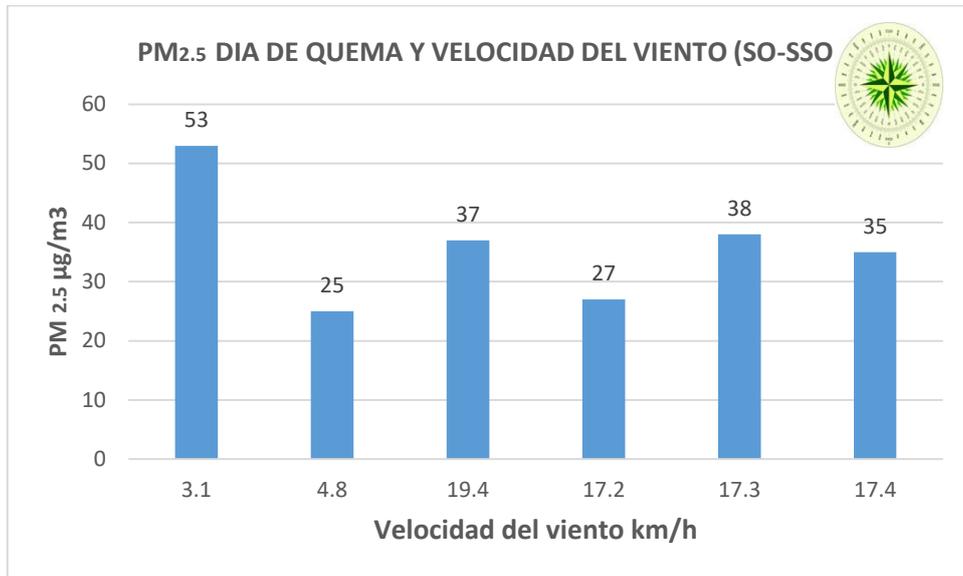
Grafico 1, muestra la comparación de material particulado en los diferentes puntos de muestreo, los días sin quema, con quema y después de la quema.

Figura 2. Dirección del viento en el distrito de Laredo



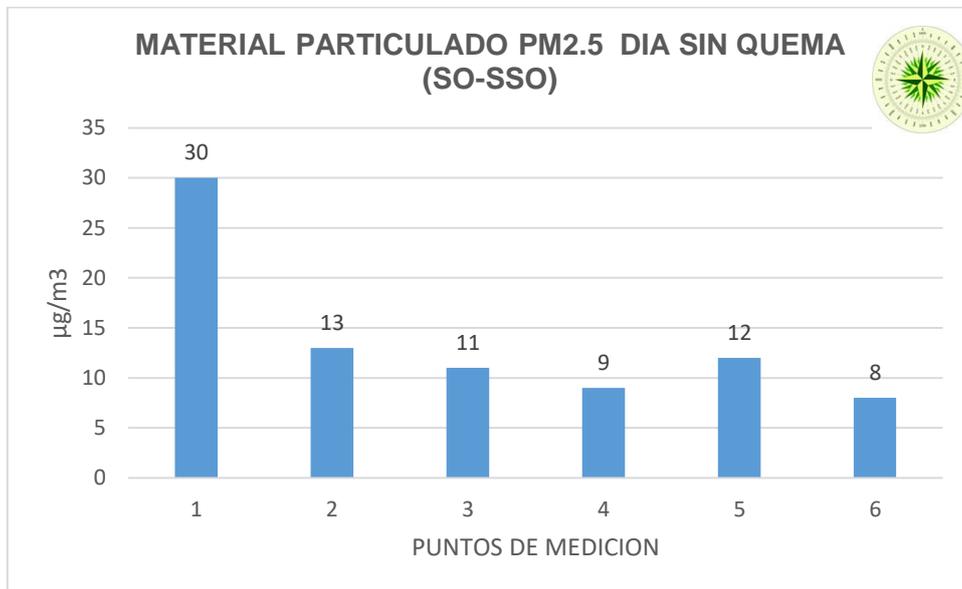
Fuente: Google Maps

Grafico 2. Material particulado PM_{2.5} y velocidad del viento el día de la quema



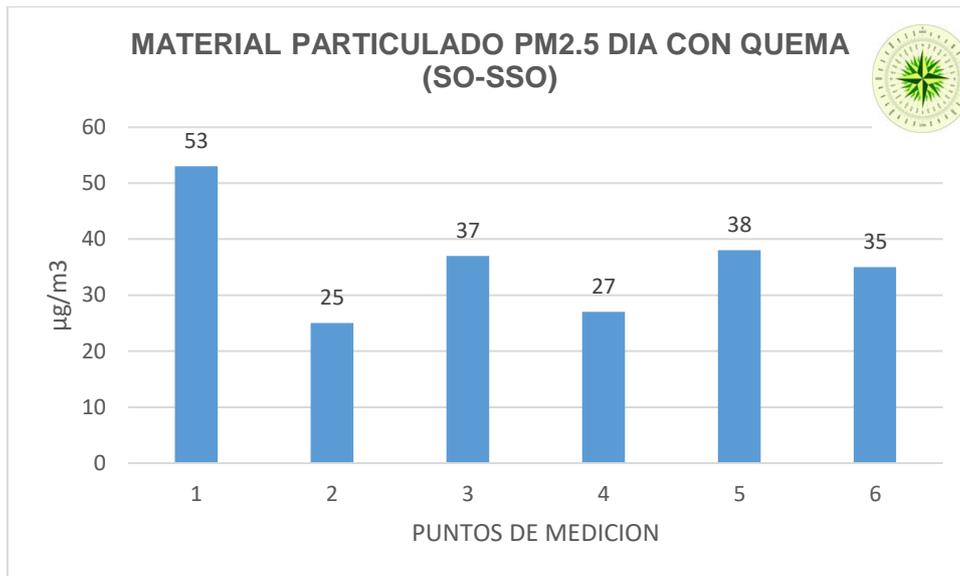
En el grafico 2, se observa el material particulado, la velocidad y dirección del viento en los puntos muestreados; en el punto numero 1 la velocidad es de 3.1 km/h, la cantidad de material particulado es 53 µg/m³. El punto 2 tiene velocidad de viento 4.8 km/h y material particulado 25 µg/m³.

Grafico 3: Valores registrados un día sin quema de biomasa



En el grafico 3, Se observa las concentraciones de PM_{2.5} en los puntos de muestreo un día sin quema. Observándose en el punto PM 1 alta concentración de material particulado.

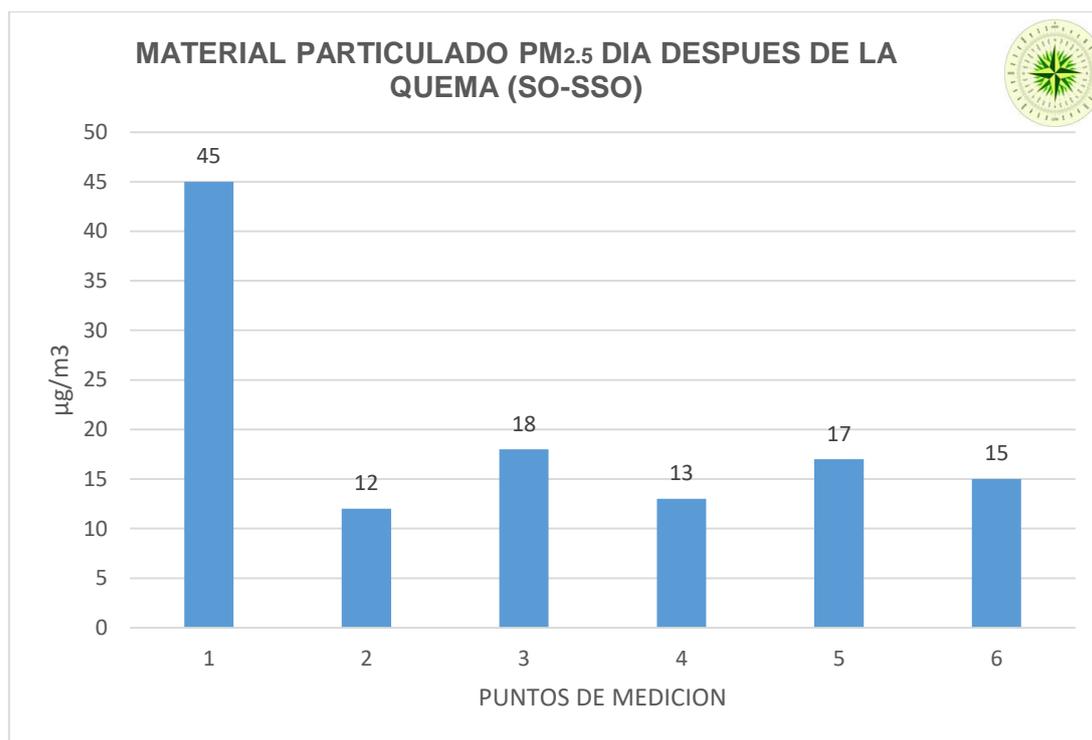
Grafico 4: Valores registrados un día con quema de biomasa



El grafico 4, se observan los valores obtenidos en los diferentes puntos de muestreo un día con quema. Se observa que en el punto de muestreo PM 1 la cantidad de material particulado es el más alto.

Descripción de los resultados obtenidos: En el grafico 4, se aprecia que existe una correlación estadísticamente significativa entre el contenido de PM_{2.5} (µg/m³) y la cantidad de biomasa (Ton.) quemada; ya que la significación es 0.00 y por tanto menor que 0.05 evidenciando la existencia de una asociación lineal entre ambas variables. A su vez el valor obtenido por el coeficiente de Pearson es de “1” lo que indica que la relación es fuerte (-1+1 cuanto más se aleja de cero más fuerte es la relación entre las 2 variables) el signo positivo nos indica la dirección de la relación que para las variables evaluadas tienen una relación directamente proporcional; lo cual indica que a medida que aumenta la cantidad de biomasa quemada; también aumentara el valor de material particulado en los puntos de muestreo.

Grafico 5: Valores registrados un día después de la quema de biomasa



En el grafico 5, Se observa la concentración de material particulado PM 2.5 en los puntos de muestreo un día después de la quema.

Resultados Estadísticos:

Cuadro 1. Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO(µg/m3)	,205	18	,44	,877	18	,23

a. Corrección de significación de Lilliefors

Descripción: En el cuadro 1 de prueba de normalidad se evalúa el valor del estadístico de Shapiro-Wilk (para muestras pequeñas) que mide la fuerza del ajuste con una recta apreciándose que el valor $p > 0.05$ para los datos de concentración de material particulado; por lo cual se asume el supuesto de que el conjunto de datos siguen una distribución normal.

Cuadro 2. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

Variable dependiente: CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

F	df1	df2	Sig.
,342	5	12	,878

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño: Interceptación + velocidad de viento km/h + BIOMASA (Ton.)

Descripción: Según el cuadro 2 de la prueba de homogeneidad de varianzas; el estadístico de Levene arroja una significación mayor a 0.05 con lo cual se cumple el requisito de homocedasticidad; esto indica que las varianzas de la variable independiente en los grupos que se comparan son aproximadamente iguales; ya que no difieren significativamente ($P < 0.05$).

CUADRO 3. ANÁLISIS DE COVARIANZA; Pruebas de efectos inter-sujetos.

Variable dependiente: CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	1474,411 ^a	6	245,735	413,738	,000
Interceptación	4,088	1	4,088	6,882	,024
Velocidad de viento (km/h)	,133	1	,133	,224	,645
BIOMASA (Ton.)	1384,224	5	276,845	466,116	,000
Error	6,533	11	,594		
Total	24737,000	18			
Total corregido	1480,944	17			

a. R al cuadrado = ,996 (R al cuadrado ajustada = ,993)

Descripción: La hipótesis que se coteja en esta investigación es influencia de la quema de biomasa de caña de azúcar en la mayor concentración de $\text{PM}_{2.5}$ en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) presente en el aire del área urbana de Laredo; por lo cual fue necesario evaluar la variable climatológica velocidad del viento como un factor escondido al que pueda deberse dicha influencia y para confirmar o descartar esa posibilidad se aplicó el análisis de covarianza (ANOVA). Es así; que en el cuadro 3 de análisis de covarianza se muestran los resultados de la evaluación de la variable

velocidad del viento como factor interviniente en la concentración de material particulado; y esto se visualiza en la tercera fila del cuadro, cotejando con la columna de significancia (0,645); este valor no es significativo ($P < 0.05$); por lo cual se rechaza el supuesto de que sea la velocidad del viento una variable que este interfiriendo de manera directa en la concentración de material particulado encontrado durante la investigación.

Así mismo el cuadro muestra en la cuarta fila cotejando con la columna de significancia (0.00) que la diferencia que existe entre la concentración de material particulado y la quema de biomasa es significativa con un valor de ($P < 0.05$).

Cuadro 4. Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	35,9444	9,33351	18
VELOCIDAD DE VIENTO (KM/H)	11,8833	7,10536	18
BIOMASA (TON)	230,0050	111,70615	18

Descripción: En el cuadro 4, de estadísticos descriptivos se aprecia los valores medios para las 3 variables que se sometieron a un análisis de correlación para medir la existencia de una relación, la fortaleza de esta y la dirección a la cual se orienta esta relación en los valores de la variable; teniendo como variable independiente la biomasa quemada de caña de azúcar expresada en toneladas sobre el contenido de material particulado expresado en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y como variable interviniente a una variable climatológica (la velocidad del viento).

A su vez; se sometieron las variables a un análisis de correlación con la prueba de Pearson para conocer la presencia o ausencia de una relación lineal entre las tres variables estudiadas y que esta no sea debida al azar (P valor), la fuerza de esta relación y la dirección que esta presenta; esto se evidencia en el cuadro 5.

Cuadro 5. Correlación de PEARSON

Correlaciones

		CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VELOCIDAD DE VIENTO (KM / H)	BIOMASA (TON)
CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 18	-,247 ,0504 18	,934** ,000 18
VELOCIDAD DE VIENTO (KM / H)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,247 ,0504 18	1 18	-,534* ,023 18
BIOMASA (TON)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,934** ,000 18	-,534* ,023 18	1 18

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Descripción: *En el cuadro 5, de correlaciones se aprecia que no existe una correlación estadísticamente significativa con un valor ($P < 0.05$) entre la concentración de MATERIAL PARTICULADO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la variable climatológica VELOCIDAD DE VIENTO (KM/H); con una significación de 0.0504 y por tanto ligeramente mayor que 0.05 evidenciando la no existencia de asociación directa entre ambas variables, considerándose como un factor interviniente.*

También se puede apreciar que existe una correlación estadísticamente significativa entre el contenido de MATERIAL PARTICULADO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la quema de BIOMASA (TON); ya que la significación es 0.00 y por tanto menor que 0.05 evidenciando la existencia de una asociación lineal entre ambas variables. A su vez el valor obtenido por el coeficiente de Pearson es de "0.934" lo que indica que la relación es fuerte (cuanto más cercano este el valor a -1 y 1; tomando siempre el valor absoluto, más fuerte es la relación entre las 2 variables). Por último; el signo positivo nos indica la dirección de la relación; la cual para las variables evaluadas tiene una relación directamente proporcional; donde a medida que aumenta la cantidad de biomasa quemada; también aumentara el valor de material particulado.

Tabla 8: Comparación de resultados con los Estándares de calidad ambiental para aire.

PUNTO DE MUESTREO	DÍA	CONCENTRACIÓN (µg/m ³)	Velocidad del viento km/h SO-SSO	Estándar de Calidad Ambiental para Aire (PM _{2.5})*
PUNTO 1	DSQ	30	3.1	50 µg/m ³
	DCQ	53	3.1	
	DdQ	45	3.2	
PUNTO 2	DSQ	13	5.7	
	DCQ	25	4.8	
	DdQ	12	2.3	
PUNTO 3	DSQ	11	19.5	
	DCQ	37	19.4	
	DdQ	18	19.5	
PUNTO 4	DSQ	9	17.2	
	DCQ	27	17.2	
	DdQ	13	17.2	
PUNTO 5	DSQ	12	17.1	
	DCQ	38	17.3	
	DdQ	17	17.3	
PUNTO 6	DSQ	8	17.5	
	DCQ	35	17.4	
	DdQ	15	17.5	
(*) DS.003-2017-MINAM				
Anexo 1: Estándares de Calidad Ambiental para Aire				

Comparación de los valores obtenidos en DSQ, DCQ, DdQ y la dirección del viento SO-SSO en los diferentes puntos de medición con el estándar de calidad ambiental para aire con respecto al parámetro PM_{2.5}, se aprecia que en el PUNTO 1 en el día con quema los niveles sobrepasan el estándar el día de la quema de caña azúcar con 53µg/m³.

IV. DISCUSIÓN

- a. La extensión de biomasa en los alrededores de Laredo consideradas como influyentes en la generación $PM_{2.5}$ es de 383,114 m² (38.31 Has.), equivalente a 1,379.85 Toneladas de biomasa quemada. Existe una correlación estadísticamente significativa entre el contenido de $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la cantidad de biomasa (Ton.) quemada; ya que la significación es 0.00 y por tanto menor que 0.05 evidenciando la existencia de una asociación lineal entre ambas variables.
- b. Los registros meteorológicos de la velocidad (3 km/h – 17 km/h) y dirección del viento (SO-NE) son factores intervinientes en la cantidad de material particulado depositado en el distrito de Laredo, coincidiendo con GUZMÁN (2010) quien indica que estos parámetros son aliados ambientales que infieren en el estudio y es muy importante tomarlos en cuenta para una adecuada toma de datos en una investigación de material particulado en el ambiente. De acuerdo al análisis estadístico se aprecia que existe una correlación significativa entre el contenido de $MP_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la variable climatológica velocidad del viento (Km/h); con una significación es 0.011 y por tanto menor que 0.05 evidenciando la existencia de una asociación entre ambas variables.
- c. Del análisis de los resultados se puede inferir que la quema de biomasa de caña de azúcar en los alrededores del distrito de Laredo influye de manera moderada el aumento de $PM_{2.5}$, pero no superando los límites permitidos por el D.S 003-2017- MINAM el cual indica 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como límite máximo permitido, coincidiendo con VASQUEZ (2014) en su investigación concluye que la Empresa Agroindustrial Laredo S.A.A., contribuye a la contaminación ambiental del espacio aéreo de la ciudad, en menor porcentaje que antes, debido que han instalado filtros que exige la ley a través del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental PAMA.
- d. De acuerdo a los resultados la cantidad de biomasa quemada influye de manera directa en la cantidad de material particulado

PM 2.5 presente en el ambiente coincidiendo con MORALES (2011) quien concluye que las prácticas de quema están teniendo graves consecuencias ambientales y la concentración de los contaminantes del aire principalmente Material Particulado de 10 micrones y menores a 2.5 además de los gases CO, SOX y NOX era mayor en zonas donde la cantidad biomasa quemada era abundante. Esto se corrobora con los resultados de los análisis estadísticos que indican que existe una correlación estadísticamente significativa entre el contenido de PM_{2.5} (µg/m³) y la cantidad de biomasa (Ton.) quemada; el valor p obtenido es 0.00 y menor que p<0.05 evidenciando la existencia de una asociación lineal entre ambas variables.

- e. Los niveles de material particulado PM_{2.5}, antes y después de la quema no superan los límites permitidos por la ECA que es de 50 µg/m³. Solo en el punto numero 1 (Grafico 4) durante el día de quema supera estos límites permitidos llegando a 53 µg/m³ por encontrarse en la cercanía del complejo agroindustrial, coincidiendo con los estudios de LOPEZ (2010) donde determinó que los parámetros de material particulado medidos aumentaban en las cercanías de la fábrica en momentos de condiciones climáticas no favorables a la dispersión, refiriéndose a la velocidad del viento.
- f. La comparación con los estándares de calidad ambiental para el aire se encuentran debajo de los permitidos por el D.S 003-2017-MINAM el cual indica 50 µg/m³ como límite máximo permitido, a excepción de los días de quema en el punto número 1, el cual alcanza valores de 53 µg/m³, aun así coincidimos con VALVERDE (2014) en su investigación concluye que la constante contaminación a la que se encuentran expuestos los habitantes de Laredo, afecta a su calidad de vida en todas sus dimensiones como el bienestar emocional, material y físico.

V. CONCLUSIONES

- a. Se concluyó que la quema de biomasa de las plantaciones de caña de azúcar en los alrededores del distrito de Laredo si influyen en el incremento de $PM_{2.5}$, aun cuando no supere los parámetros ambientales para el aire por los ECAS del D.S 003-2017- MINAM, los análisis estadísticos así lo demuestran.
- b. La cantidad de biomasa quemada correspondiente a las 38.31 hectáreas de sembríos de caña de azúcar en los alrededores del distrito de Laredo, se estima en 1,379.85 toneladas, las cuales son responsables del aumento de $PM_{2.5}$ en el distrito de Laredo, así lo demuestran los puntos medidos.
- c. Aun cuando la cantidad de material particulado $PM_{2.5}$ no supera los límites permitidos por el D.S. 003-2017-MINAM, se observa que hay un aumento ligeramente moderado que afecta la calidad de vida en todas sus dimensiones como el bienestar emocional, material y físico de los pobladores del distrito de Laredo.
- d. Que los días de quema el material particulado $PM_{2.5}$ está muy cerca de superar los límites permitidos por el ECA, aun así lo consideramos perjudicial a la salud humana.
- e. La velocidad y dirección del viento que va de SO-NE no influye de manera significativa y se correlaciona moderadamente con una dirección inversamente proporcional a la cantidad de material particulado $PM_{2.5}$ en el distrito de Laredo especialmente los días de quema de biomasa de caña de azúcar.
- f. La biomasa quemada *influye de manera significativa y se correlaciona fuertemente con una dirección positiva (directamente proporcional)* con la concentración de material particulado $PM_{2.5}$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa H_1 : “La quema de biomasa de caña de azúcar influye significativamente en la concentración de $PM_{2.5}$ en microgramos por metro cúbico ($\mu g/m^3$) presente en el aire del área urbana de Laredo”.

VI. RECOMENDACIONES

- a. Se recomienda realizar un programa de mitigación de los contaminantes ambientales del aire $PM_{2.5}$ durante la quema de biomasa de caña de azúcar en los alrededores del distrito de Laredo.
- b. Se recomienda optar por la cosecha de caña de azúcar en verde (sin quema) en las siembras que se encuentran en los alrededores del distrito de Laredo.
- c. Se recomienda implementar PAMA para una planificación y adecuación necesaria y así reducir el impacto ambiental al aire que ocasiona el funcionamiento del caldero de la industria azucarera Laredo, así lo exige los resultados obtenidos en el punto 1
- d. Desarrollar un sistema de Gestión Ambiental Municipal, convocando la participación ciudadana y así nos permita velar por la calidad de vida de nuestras futuras generaciones.
- e. Se recomienda a otros investigadores y autoridades continuar con esta investigación para tener un informe más completo de los niveles de contaminación con $PM_{2.5}$ en otros sectores del distrito de Laredo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CHANTRE, DIANA “Problemática Socio Ambiental: Por la Quema de Caña de Azúcar en Jamundi Valle”, artículo de opinión. Jamundí CNC Noticias, 2015
- CASTRO, PABLO. “Polución por material particulado fino (PM 2.5) incrementa las hospitalizaciones por insuficiencia cardiaca” Pontificia Universidad Católica de Chile, 2010.
- DIAZ, L. Manual de producción de caña de azúcar Honduras, Diciembre 2002.
- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.” Estándares de calidad ambiental para aire”, Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 17 de marzo 2017. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2017] Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf>
- DIGESA, Protocolo de Monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos, 2005. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2017] Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/protocolo_calidad_de_aire.pdf
- LOPEZ, JORGE, “Evaluación de los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Laredo, emitidos por la empresa Agroindustrial Laredo el año 2010”, proyecto de investigación. Trujillo, 2010
- GARRIDO, PATRICIA. “Partículas respirables en el aire: generalidades y monitoreo en Latinoamérica”, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia, 2012.
- GUZMÁN, WILFREDO. Evaluación de los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Laredo, emitidos por la empresa Agroindustrial Laredo, 2010.
- KUIMI T and JAYAKUMAR S. Methods to estimate above-ground biomass and carbon stock in natural forests [en línea]. EEUU: US Food and Drug. Cap 2. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/221908883_fig2_Fig-9-Mean-aboveground-biomass-estimates-for-Mexican-tropical-forests-calculated-by.

- INEI. Estadística Ambiental junio 2016 ,2016 [Fecha de consulta: 14 de abril] Disponible en: <https://www.inei.gov.pe/biblioteca-virtual/boletines/estadisticas-ambientales/1.pdf>
- MINAM. Plan nacional de acción ambiental. 2da ed. Perú, 2011 [Fecha de consulta: 18 de abril] Disponible en: http://www.minam.gov.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf
- MINAM. Planes y Acciones para Mejorar la Calidad del Aire. 2009 [Fecha de consulta: 12 de Mayo] Disponible en: http://www.minam.gov.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf
- MORALES, JAVIER “Impacto Ambiental de la Actividad Azucarera y Estrategias de Mitigación”, monografía. Veracruz: Universidad Veracruzana, 2011.
- NTP 900.0030 – Método de muestreo y determinación de material particulado (PM 2.5)
- OEFA. *Fiscalización Ambiental en aguas residuales*. Revista Peruana [en línea]. 24 de junio del 2014. [Fecha de consulta: 14 de julio del 2017].
- Disponible en: <http://www.oefa.gov.pe/noticias-institucionales/el-oefa-advierte-problematika-ambiental-por-material-particulado-a-nivel-nacional>
- OMS. *Guía del uso seguro de instrumentos de medición para calidad de aire*. Recursos internet [en línea, p.2]. 29 de enero 2013. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2017]. Disponible en: http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/378/mod_page/content/148/Session3a_Medlicott_WHO_En.pdf
- OMS. *Guías para la calidad del agua potable* [en línea]. EEUU, 2006, p532, [fecha de consulta: 1 de julio del 2017]. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf.
- “OROZCO, Carmen, NIEVES, María y DELGADO, José. *Problemas Resueltos de Contaminación Ambiental*. 2005.

- QUEVEDO, H., Tecnología y Educación Ambiental. 2013, Ed. Mc Graw Hill. Mexico. Disponible en:
http://www.tecnomex.com/2345_Tecnologia_y_educacion_ambiental.
- ROJANO, ROBERTO. “Niveles de partículas suspendidas totales (PST), PM10 Y PM 2.5 y su relación en lugares públicos de la ciudad Riohacha, Caribe colombiano”, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2012.
- SIAR-La Libertad [*calidad de aire en nuestra región*]. Perú: Gerencia General del Ambiente-La Libertad, (2013). [Fecha de consulta: 25 de marzo del 2017]. Disponible en: <http://siar.regionlalibertad.gob.pe/indicador/484>.
- SOARES DA SILVA AGNES. “Guías de calidad del aire de la OMS” Washington DC, enero 2014.
- UNESCO [Afectaciones al aire en Latinoamérica]. España: Irina Bokova, (22 de Marzo del 2017). [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2017]. Disponible en <http://www.unesco.org/new/es/unesco/events/prizes-and-celebrations/celebrations/international-days/world-water-day-2017/>
- VALVERDE, ALEJANDRO “Influencia de los niveles de contaminación producido por la quema de biomasa en la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de Laredo, Trujillo”, proyecto de investigación. Laredo, 2013
- VASQUEZ, RENATO “Estudio y análisis sobre el Impacto Ambiental en Industrias de Caña de Azúcar en Perú”, plan de investigación. Trujillo, UNT, 2014
- ZUMALACÁRREGUI, L. “Cálculo del beneficio ambiental de la caña de azúcar para la producción de etanol combustible”, Instituto Superior Politecnico José Antonio Echevarria, Cuba, 2008

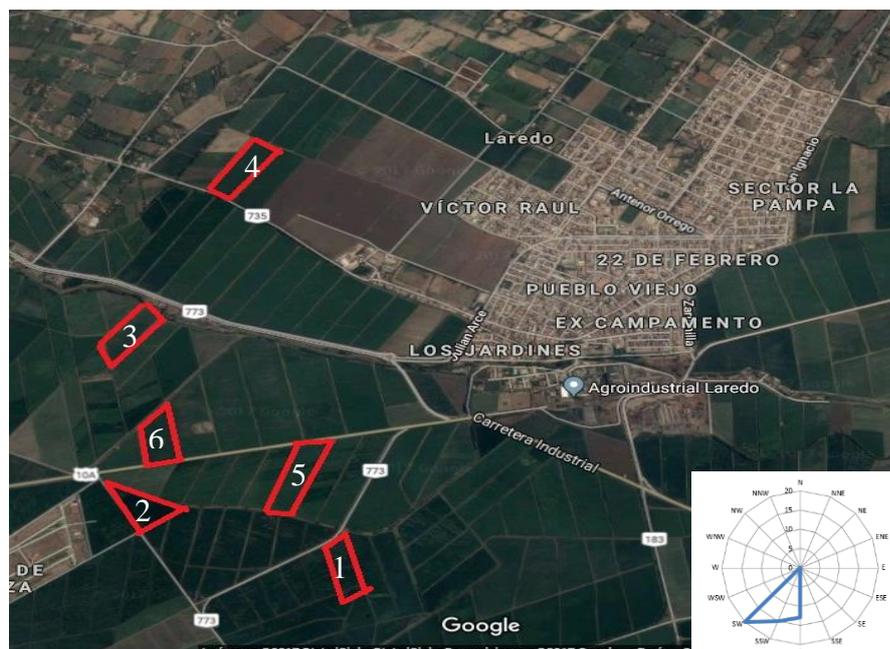
VIII. ANEXOS

Anexo 01: MAPA DE LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE LAREDO – ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE



Fuente: Google Earth

Anexo 02: MAPA DE LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE LAREDO – PARCELAS QUEMADAS



Fuente: Google Earth

Anexo 03: Resumen De Registro Meteorológico De Los Días De Muestreo

Registro meteorológico para el punto 1

Estación	DIA	Registro	Temperatura, °C	Humedad relativa, %	Velocidad del viento, Km/h	Presión barométrica mmHg	Dirección predominante del viento
PUNTO 1	DIA 1 28/09/2017	Promedio	17.9	62.8	1.9	758.0	SO 69% SSO 31%
		Máximo	18.5	65.9	3.1	758.8	
		Mínimo	17.0	60.4	0.9	755.9	
	DIA 2 29/09/2017	Promedio	17.9	62.8	1.9	758.0	SO 75% SSO 25%
		Máximo	18.5	65.9	3.1	758.8	
		Mínimo	17.0	60.4	0.9	755.9	
	DIA 3 30/09/2017	Promedio	17.9	62.8	1.9	758.0	SO 62% SSO 38%
		Máximo	17.9	65.4	3.2	757.9	
		Mínimo	16.3	61.9	1.0	759.4	

Registro meteorológico para el punto 2

Estación	DIA	Registro	Temperatura, °C	Humedad relativa, %	Velocidad del viento, Km/h	Presión barométrica mmHg	Dirección predominante del viento
PUNTO 2	DIA 1 11/09/2017	Promedio	18.8	58.9	2.4	757.8	SO 72 % SSO 28%
		Máximo	21.7	66.2	5.7	759.4	
		Mínimo	16.4	51.0	0.4	755.9	
	DIA 2 12/09/2017	Promedio	18.8	58.8	2.4	757.8	SO 80% SSO 20%
		Máximo	21.7	66.2	4.8	759.4	
		Mínimo	16.4	50.0	0.4	755.9	
	DIA 3 13/09/2017	Promedio	18.7	59.2	2.3	757.9	SO 72% SSO 28%
		Máximo	21.7	66.2	4.8	759.4	

Registro meteorológico para el punto 3

Estación	DIA	Registro	Temperatura, °C	Humedad relativa, %	Velocidad del viento, Km/h	Presión barométrica mmHg	Dirección predominante del viento
PUNTO 3	DIA 1 20/08/2017	Promedio	18.0	18.6	17.3	55.8	SO 76% SSO 24%
		Máximo	20.2	20.8	19.5	59.2	
		Mínimo	17.1	17.7	16.4	53.4	
	DIA 2 21/08/2017	Promedio	18.5	19.1	17.8	56.4	SO 83% SSO 17%
		Máximo	20.1	20.7	19.4	59.2	
		Mínimo	17.1	17.7	16.4	54.6	
	DIA 3 22/08/2017	Promedio	18.0	18.6	17.3	55.8	SO 78% SSO 22%
		Máximo	20.2	20.8	19.5	59.2	
		Mínimo	17.1	17.7	16.4	53.4	
		Máximo	17.9	18.5	17.2	65.9	
		Mínimo	16.3	16.9	15.6	63.4	

Registro meteorológico para el punto 4

Estación	DIA	Registro	Temperatura, °C	Humedad relativa, %	Velocidad del viento, Km/h	Presión barométrica mmHg	Dirección predominante del viento
PUNTO 4	DIA 1 01/09/2017	Promedio	17.1	17.7	16.4	64.9	SO 75% SSO 25%
		Máximo	17.9	18.5	17.2	65.8	
		Mínimo	16.4	17.0	15.7	63.3	
	DIA 2 02/09/2017	Promedio	17.0	17.6	16.3	64.7	SO 77% SSO 23%
		Máximo	17.9	18.5	17.2	65.6	
		Mínimo	16.1	16.7	15.4	63.5	
	DIA 3 03/09/2017	Promedio	17.2	17.8	16.5	64.9	SO 83% SSO 17%
		Máximo	17.9	18.5	17.2	65.7	
		Mínimo	16.3	16.9	15.6	63.5	

Registro meteorológico para el punto 5

Estación	DIA	Registro	Temperatura, °C	Humedad relativa, %	Velocidad del viento, Km/h	Presión barométrica mmHg	Dirección predominante del viento
PUNTO 5	DIA 1 11/09/2017	Promedio	17.2	17.6	16.8	64.8	SO 75% SSO 25%
		Máximo	17.8	18.3	17.1	65.9	
		Mínimo	16.5	17.1	15.9	63.4	
	DIA 2 12/09/2017	Promedio	17.1	17.4	16.5	64.8	SO 77% SSO 23%
		Máximo	17.8	18.6	17.3	65.9	
		Mínimo	16.2	16.5	15.6	63.4	
	DIA 3 13/09/2017	Promedio	17.3	17.5	16.4	64.8	SO 83% SSO 17%
		Máximo	17.8	18.4	17.3	65.9	
		Mínimo	16.4	16.8	15.7	63.4	

Registro meteorológico para el punto 6

Estación	DIA	Registro	Temperatura, °C	Humedad relativa, %	Velocidad del viento, Km/h	Presión barométrica mmHg	Dirección predominante del viento
PUNTO 6	DIA 1 18/09/2017	Promedio	17.3	17.6	16.7	64.8	SO 75% SSO 25%
		Máximo	17.9	18.6	17.5	65.9	
		Mínimo	16.6	17.3	15.9	63.4	
	DIA 2 19/09/2017	Promedio	17.2	17.7	16.5	64.8	SO 77% SSO 23%
		Máximo	17.7	18.6	17.4	65.9	
		Mínimo	16.0	16.6	15.6	63.4	
	DIA 3 20/09/2017	Promedio	17.1	17.6	16.6	64.8	SO 83% SSO 17%
		Máximo	17.8	18.7	17.5	65.9	
		Mínimo	16.2	16.7	15.8	63.4	

- ✓ Descripción de los datos obtenidos por la estación meteorológica los días de monitoreo donde encontramos datos de gran importancia como la dirección del viento, la cual tiene predominancia en dirección SO – SSO

Anexo 04: Calculo De Concentración De Pm 2.5

- + Efectuamos un ejemplo de como se ha calculado la cantidad de material particulado PM2.5
- + $(\text{Peso final} - \text{peso inicial}) / \text{Volumen de aire} = \text{Concentración de pm 2.5}$
 $(0.19970 - 0.17480) / 98.6 \text{ m}^3 = 25.25 \mu\text{g}$

Anexo 05: Cuadro De Datos Del Muestreo De Biomasa

PARCELA	PESO DE CAÑAS (KG)				UND POR M2			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
PARCELA 1	2.80	3.10	3.70	2.90	6	7	6	7
PARCELA 2	3.50	3.20	2.50	2.95	7	6	7	6
PARCELA 3	3.30	2.70	2.60	3.30	6	8	7	7
PARCELA 4	3.00	2.80	2.50	3.25	7	6	6	7
PARCELA 5	3.10	3.00	2.65	3.10	8	7	7	6
PARCELA 6	3.20	2.90	3.00	3.20	7	6	6	7
PROMEDIO DE PESO		3.00 kg.			PROMEDIO DE UND		6.67 und/m2	

- ✓ Resumen de los datos obtenidos en campo con respecto al peso de cañas de azúcar de los diferentes campos de cultivo que fueron quemados para su cosecha, a la vez de la cantidad de plantas de caña de azúcar que crecen por m2 de terreno lo que permite calcular la biomasa por hectárea.

Anexo 06: Área De Cultivos De Caña De Azúcar

	SECTOR	AREA
PARCELA 1	LOS SAUCES DE BARRAZA	129,730 m2 (12.973 Has.)
PARCELA 2	CARRETERA A BARRAZA	42,520 m2 (4.252 Has.)
PARCELA 3	CARRETERA INDUSTRIAL "SACACHIQUE"	56,710 m2 (5.671 Has.)
PARCELA 4	CAMPIÑA LA MERCED (COLEGIO J.I CHOPITEA)	42,104 m2 (4.210 Has.)
PARCELA 5	LOS SAUCES DE BARRAZA	58,250 m2 (5.825 Has.)
PARCELA 6	SECTOR COLISEO LAREDO	53,790 m2 (5.379 Has.)
	TOTAL	383,114 m2 (38.31 Has.)

Anexo 07: Cálculo De Biomasa Quemada

Se presenta el cálculo de la biomasa quemada:

Muestra: 38.31 Has.

Cantidad de biomasa: 200.1 toneladas por hectárea.

Porcentaje de biomasa quemada: 18%

$$(38.31 \text{ Has.}) (200.1 \text{ Tn/Ha}) (18\%) / 100 = 1,379.85 \text{ Toneladas.}$$

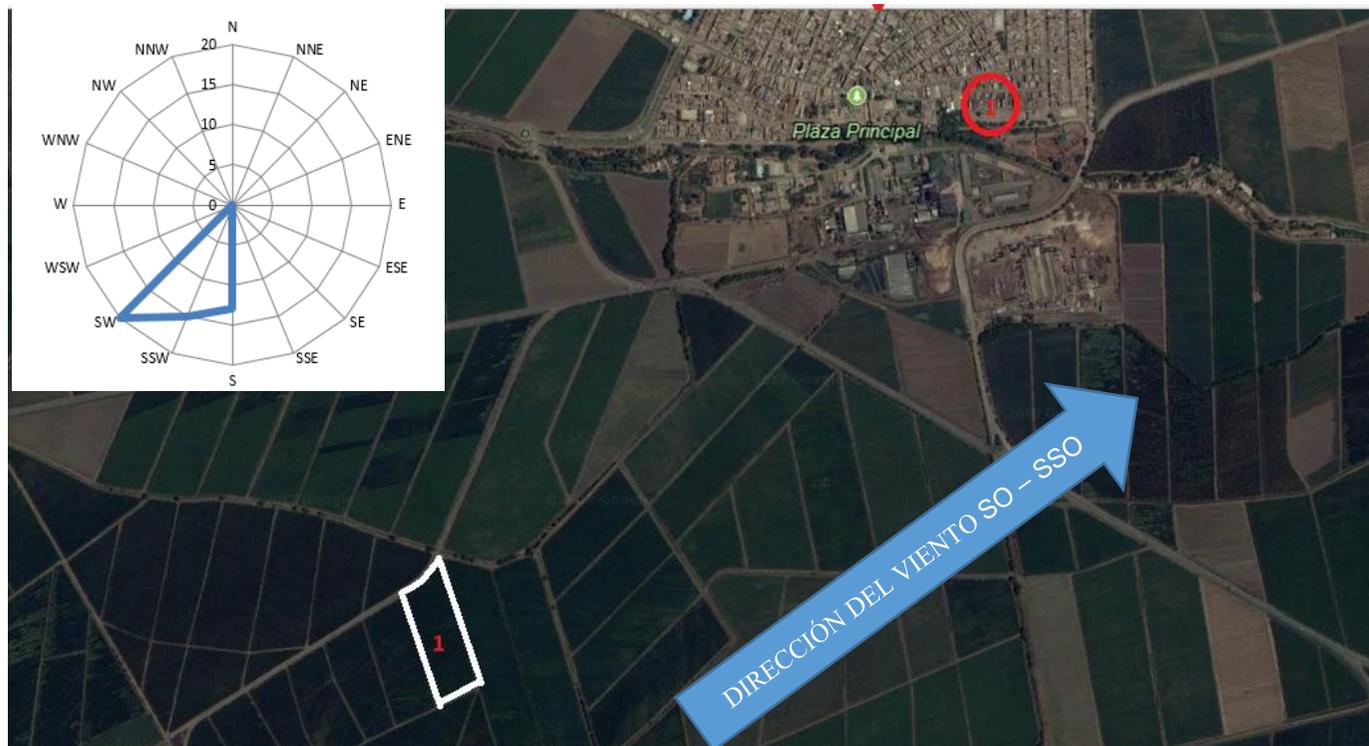
Anexo 08: Datos obtenidos de los puntos evaluados y velocidad del viento

Velocidad del viento (SO-SSO) Km/h	MUESTRA	BIOMASA QUEMADA	CONCENTRACIÓN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1.9	PARCELA 1	467.25	53	53
1.9	PARCELA 1	467.25	52	
1.9	PARCELA 1	467.25	54	
2.4	PARCELA 2	153.16	25	25
2.4	PARCELA 2	153.16	24	
2.3	PARCELA 2	153.16	26	
17.3	PARCELA 3	204.25	36	37.3
17.8	PARCELA 3	204.25	37	
17.3	PARCELA 3	204.25	37	
16.4	PARCELA 4	151.64	27	27.3
16.3	PARCELA 4	151.64	28	
16.5	PARCELA 4	151.64	27	
16.8	PARCELA 5	209.8	38	38.3
16.5	PARCELA 5	209.8	39	
16.4	PARCELA 5	209.8	38	
16.7	PARCELA 6	193.75	35	35.3
16.5	PARCELA 6	193.75	36	
16.6	PARCELA 6	193.75	35	

ANEXO 09: LOCALIZACIÓN DE PARCELAS Y PUNTOS MONITOREADOS

Parcela 1 y punto de monitoreo 1

- 8.092049 - 78.957193



Parcela numero 1 ubicada a 1.74km del punto de muestreo

Parcela 2 y punto de monitoreo 2

- 8.090072 - 78.963702



Parcela número 2 ubicada a 1.71 km del punto de monitoreo

Parcela 3 Y punto de monitoreo 3

- 8.084750 | - 78.963810



Parcela número 3 ubicada a 1.76 km del punto de monitoreo

Parcela 4 y punto de monitoreo 4

- 8.081951 | - 78.951674



Parcela número 4 ubicada a 2.08 km del punto de muestreo

Parcela 5 y punto de monitoreo 5

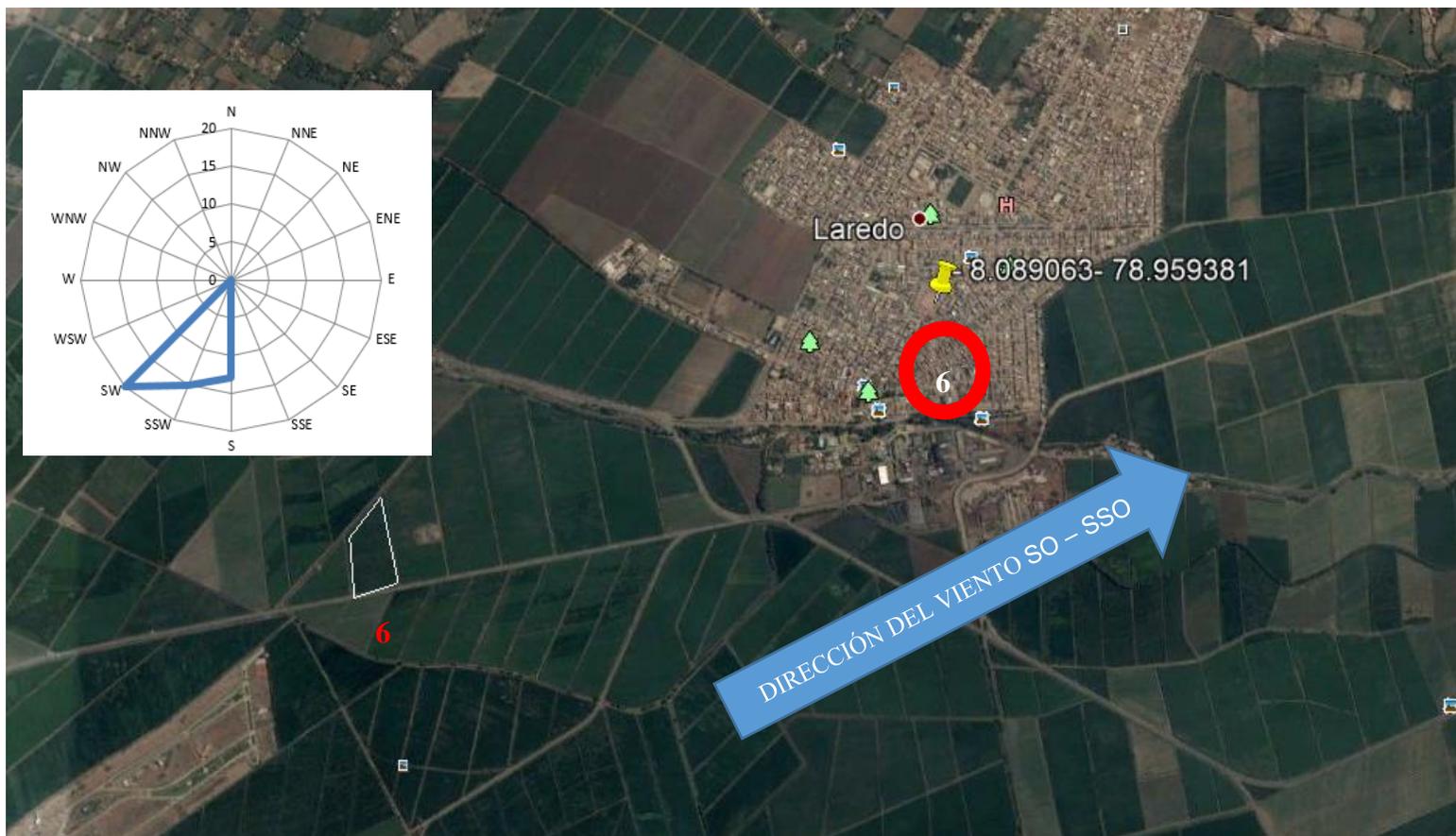
PUNTO 5	- 8.091811	- 78.960837
---------	------------	-------------



Parcela número 5 ubicada a 1.68km del punto de monitoreo

Parcela 6 y punto de monitoreo 6

PUNTO 6	- 8.089063	- 78.959381
---------	------------	-------------



Parcela número 6 ubicada a 1.80 km del punto de monitoreo

ANEXO 10: GRÁFICOS ESTADÍSTICOS

Gráfico de Regresión Parcial - Biomasa

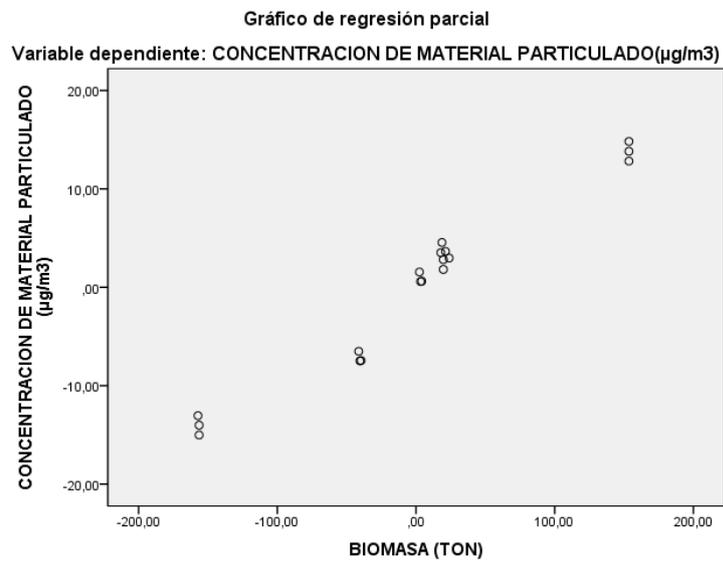
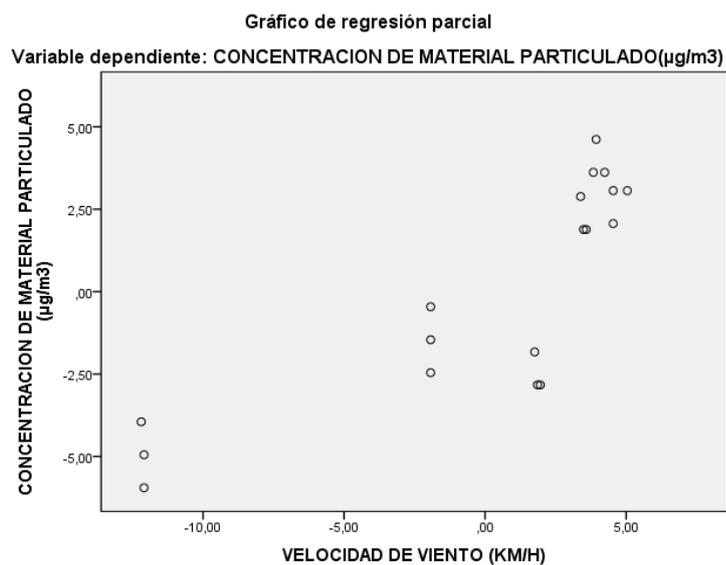


Gráfico de Regresión Parcial – Velocidad de Viento



ANEXO 11: FOTOGRAFÍAS Y EVIDENCIAS DE LA REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Instalación De Low-Vol Para Medición De Pm_{2.5}



Empleando protección de barrera para proteger los filtros y equipo de contaminación



Introduciendo de manera aséptica el filtro



Concluyendo con la instalación del Low-Vol

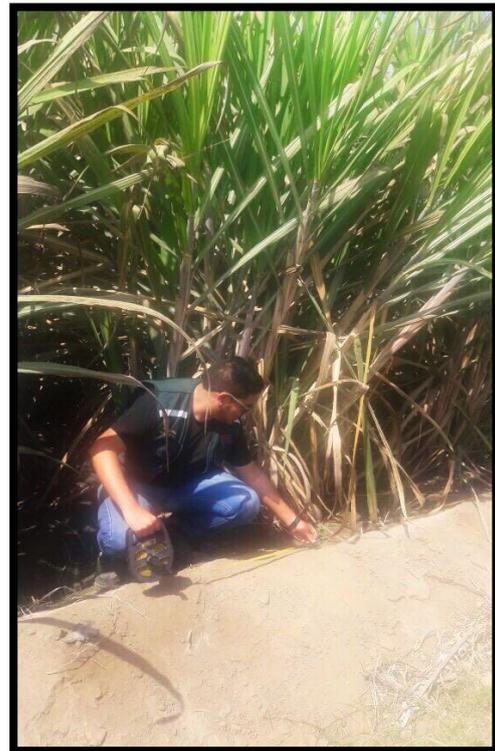


Programación del Low-Vol para la medición respectiva de 24h

Medición En Campo Para Cálculo De Biomasa



Conteo respectivo de plantas de caña por metro cuadrado



Realizando la medición por metro cuadrado

Pesaje De Filtros Usados Por El Low-Vol Para Cada Monitoreo



Balanza analítica usada para los pesajes de filtro



El uso de pinzas para retirar los filtros con cuidado de no dañarlos



Pesaje de los filtros

ANEXO 12: CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS USADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Calibración de Low-Vol – PM_{2.5}



CERTIFICADO DE CALIBRACION N° CAA-L00116

FECHA: 20/04/2017

VENCIMIENTO: 20/04/2018

Solicitado por: Invem S.A.C.

CARACTERISTICAS DEL DISPOSITIVO A CALIBRAR			
Denominación	MUESTREADOR TIPO LOW-VOL – PM10-PM2.5	Rango	10-100 LPM
Marca	GENSTAR ELECTRONIC TECHNOLOGY s/n 1603097	Procedimiento	EPA 40 CFR , parte 50, apéndice L, Pag.87, titulo 7.4.2
Modelo	KB-6120. Date: 6/2015 MOTOR ASINCRONO		

CONDICIONES AMBIENTALES			
Temperatura	23.2°C	Cota	120 msnm
Humedad	83%	Presión Barométrica	100.38 KPa

DISPOSITIVO DE CALIBRACION			
Dispositivo	Dispositivo de tubo venturi y platos obturadores. Medidor de flujo digital. Termómetro digital y barómetro análogo.	Rango	3.0 – 50.0 ± 2.0% LPM
			0 – 812 ± 0.01 mmHg
			-1.0°C – 400°C ± 0.1°C
			Operación:-10 – 60°C
Marca	HI – Q, ENVIRONMENTAL PRODUCTS	Modelo	DAFC 01 s/n 3801961

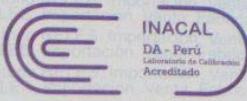
Angel Mayca, MEng.
CIP 57831

MODELO KB-6120
s/n 1603097
20 Apr 2017

Calibración de Balanza Analítica



ELES
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-013



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado

Registro N° LC - 013

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LCM-A-094-2016

CON VALOR OFICIAL
SEGÚN CÉDULA DE NOTIFICACIÓN N° 084-2016-INACAL/DA

N° de Exp. : 160874
PÁGINA: 1 de 3
Fecha de Emisión:
2016-07-27

1.- CLIENTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.
2.- DIRECCIÓN : Av. Victor Larco N° 1770 Urb. Las Flores - La Libertad - Trujillo.

3.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN : INDECOPI - SNM PC-011 (4° Edición Abril 2010),
Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II.

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN : Comparación de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido (pesas patrón).

5.- PATRONES DE REFERENCIA Y TRABAJO (VIM3 5.6 y 5.7)

Trazabilidad metrológica (VIM3 2.41)	Nombre del patrón	Código del patrón	Certificado de Calibración
DM INACAL - PERÚ	Juego de Pesas 1 mg a 200 g	MM 001/1	INACAL LM-C-192-2016

Las pesas patrón utilizadas durante la calibración de la balanza, tienen asegurada su trazabilidad metrológica a los patrones de la Dirección de Metrología del INACAL (DM INACAL).

6.- INSTRUMENTO CALIBRADO :

BALANZA			
Marca	: SARTORIUS	Capacidad Máxima (Max)	: 220 g
Modelo	: MSE 224S-000DU	Resolución (d)	: 0,0001 g
Serie	: 33705177	División de Verificación (e)	: 0,001 g (*)
Código	: D1039553	Clase de Exactitud	: NO INDICA (**)

7.- CONDICIONES DE REFERENCIA (VIM3 4.11) :

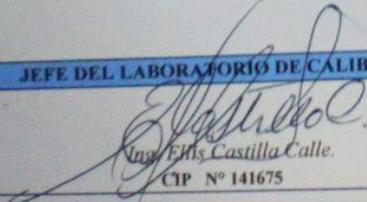
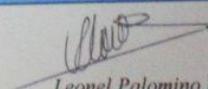
Lugar de Calibración :
Laboratorio de Química.
Universidad Cesar Vallejo S.A.C.

Condiciones ambientales durante la calibración :

	Inicio	Final
Temperatura Ambiental	21,6 °C	22,3 °C
Humedad Relativa	69,2 %	69,1 %

8.- FECHA DE CALIBRACIÓN :
2016-07-20



JEFE DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN	RESPONSABLE DE DIVISIÓN
 Ing. Ellis Castilla Calle. CIP N° 141675	 Leonel Palomino Nuñez.