

**Universidad Ricardo Palma**

Facultad de Ciencias Biológicas

Escuela Académico Profesional de Biología



**Evaluación de la Calidad del Aire, Partículas en Suspensión PM10, en  
la Av. Conquistadores – San Isidro: estado actual y alternativas de  
solución.**

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología

MAURICIO MUÑOZ ARDITTO

Lima – Perú

2010

## *DEDICATORIA*

“Esta tesis está dedicada a todas las personas que trabajan para que el planeta sea un mejor lugar donde vivir.”

# AGRADECIMIENTOS

“Un Agradecimiento enorme a Díos por darme una familia que me apoya siempre, a Gloria por estar siempre a mi lado y a los Biólogos Flor de María Madrid y Rene Mayo por el apoyo en la realización de mi tesis.”

## Resumen:

La Organización Mundial de la Salud, realizó el primer análisis sobre el impacto que los factores ambientales tienen en la salud. En el Perú existen normas ambientales cuyo objetivo es proteger a las personas de la contaminación. El presente trabajo estudió la calidad del aire determinando las partículas en suspensión menores a 10 micras (PM10), en la Avenida Conquistadores del distrito de San Isidro, en la Ciudad de Lima; realizando monitoreos una vez por semana, variando el día de la semana, en los meses de Julio y Agosto del año 2009; los resultados obtenidos no superan el Límite Máximo Permisible según el Decreto Supremo 074-2001-PCM de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas de la Normativa Peruana, sin embargo estos niveles sí superan lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud, de un Límite Máximo de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para partículas en suspensión (PM10) en el aire.

### **Abstract:**

The World Health Organization, has conducted the first analysis of the impact environmental factors impact on the health. In Peru there are environmental laws aimed at protecting people from pollution. This work studied by determining air quality particulate matter smaller than 10 microns (PM10), Avenida Conquistadores in San Isidro district, the City of Lima, by monitoring once a week, varying the day of the week in the months of July and August of 2009 and the results obtained do not exceed the maximum permissible under Supreme Decree 074-2001-PCM of 150 mg/m<sup>3</sup> in 24 hours of the Peruvian legislation, however these levels other than what recommended by the World Health Organization, a limit of 20 mg/m<sup>3</sup> for particulate matter (PM10) in air.

# Índice:

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>3</b>
<b>Resumen:</b>	<b>4</b>
<b>Abstract:</b>	<b>5</b>
<b>Índice:</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>9</b>
<b>I. Introducción:</b>	<b>10</b>
<b>II. Antecedentes:</b>	<b>13</b>
<b>III. Metodología:</b>	<b>19</b>
3.1. Área de ubicación del monitoreo ambiental	19
3.2. Metodología del monitoreo	20
3.3. Metodología de análisis	20
<b>IV. Resultados:</b>	<b>22</b>
<b>V. Discusión de resultados:</b>	<b>24</b>
<b>VI. Conclusiones:</b>	<b>26</b>
<b>VII. Recomendaciones:</b>	<b>27</b>
<b>VIII. Referencias bibliográficas: (*)</b>	<b>28</b>
<b>IX. Anexos:</b>	<b>30</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación del Distrito de San Isidro, Lima, Perú. _____	30
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Información (INEI) _____	30
<b>Figura 2:</b> El círculo muestra la ubicación de la estación de monitoreo, _____	31
<b>Figura3:</b> Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM. _____	32
<b>Figura 4:</b> Rosa de vientos dirección del viento, desde las 10:00 horas del 06/07/09 hasta las 09:00 horas del 07/07/09 _____	33
<b>Figura4:</b> Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM. _____	34
<b>Figura 5:</b> Rosa de vientos, Desde las 10:00 horas del 14/07/09 hasta las 09:00 horas del 15/07/09. _____	35
<b>Figura7:</b> Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM. _____	36
<b>Figura 8:</b> Rosa de vientos, desde las 10:00 horas del 22/07/09 hasta las 09:00 horas del 23/07/09. _____	37
<b>Figura 9:</b> Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM. _____	38
<b>Figura 10:</b> Rosa de vientos, desde las 10:00 horas del 30/07/09 hasta las 09:00 horas del 31/07/09. _____	39
<b>Figura 11:</b> Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM _____	40
<b>Figura 12:</b> Rosa de vientos, desde las 10:00 horas del 07/08/09 hasta las 09:00 horas del 08/08/09. _____	41
<b>Grafico 13:</b> Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM _____	42
<b>Figura 14:</b> Rosa de vientos, desde las 10:00 horas del 15/08/09 hasta las 09:00 horas del 16/08/09. _____	43
<b>Figura 15:</b> Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM _____	44
<b>Figura 16:</b> Rosa de vientos, desde las 10:00 horas del 23/08/09 hasta las 09:00 horas del 24/08/09. _____	45
<b>Figura 19:</b> Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM _____	46

<b>Figura 20:</b> Día 06/07/2009 a las 10:00 horas.	47
<b>Figura 21:</b> Día 14/07/2009 a las 14:30 horas.	47
<b>Figura 22:</b> Día 22/07/2009 a las 20:10 horas.	48
<b>Figura 23:</b> Ómnibus que circula en la Av. Conquistadores.	48
<b>Figura 24:</b> Ómnibus que circula en la Av. Conquistadores.	49
<b>Figura 25:</b> Microbús que circula en la Av. Conquistadores.	49
<b>Figura 26:</b> Transporte de cemento a las 11:25 horas.	50
<b>Figura 27:</b> Transporte de carga pesada a las 15:12 horas.	50
<b>Figura 28:</b> Equipo TCR TECORA PM 10 y Estación Meteorológica Kestrel	51
<b>Figura 29:</b> Particulado sobre las hojas, en la Av. conquistadores	52
<b>Figura 30:</b> A la derecha: filtro de microfibra de 47 mm captador de PM10 de los días domingo a lunes. A la izquierda filtro captador de los días lunes a martes.	53
<b>Figura 31:</b> Informe de calibración TCR TECORA	54
<b>Figura 32:</b> Informe de calibración TCR TECORA	55
<b>Figura 33:</b> Informe de calibración TCR TECORA	56
<b>Figura 34:</b> Informe de calibración KESTREL 4500	57
<b>Figura 35:</b> Informe de calibración KESTREL 4500	58

# ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.	32
<b>Tabla 2:</b> Resultados Meteorológicos.	33
<b>Tabla 3:</b> Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.	34
<b>Tabla 4:</b> Resultados Meteorológicos.	35
<b>Tabla 5:</b> Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.	36
<b>Tabla 6:</b> Resultados Meteorológicos.	37
<b>Tabla 7:</b> Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.	38
<b>Tabla 8:</b> Resultados Meteorológicos.	39
<b>Tabla 9:</b> Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.	40
<b>Tabla 10:</b> Resultados Meteorológicos.	41
<b>Tabla 11:</b> Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.	42
<b>Tabla 12:</b> Resultados Meteorológicos.	43
<b>Tabla 13:</b> Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.	44
<b>Tabla 14:</b> Resultados Meteorológicos.	45

# I. Introducción:

La Organización Mundial de la Salud (OMS), publicó en el año 2007, el primer análisis sobre el impacto que los factores ambientales ocasionan en la salud. Este informe señaló que las principales víctimas afectadas por la contaminación ambiental son los niños menores de cinco años, que representan el 74% de la mortalidad infantil, por causas de infecciones respiratorias; estos datos también revelan que ningún país es inmune al impacto ambiental sobre la salud. La reducción de los niveles de contaminación del aire (PM10) recomendada por las Directrices sobre la calidad del aire, dadas por la OMS permitiría salvar unas 865 000 vidas al año.

Muchos países carecen de reglamentación en materia de contaminación del aire, lo que hace casi imposible controlar este importante factor de riesgo para la salud. Además, las normas internacionales existentes son muy diversas y no garantizan debidamente la protección de la salud humana. Si bien la OMS promueve la necesidad de los gobiernos por establecer normas nacionales adaptadas a sus circunstancias particulares, las Directrices indican los niveles de contaminación que reducen al mínimo el riesgo para la salud. Así, las nuevas Directrices de la OMS en el año 2005 para Partículas en Suspensión con su fracción respirable menor a 10 micras (PM10) de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , constituyen una base científicamente sólida, sobre la cual, todos los países pueden elaborar sus propias normas y políticas de calidad del aire para mejorar la salud de la población.

El 8 de diciembre de 1999, fue publicado en el Periódico El Peruano la propuesta de Estándares nacionales de calidad ambiental del aire acompañada de la justificación correspondiente, habiéndose recibido observaciones y sugerencias las que se incorporaron dentro del proyecto

definitivo, el que fue remitido a la Presidencia de Consejo de Ministros; este reglamento fue consultado con el sector privado y la sociedad civil por más de dos años, desde su formulación técnica hasta su aprobación político-institucional con el objeto de lograr el consenso de los sectores empresariales pesqueros, mineros e industriales, incluyendo a las organizaciones no gubernamentales especializadas en medio ambiente, así como las instituciones públicas vinculadas a la calidad del aire, lográndose el equilibrio entre los objetivos de protección de la salud como el de tener reglas claras para la inversión privada en el mediano y largo plazo; Estableciéndose mediante Decreto Supremo 074-2001-PCM los Estándares de Calidad Ambiental del aire, considerando  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como Límite Máximo Permisible para partículas menores a 10 micras (PM10).

El Plan Integral de Saneamiento Atmosférico Lima-Callao 2005 - 2010 (PISA L-C), presentó en primer término los resultados de investigaciones realizadas por diversas instituciones del sector público sobre los problemas de contaminación atmosférica imperantes en nuestra ciudad, determinándose a través de estos que el contaminante de mayor peligrosidad para la salud de la población está constituido por Partículas en Suspensión con su fracción respirable menor a 10 micras (PM10), sin embargo muestra otros contaminantes que en pocos años pueden convertirse en serios problemas. También llevaron a cabo, un análisis sobre las fuentes que dan origen a las emisiones de los contaminantes antes mencionados, determinando que el Parque Automotor que circula en el Área Metropolitana Lima - Callao es el principal causante del deterioro de la Calidad del Aire, mencionando que las unidades vehiculares son responsables de aproximadamente el 90% de la contaminación del aire (específicamente en PM10), mientras que el 10% restante se explica por las fuentes estacionarias industriales.

El distrito de San Isidro presenta gran actividad empresarial y comercial, esto ha ocasionado que el tránsito vehicular aumente en avenidas que no son idóneas para automóviles de servicio público y privados, una de estas

avenidas, es la Av. Conquistadores, donde encontramos muchas de las actividades mencionadas, zonas residenciales y circulación peatonal, esto nos sugiere que la contaminación de material particulado por el parque automotor en esta zona se encuentra en aumento causando la respiración de aire contaminado por miles de personas que circulan por esta vía, es por eso que la evaluación del estado actual de la calidad del aire en esta avenida, particularmente PM10, es necesario para definir alternativas de solución.

## II. Antecedentes:

Iglesias y Gonzales (2001), monitorearon la calidad del aire de Lima Metropolitana en ocho estaciones situadas en diferentes distritos de Lima y Callao en el año 2000. El monitoreo de la calidad del aire consistió, básicamente, en la medición de material particulado PM10 en tres estaciones del año, a fines de verano, en invierno y primavera. Las concentraciones de PM10 al final del verano fueron superiores a las del resto del año, debido principalmente a las condiciones climáticas de ese periodo. Se encontró que el distrito de Comas, tuvo la concentración más elevada de PM10 con un valor de 240 mg/m<sup>3</sup>.

Cabrera *et al.* (2002), establecieron las relaciones de calidad ambiental y calidad de vida a través de índices de calidad, determinando que los niveles de PM 10, SO<sub>2</sub> y Plomo en PM 10, encontrados durante la etapa de trabajo (abril – diciembre 2001), sobrepasan los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los estándares nacionales de calidad ambiental del aire para el Perú; lo cual no solo muestra una disminución en la calidad del aire, sino que origina una disminución en la calidad de vida de la población ocasionando efectos dañinos en la salud y en el deterioro del paisaje de la ciudad.

Alonso *et al.* (2005), evaluaron el impacto en salud (EIS), calculando los beneficios que se obtendrían para el año 2010, si se cumple con la norma 1999/30/CE que especifica que los niveles de PM10 no deben pasar los 20 µg/m<sup>3</sup>, determinando que los beneficios para la salud de la población.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), (2005), publicó las directrices sobre calidad del aire, siendo para las Partículas en Suspensión con su fracción respirable menor a 10 micras (PM10) un límite máximo de 20 µg/m<sup>3</sup>.

Sanhueza *et al.* (2006), estudiaron los efectos de la contaminación atmosférica del PM 10 sobre la salud de la población de Temuco en el sur de Chile, donde se encontró una asociación significativa y positiva entre la concentración de PM10 y la mortalidad diaria por enfermedades respiratorias.

Prieto *et al.* (2007), investigaron la población que vive cerca del Centro Albertz donde se encuentra un sistema de monitoreo de la calidad del aire encontrando partículas con diámetro menor a 10 micras (PM10) mayor a la norma chilena de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , llegando a la conclusión que los niños y ancianos del Centro Albertz tenían una mayor proporción de infecciones respiratorias, en comparación con la Región Metropolitana Chilena.

Muñoz *et al.* (2007), evaluaron las diferencias en las condiciones de salud entre grupos de trabajadores expuestos, no expuestos y menos expuestos a contaminación ambiental en el área metropolitana del Valle de Aburrá. Las partículas suspendidas totales (PST) estaban frecuentemente por encima de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , igual sucede con material particulado inferior a 10 micras (PM10). Los no expuestos tienen una mejor relación volumen espiratorio forzado en el primer segundo sobre capacidad vital forzada (VEF1/CVF), en 3,1%. Además se evidenció un exceso de riesgo de sufrir afecciones obstructivas pulmonares entre los expuestos frente a los no expuestos de un 68%, evidenciando que hay mayor riesgo en los expuestos a la contaminación de sufrir afecciones obstructivas pulmonares.

López *et al.* (2008), determinaron que en las ciudades de Las Palmas de Gran Canaria y Santa Cruz de Tenerife entre el año 2000 y 2004 superaron los  $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10 y los  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM2.5. Señalando que es necesario tener en cuenta estos resultados para analizar su posible impacto sobre la salud de los ciudadanos de las Islas Canarias y establecer sistemas adecuados de vigilancia.

Escobedo y Chalaco (2008), integraron información básica sobre la cobertura arbórea y las especies que la componen, datos meteorológicos y de contaminantes. Estos registros fueron utilizados en un modelo matemático de transpiración y deposición seca, para estimar en forma preliminar la cantidad de descontaminación por el arbolado. Se estudió un área de 1480km<sup>2</sup> en el Valle de México, estimando que los bosques urbanos cubren el 26% del área de estudio. Este modelo UFORE (Modelo de efectos del arbolado urbano) se aplicó durante un año, por medio de uno de sus componentes, se obtuvo la cantidad de remoción de ozono (O<sub>3</sub>) y partículas <10µm (PM10) que remueven los árboles, y se registró la variación estacional. Se obtuvo la descontaminación total en g·m<sup>-2</sup> y en total de toneladas. Se encontró que reduciendo tan solo en 1% la cantidad de O<sub>3</sub> y de PM10 en la Ciudad de México, se podrían ahorrar hasta 10 millones de USD al año.

Iglesias y Pimentel (2008), compararon resultados de plan de acción de CORMIN Callao (Deposito de Concentrados), con la finalidad de determinar si las acciones de gestión ambiental incorporadas entre los años 2005 y 2007 fueron favorables, encontrando reducción de las partículas PM10, dando esta manera resultados satisfactorios.

Bedoya y Martínez (2009), investigaron el comportamiento de los contaminantes atmosféricos en el área Metropolitana del Valle de Aburrá, departamento de Antioquia, Colombia, teniendo como base los datos primarios recolectados por la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire, las concentraciones de partículas en suspensión total (PST) y de partículas respirables (PM10) se encuentran elevadas a niveles que exceden en 200-400% los límites de precaución definidos por la Organización Mundial de la Salud de un máximo de 20 µg/m<sup>3</sup> y la tendencia es al empeoramiento a medida que crece la densidad vehicular.

Jaramillo *et al.* (2009), estudiaron los dos contaminantes de mayor incidencia sobre la salud humana en las ciudades colombianas, ozono (O<sub>3</sub>) y material particulado con diámetro menor a (PM10). El índice de

calidad del aire es un valor adimensional calculado a partir de uno o varios contaminantes representado por niveles o concentraciones de la contaminación atmosférica y de sus efectos en la salud, estas se comparan con las normas de calidad del aire que rigen actualmente en Colombia, este índice integrado de calidad del aire puede ofrecer información clara y de fácil comprensión para la comunidad facilitando que la población tome acciones preventivas respecto a los efectos sinérgicos de alto impacto del ozono y material particulado.

Franco *et al.* (2009), presentaron un estudio piloto en el que se caracterizaron los niveles de material particulado respirable (PM10) en cuatro colegios distritales (CD) en Bogotá. Tres de estos CD estaban ubicados en inmediaciones de vías consideradas de alto tráfico vehicular, por las que circulan diferentes tipos de transporte público. El CD restante (utilizado como sitio control para el experimento). Los niveles medios de PM10 registrados en los CD se encuentran en un rango entre 55 y 91  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , estas cifras indican que las concentraciones del contaminante al interior de las instituciones educativas exceden los valores considerados como nocivos para poblaciones sensibles por la Organización Mundial de la Salud (OMS); se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de PM10 en el colegio distrital seleccionado como control y las concentraciones en los otros tres colegios. Esta situación está relacionada con la diferencia en la cantidad de tráfico vehicular que circula por la vía sobre la que se encuentra ubicado el CD (en especial de vehículos que operan con diésel como combustible). A partir de la información en tiempo real se pudo sugerir que esta diferencia es mayor para los CD ubicados en vías con presencia predominante de transporte público colectivo.

Albuquerque de Castro *et al.* (2009), estudiaron la asociación entre exposición diaria a la contaminación del aire y la función respiratoria de escolares, trabajando una muestra aleatoria de 118 escolares (de 6 a 15 años de edad) de la red pública de Río de Janeiro (Sureste de Brasil),

residentes hasta 2 km de la localidad de estudio, los datos sobre características de los niños fueron obtenidos por cuestionario, incluyendo el International Study of Asthma and Allergies in Childhood. Los resultados aún dentro de niveles aceptables en la mayor parte del período, muestra que la contaminación atmosférica, principalmente PM10 y NO<sub>2</sub>, estuvo asociada a la disminución de la función respiratoria de niños residentes en Río de Janeiro.

Muñoz y Carvalho (2009), analizaron el efecto de las horas de exposición a PM10 en las emergencias diarias por bronquitis aguda, controlando la temperatura y humedad. El estudio fue realizado en seis sectores de la ciudad de Santiago, Chile, durante el período de invierno de los años 2002 al 2004, para lactantes (< 1 año) y adultos mayores (> 65 años). El efecto de las horas de exposición a PM10 mostró una variación significativa, según el sector geográfico.

Ramírez-Rembao *et al.* (2009), identificaron la relación entre los contaminantes: ozono, monóxido de carbono, partículas suspendidas (PM10), temperatura y humedad con la incidencia de morbilidad por Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) en el área urbana de Mexicali en el estado de Baja California en México. Los resultados de este estudio relacionaron el monóxido de carbono, las partículas suspendidas (PM10) y la temperatura con las infecciones respiratorias agudas.

Pérez *et al.* (2009), presentaron una estimación de los beneficios para la salud y económicos de dos escenarios de mejora de la calidad del aire ambiental en 57 municipios del área metropolitana de Barcelona. Los beneficios anuales de reducir la exposición media a PM10 estimada para la población del área de estudio (50 µg/m<sup>3</sup>) al valor anual medio recomendado por la Organización Mundial de la Salud (20 µg/m<sup>3</sup>) se estiman en 3.500 muertes menos (representando en media un aumento de la esperanza de vida de 14 meses), 1.800 ingresos hospitalarios menos por causas cardiorrespiratorias, 5.100 casos menos de bronquitis crónicas

en adultos, 31.100 casos menos de bronquitis agudas en niños y 54.000 crisis asmáticas menos en niños y adultos. Los beneficios económicos totales se estiman en una media de 6.400 millones de euros por año. Reducir las PM10 al nivel anual medio legislado por la Unión Europea (40 mg/m<sup>3</sup>) representaría aproximadamente una tercera parte de estos beneficios. Este estudio indica que reducir la contaminación atmosférica en el área metropolitana de Barcelona resultaría en beneficiosa para la salud de la población.

Oyarzún (2010), estudió una revisión crítica de los efectos de la contaminación intra y extradomiciliaria sobre la salud humana, poniendo especial énfasis en la situación de los habitantes de ciudades chilenas con niveles críticamente altos de contaminación atmosférica. Los contaminantes atmosféricos riesgosos para la salud humana son el material particulado inhalable (PM10; PM2,5 y PM0,1) y compuestos químicos gaseosos tales como dióxido de nitrógeno, ozono, dióxido de azufre y monóxido de carbono. El aire intradomiciliario contiene una variedad de compuestos nocivos que derivan de múltiples fuentes. La exposición a contaminantes del aire no solo puede aumentar la tasa de morbilidad sino la tasa de mortalidad como también puede aumentar el número de ingresos hospitalarios de pacientes con síntomas respiratorios y cardiovasculares. La contaminación del aire es importante en la determinación de la calidad de vida de niños menores, ancianos y en pacientes con enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

## III. Metodología:

### 3.1. Área de ubicación del monitoreo ambiental

San Isidro es un distrito de la provincia de Lima, departamento de Lima, Perú (*Figura 1*), limita al norte con los distritos de Lince y la Victoria, al Este con distrito de San Borja, al Sur con los distritos de Surquillo y Miraflores y al Oeste con el distrito de Magdalena del Mar y el Océano Pacífico, se encuentra a 108 m.s.n.m., tiene una superficie total de 11.1 Km<sup>2</sup>, la población del distrito de San Isidro tiene un estimado de 5230.3 Hab/Km<sup>2</sup>.

La ubicación para la evaluación atmosférica se determinó siguiendo algunos factores de selección, por ejemplo:

- a. Seguridad del área de instalación; se consideró buscar un área que no presente problemas para la instalación, además de la colocación en una zona segura evitando de actos vandálicos en los equipos de trabajo.
- b. Objetivo del monitoreo; El área seleccionada para el estudio debe estar orientada hacia el tránsito.

Bajo estos factores de selección se procedió a instalar la estación de monitoreo en la cuadra 8 de la Av. Conquistadores – San Isidro, coordenadas UTM 0278242N 8661102E, (*Figura 2*) ubicando el equipo TCR TECORA junto a una estación meteorológica Kestrel 4500 para ayudar a la interpretación de los resultados.

### **3.2. Metodología del monitoreo**

Los equipos funcionaron durante 24 horas según el periodo requerido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (MINAM 2008) D.S. 074-2001-PCM para PM10

Siguiendo estas referencias se realizaron muestreos individuales de 24 horas, con una frecuencia de una vez por semana variando el día de la semana, un monitoreo cada siete días de manera que se tomaron muestras todos los días de la semana.

Para estas mediciones se emplearon filtros de microfibra de 47 mm (*figura 30*) desecados y pesados, proporcionados, por la empresa Laboratorios Analíticos J y R S.A.C., el procedimiento utilizado para el montaje del filtro fue:

1. Retirar el filtro del estuche previamente pesado y desecado con una pinza
2. Colocarlo en el porta filtros del equipo PM10.
3. Programar el equipo TCR TECORA (*figura 28, 31, 32, 33*) para que opere durante 24 horas.
4. Pasado 24 horas se procedió a retirar el filtro con la pinza y se guardo en su estuche, los datos proporcionados por el equipo PM10 se anotarán en un formato de campo.
5. Después de siete días, el siguiente paso fue colocar un nuevo filtro y programar el equipo por 24 horas y así sucesivamente.

### **3.3. Metodología de análisis**

Los filtros después de haber captado PM10 por 24 horas, fueron analizados en la empresa Laboratorio Analíticos J y R S.A.C.

El método utilizado para el análisis de las muestras es el siguientes:

PM10: método gravimétrico – EPA v 47, que consiste en pesar el filtro de 47 mm de diámetro, previamente desecado en una balanza analítica calibrada, después de haber utilizado el filtro en un monitoreo, se deseca para eliminar la humedad adquirida, se vuelve a pesar el filtro, la diferencia de estos dos pesos se divide entre el estándar metro cúbico que da el equipo para la medición de PM10.

Los datos reportados por la estación meteorológica Kestrel 4500 (*figura 28, 34, 35*) fueron descargados en la computadora y analizados por el investigador responsable.

## IV. Resultados:

El trabajo de campo se realizó entre los meses de Julio y Agosto del año 2009, la zona de monitoreo es Lima centro II, el monitoreo comenzó a las 10:00 horas hasta las 09:00 horas del día siguiente, la ubicación fue el la Av. Conquistadores cuadra 8, las coordenadas UTM: 0278242N 8661102E

En el monitoreo ambiental del lunes 06 al martes 07 de julio del 2009, se obtuvo como resultado una concentración para partículas menores a diez micras de  $80.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Tabla1, Figura3*). Los resultados de la estación meteorológica dieron una predominancia en la dirección de viento al Sur y la velocidad fluctuó desde los 2.1 hasta los 5.1 m/s (*Figura4, Tabla2*).

Del martes 14 al miércoles 15 de Julio del 2009, se obtuvo una concentración de  $68.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Tabla3, Figura5*), Los resultados de la estación meteorológica dieron una predominancia en la dirección de viento al Sur y la velocidad fluctuó desde los 1.0 hasta los 5.7 m/s (*Figura6, Tabla4*).

Del miércoles 22 al jueves 23 de Julio del 2009, se obtuvo una concentración de  $65.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Tabla5, Figura7*), los resultados de la estación meteorológica dieron una predominancia en la dirección de viento al Sur y la velocidad fluctuó desde los 1.0 hasta los 5.1 m/s (*Figura8, Tabla 6*).

Del jueves 30 al viernes 31 de Julio del 2009, se obtuvo una concentración de  $69.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Tabla7, Figura9*). Los resultados de la estación meteorológica dieron una predominancia en la dirección de viento al Sursureste y la velocidad fluctuó desde los 1.0 hasta los 5.1 m/s (*Figura10, Tabla8*).

Del viernes 07 al sábado 08 de Agosto del 2009, se obtuvo una concentración de  $70.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Tabla9, Figura11*), los resultados de la estación meteorológica dieron una predominancia en la dirección de viento al Sursureste y la velocidad fluctuó desde los 2.1 hasta los 5.7 m/s (*Figura12, Tabla10*).

Del sábado 15 al domingo 16 de Agosto del 2009, se obtuvo una concentración de  $57.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Tabla11, Figura13*), los resultados de la estación meteorológica dieron una predominancia en la dirección de viento al Sur y al Sursureste, la velocidad fluctuó desde los 1.5 hasta los 6.2 m/s (*Figura14, Tabla12*).

Del domingo 23 al lunes 24 de Agosto del 2009, se obtuvo una concentración de  $43.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Tabla13, Figura15*), los resultados de la estación meteorológica dieron una predominancia en la dirección de viento al Sur y la velocidad fluctuó desde los 2.1 hasta los 4.1 m/s (*Figura16, Tabla14*).

El Rango de los resultados del monitoreo ambiental, obtenidos en el transcurso de la investigación, partículas PM10 van desde  $43.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  hasta  $80.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## V. Discusión de resultados:

Los valores obtenidos en esta investigación, no superan los Límites Máximos Permisibles del D.S. 074-2001 – PCM que es de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pero superan lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud, un Límite Máximo de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM10, coincidiendo con lo afirmado por Cabrera *et al* (2002), si los resultados sobrepasan los valores límites de la Organización Mundial de la Salud, se originaría una disminución en la calidad del aire y sobre todo en la calidad de vida.

Los resultados de este monitoreo superan en un 200 a 400% lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud, un Límite Máximo de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM10, estos mismos resultados fueron obtenidos por Bedoya y Martínez (2009) en el área metropolitana del Valle de Aburrá, en Medellín, Colombia, indican que si la densidad vehicular tiende a aumentar estos resultados empeoran.

El monitoreo se realizó en la época de invierno del año 2009, donde el resultado más alto fue de 80.32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , al haber llovizna y humedad, las partículas en suspensión de PM10 precipitan, es por eso que se deduce que los resultados obtenidos podrían ser más altos en la estación de verano, siendo mencionado por Iglesias y Gonzáles (2000) evaluaron 8 diferentes puntos de Lima y Callao, en tres estaciones del año, verano, invierno y primavera, dando como resultado que las concentraciones en el verano fueron superiores a las del resto del año, principalmente por las condiciones meteorológicas.

El resultado más alto se dio el lunes 06 al martes 07 de julio del 2009, con un valor de 80.32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante 24 horas, observándose mayor circulación de autos este día de la semana, el menor fue el día domingo 23 al lunes 24 de julio del 2009 con un valor obtenido de 43.67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , donde hay escaso tránsito vehicular, según estos resultados, se confirma

que el parque automotor que circula en el la Av. Conquistadores cuadra 8 del distrito de San Isidro, es el principal causante del deterioro de la Calidad del Aire, específicamente en Partículas menores a diez micras, mencionado en El Plan Integral de Saneamiento Atmosférico Lima-Callao (PISA L-C) siendo las unidades vehiculares responsables de aproximadamente el 90% de la contaminación del aire (específicamente en PM10), mientras que el 10% restante se explica por las fuentes estacionarias.

El estudio elaborado por Franco *et al*, (2009), en el que evaluó colegios distritales ubicados en vías consideradas de alto tráfico vehicular, registraron valores de PM10 en un rango entre 55 y 91  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  estas cifras indicaron que la concentración de contaminantes al interior de las instituciones educativas excedían los valores considerados como nocivos para la población dados por la Organización Mundial de la Salud. Según los resultados obtenidos en esta investigación que van desde 43.67 hasta 80.32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , podríamos inferir que la población adyacente a la Av. Conquistadores, que labora y estudia mas de ocho horas diarias, se encuentra en un proceso de contaminación según la OMS.

## VI. Conclusiones:

Los valores obtenidos superan en un 400% lo establecido por la OMS, encontrándose como valores normales para Límites Máximos Permisibles en nuestro país.

Se infiere que el máximo valor obtenido de partículas en suspensión PM10 de  $80.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en invierno, puede ser superior en la estación de verano.

Existe una relación directa entre los resultados obtenidos de PM10 y el tráfico vehicular, a valores más elevados mayor tráfico vehicular (Figura 20 al 27).

## VII. Recomendaciones:

Plantear Monitoreos de la calidad del aire, en diferentes partes de distrito, con una frecuencia mensual, con equipos calibrados, para proponer medidas de acción.

Tender a colocar pantallas públicas, en las zonas críticas del distrito, que demuestren las condiciones de la Calidad del aire.

Proponer un plan de movilidad peatonal y uso de la bicicleta en San Isidro, que incluya toda una red de carriles de ciclovías y estacionamientos para ellas.

Incremento de vegetación en áreas de alto tránsito vehicular.

Mejoras en la gestión del tránsito vehicular.

Control y fiscalización del tránsito.

## VIII. Referencias bibliográficas: (\*)

ALONSO FUSTEL, Eva. *Evaluación en cinco ciudades españolas del impacto en salud de la contaminación atmosférica por partículas: Proyecto europeo APHEIS*. Rev. Esp. Salud Pública [online]. 2005, 79, (2): 297-308.

BEDOYA, Julian. *Calidad del aire en el valle de Aburrá Antioquia - Colombia*. Dyna rev.fac.nac.minas [online]. 2009, 76, (158): 7-15.

CABRERA CARRANZA, Carlos. *Relaciones entre calidad ambiental y calidad de vida en Lima Metropolitana*. Rev. Inst. investig. Fac. minas metal cienc. geogr. [online]. ene./jun. 2002, 5, (9): 48-53.

ESCOBEDO, Francisco. *Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano de la ciudad de México*. INCI. [online]. ene. 2008, 33, (1): 29-32.

FRANCO, Juan Felipe. *Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto*. Rev.fac.ing.univ. Antioquia [online]. 2009, 49, (1): 101-111.

HERMANO ALBUQUERQUE, Castro. *Efeitos da poluição do ar na função respiratória de escolares, Rio de Janeiro- RJ*. Rev. Saúde Pública [serial on the Internet]. 2009, 43, (1): 26-34

IGLESIAS, Silvia. *Gestión ambiental en la zona de los depósitos de concentrados del Callao*. Rev. Inst. investig. Fac. minas metal cienc. geogr. [online]. ene./jun. 2008, 11, (21): 7-13.

JARAMILLO, Mauricio. *Índice integrado de calidad del aire para ciudades colombianas*. Rev.fac.ing.univ. Antioquia [online]. 2009, 48,(1): 97-106.

LOPEZ VILLARRUBIA, Elenal. *Caracterización del ambiente atmosférico en Las Palmas de Gran Canaria y Santa Cruz de Tenerife: 2000 a 2004*. Rev. Esp. Salud Pública [online]. 2008, 82, (5): 493-507.

MUÑOZ, Franz. *Efecto del tiempo de exposición a PM10 en las urgencias por bronquitis aguda*. Cad. Saúde Pública [serial on the Internet]. 2009, 25, (3): 529-539.

MUNOZ, Ana Marcela. *Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de adultos que laboran en diferentes niveles de exposición*. Rev. Fac. Nac. Salud Pública [online]. 2007, 25, (2): 85-94.

OYARZÚN, Manuel, *Contaminación aérea y sus efectos en la salud*. Rev. Chilena enfermedades respiratorias [Revista en la Internet]. 2010, 26(1): 16-25.

Perú. *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire*, 21 de Junio del 2001, 16.

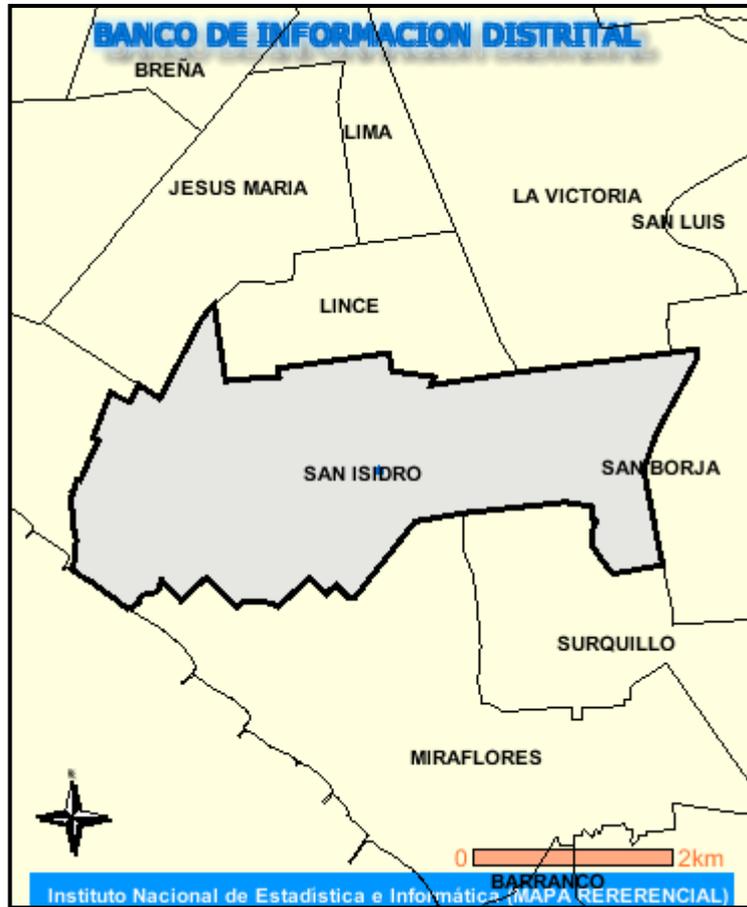
PEREZ, Laura. *Estimating the health and economic benefits associated with reducing air pollution in the Barcelona metropolitan area (Spain)*. Gac Sanit [online]. 2009, 23, (4): 287-294.

PRIETO C, María José. *Exceso de morbilidad respiratoria en niños y adultos mayores en una comuna de Santiago con alta contaminación atmosférica por partículas*. Rev. méd. Chile [online]. 2007, 135, (2): 221-228.

RAMIREZ-REMBAO, Martha. *Influencia de los Contaminantes Atmosféricos en las Infecciones Respiratorias Agudas en Mexicali-Baja California, México*. Inf. tecnol. [online]. 2009, 20, (3): 89-100

SANHUEZA, Pedro. *Impacto de la contaminación del aire por PM10 sobre la mortalidad diaria en Temuco*. Rev. méd. Chile [online]. 2006, 134, (6): 754-761.

## IX. Anexos:



**Figura 1:** Ubicación del Distrito de San Isidro, Lima, Perú.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Información (INEI)

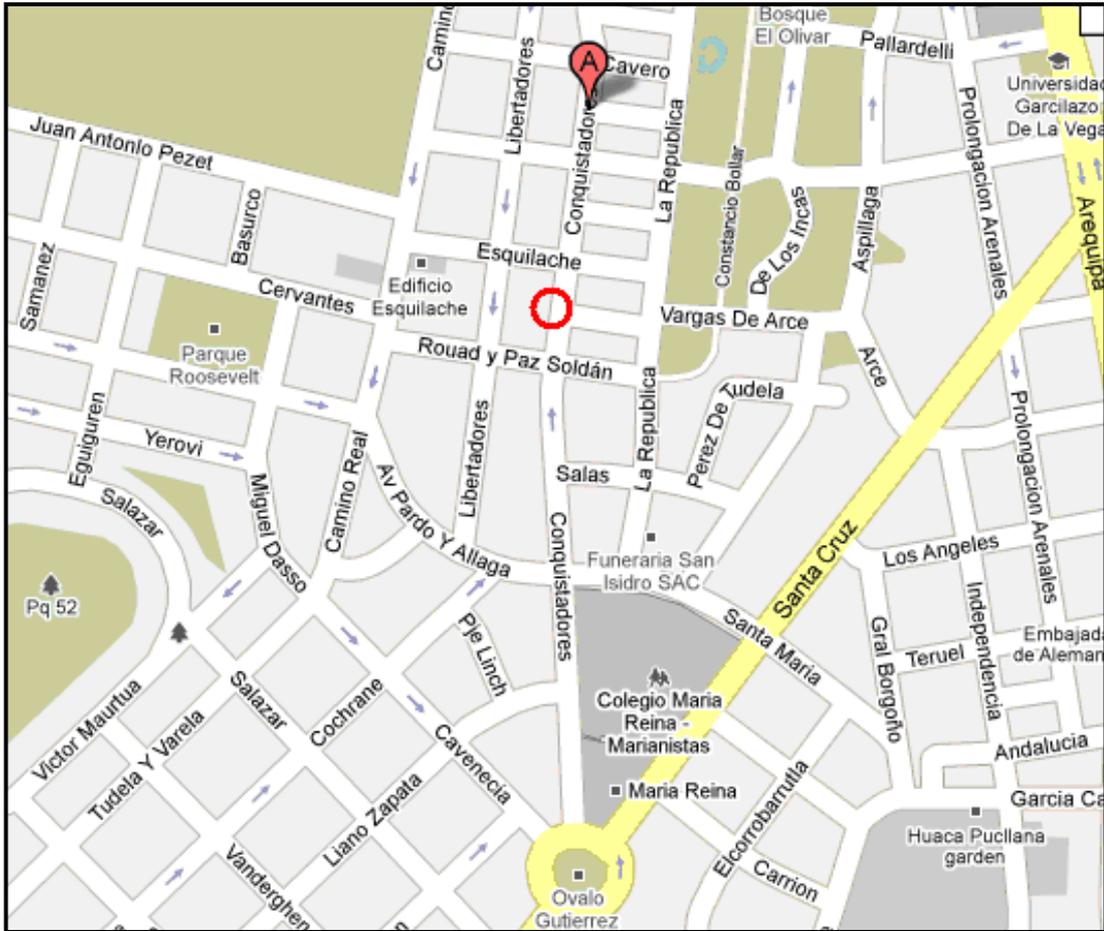


Figura 2: El círculo muestra la ubicación de la estación de monitoreo,  
COORDENADAS UTM 0278242N 8661102E  
Fuente: Google Earth.

**Zona:** Lima centro II

**Horas:** Desde las 10:00 horas hasta las 09:00 horas del día siguiente.

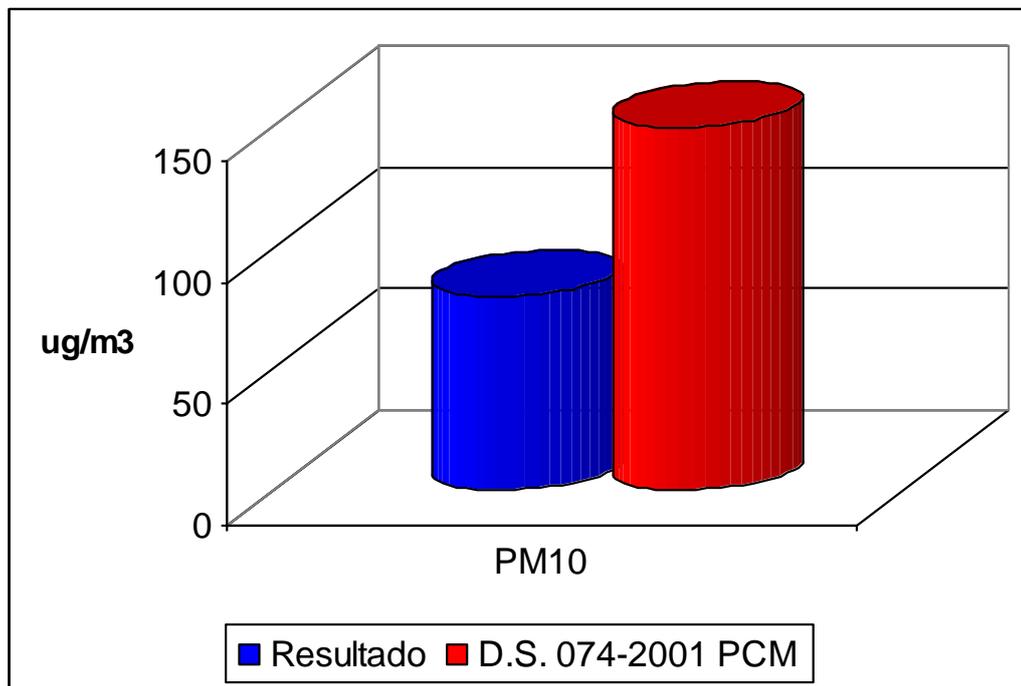
**Dirección:** Av. conquistadores cuadra 8

**Coordenadas UTM:** 0278242N 8661102E

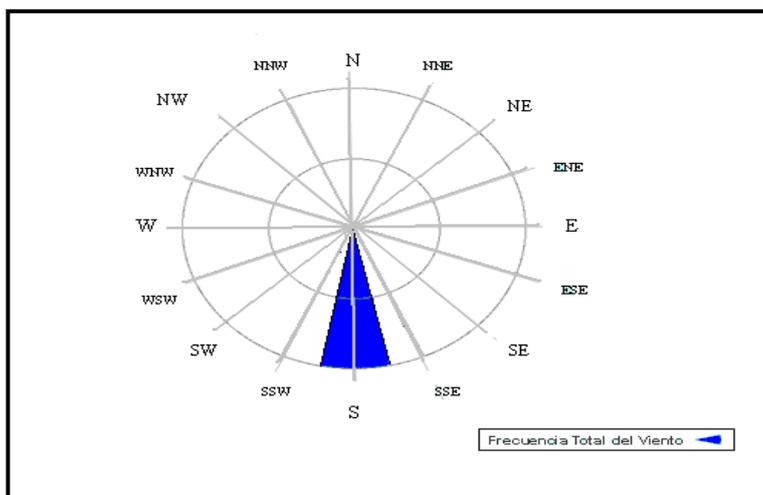
**Responsable:** Mauricio Muñoz Arditto

PARÁMETRO	Inicio 06/07/09 10:00 Horas	L.M.P D.S. 074-2001 PCM
	Final 07/07/09 09:00 Horas	
PM10	80.32	150 (24hs)
Unidades	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

**Tabla 1:** Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.



**Figura3:** Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.



**Figura 4:** Rosa de vientos dirección del viento, desde las 10:00 horas del 06/07/09 hasta las 09:00 horas del 07/07/09

**Tabla 2:** Resultados Meteorológicos.

Hora	Temperatura °C	Humedad %	Dirección del viento	Velocidad del viento m/s
10:00	19	73	S	2.6
11:00	19	73	S	2.6
12:00	20	78	SSE	3.1
13:00	21	73	S	3.1
14:00	20	73	S	4.6
15:00	20	78	S	4.5
16:00	19	78	S	5.1
17:00	19	73	S	2.6
18:00	19	73	S	3.1
19:00	18	78	S	2.6
20:00	18	78	S	2.3
21:00	18	75	S	2.8
22:00	18	73	S	2.6
23:00	18	78	S	2.6
00:00	18	83	S	2.1
01:00	18	83	S	2.1
02:00	18	83	S	2.6
03:00	18	77	SSE	3.6
04:00	18	69	S	2.1
05:00	18	77	S	2.2
06:00	18	73	S	2.1
07:00	18	73	S	2.1
08:00	18	77	S	2.1
09:00	19	73	S	2.2

**Zona:** Lima centro II

**Fecha:** Martes 14 al Miércoles 15 de Julio del 2009

**Horas:** Desde las 10:00 horas hasta las 09:00 horas del día siguiente.

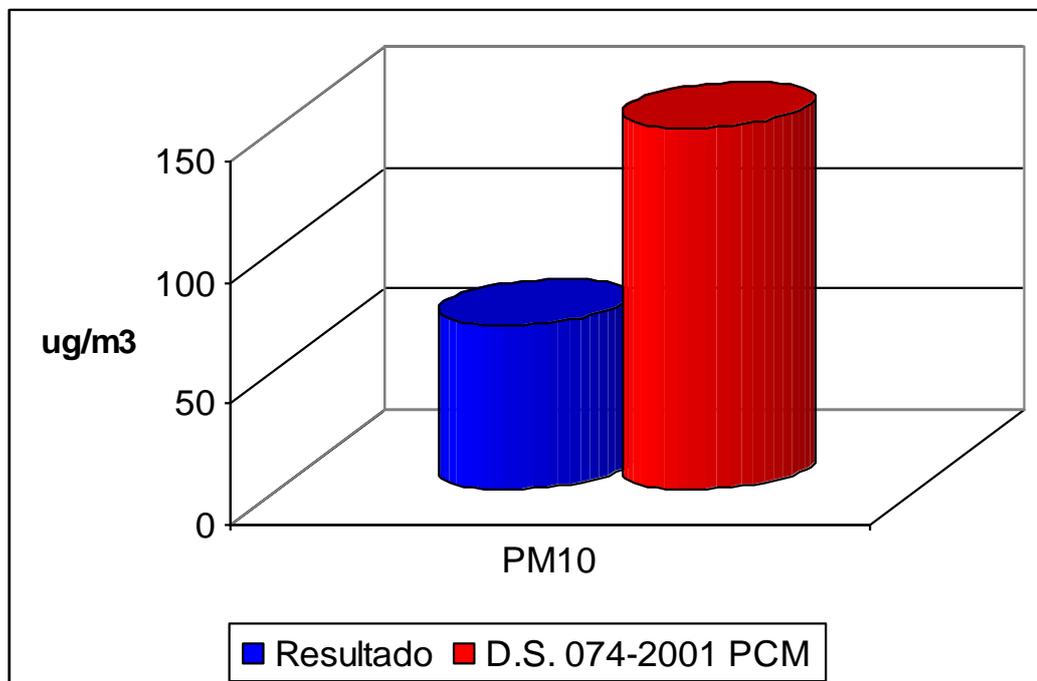
**Dirección:** Av. conquistadores cuadra 8

**Coordenadas UTM:** 0278242N 8661102E

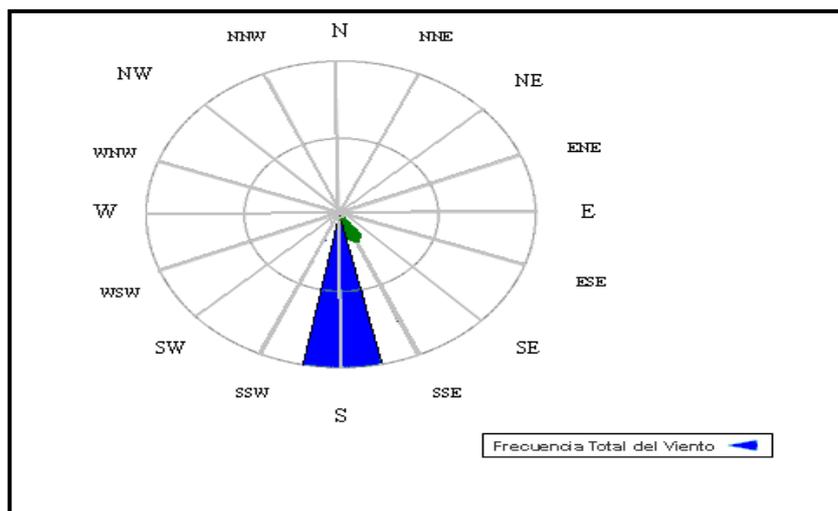
**Responsable:** Mauricio Muñoz Arditto

**Tabla 3:** Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.

PARÁMETRO	Inicio 14/07/09 10:00 Horas	L.M.P D.S. 074-2001 PCM
	Final 15/07/09 09:00 Horas	
PM10	68.51	150 (24hs)
Unidades	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$



**Figura4:** Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.



**Figura 5:** Rosa de vientos, Desde las 10:00 horas del 14/07/09 hasta las 09:00 horas del 15/07/09.

**Tabla 4:** Resultados Meteorológicos.

Hora	Temperatura °C	Humedad %	Dirección del viento	Velocidad del viento m/s
10:00	19	83	SSE	1.0
11:00	20	73	S	2.0
12:00	20	78	S	3.6
13:00	21	73	S	3.6
14:00	21	73	S	5.1
15:00	20	78	S	5.7
16:00	20	78	S	5.1
17:00	19	83	SSE	5.1
18:00	19	83	S	5.7
19:00	19	83	SSE	3.1
20:00	19	78	SSE	4.6
21:00	19	83	SSE	4.1
22:00	19	76	S	4.1
23:00	19	83	S	3.6
00:00	19	83	S	3.6
01:00	18	78	S	3.1
02:00	19	78	S	3.1
03:00	18	83	S	2.6
04:00	18	77	S	2.2
05:00	18	83	S	2.1
06:00	18	83	S	1.5
07:00	18	83	S	1.5
08:00	18	83	S	1.0
09:00	18	83	S	1.0

**Zona:** Lima centro II

**Fecha:** Miércoles 22 al Jueves 23 de Julio del 2009

**Horas:** Desde las 10:00 horas hasta las 09:00 horas del día siguiente.

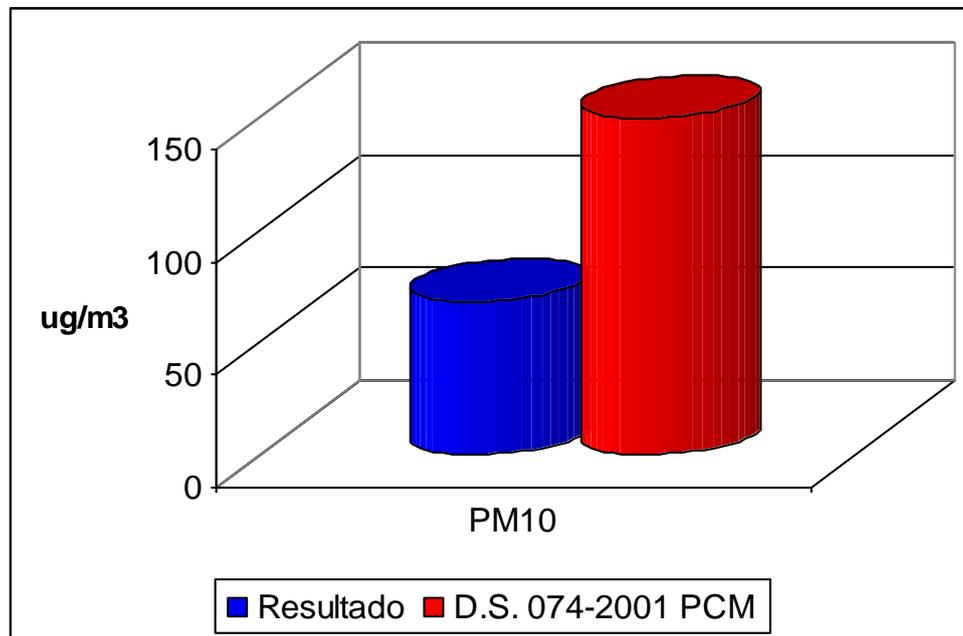
**Dirección:** Av. conquistadores cuadra 8

**Coordenadas UTM:** 0278242N 8661102E

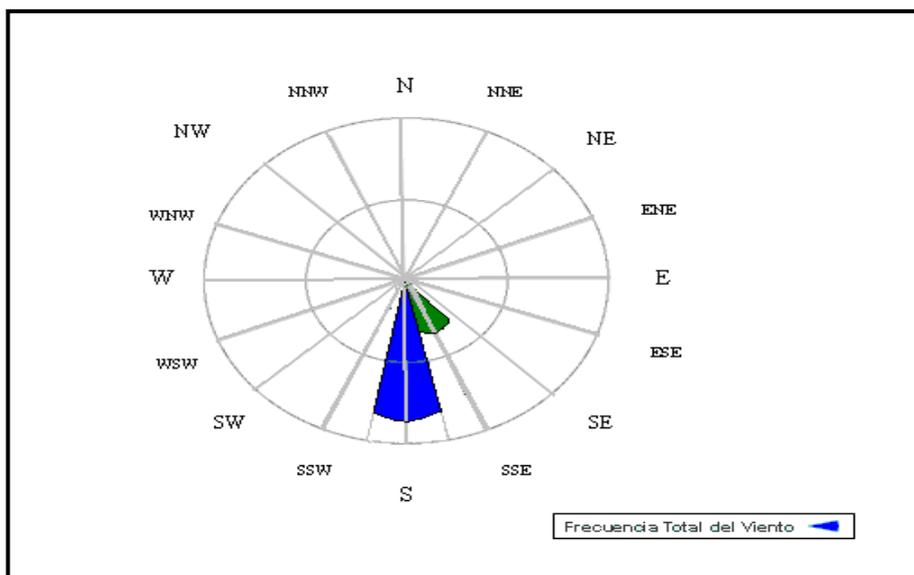
**Responsable:** Mauricio Muñoz Arditto

**Tabla 5:** Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.

PARÁMETRO	Inicio 22/07/09 10:00 Horas	L.M.P D.S. 074-2001 PCM
	Final 23/07/09 09:00 Horas	
PM10	65.61	150 (24hs)
Unidades	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$



**Figura7:** Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.



**Figura 8:** Rosa de vientos, desde las 10:00 horas del 22/07/09 hasta las 09:00 horas del 23/07/09.

**Tabla 6:** Resultados Meteorológicos.

Hora	Temperatura °C	Humedad %	Dirección del viento	Velocidad del viento m/s
10:00	19	73	SO	1.0
11:00	19	73	S	2.1
12:00	19	73	SO	2.1
13:00	20	78	S	2.6
14:00	19	78	S	4.1
15:00	19	78	S	4.1
16:00	19	78	SSE	5.1
17:00	18	75	SSE	3.6
18:00	18	83	SSE	4.1
19:00	18	83	SSE	5.1
20:00	18	18	SSE	4.6
21:00	18	83	SSE	4.6
22:00	18	83	SSE	2.6
23:00	18	83	SSE	2.1
00:00	18	88	S	2.6
01:00	18	88	SSE	3.6
02:00	17	80	S	3.1
03:00	17	88	S	2.1
04:00	17	88	S	2.6
05:00	17	88	S	2.1
06:00	17	80	S	1.5
07:00	17	82	S	1.5
08:00	18	83	S	1.0
09:00	18	77	S	1.0

**Zona:** Lima centro II

**Fecha:** Jueves 30 al Viernes 31 de Julio del 2009

**Horas:** Desde las 10:00 horas hasta las 09:00 horas del día siguiente.

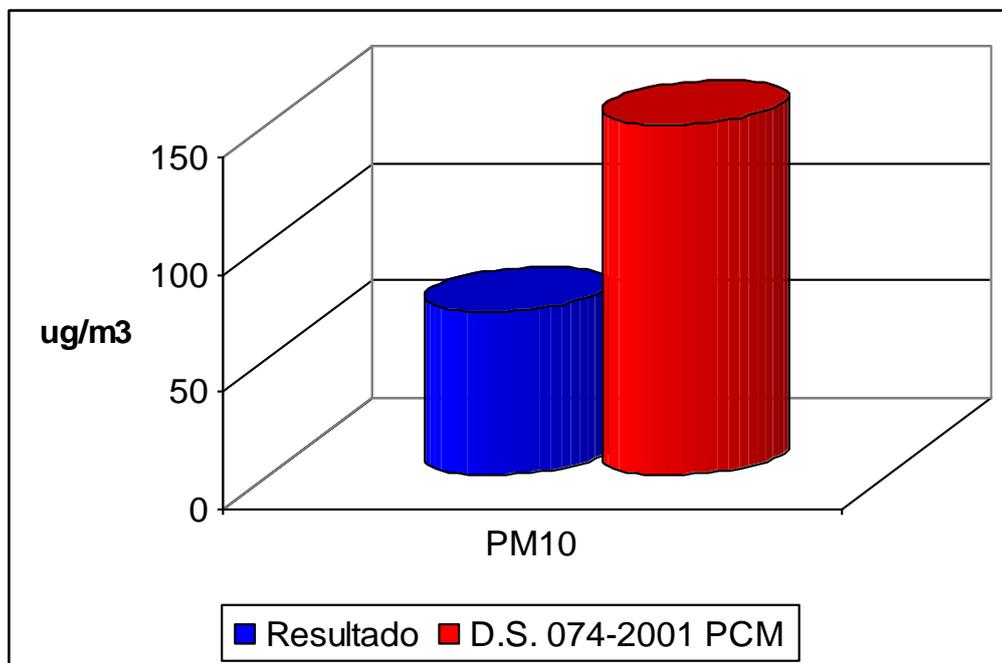
**Dirección:** Av. conquistadores cuadra 8

**Coordenadas UTM:** 0278242N 8661102E

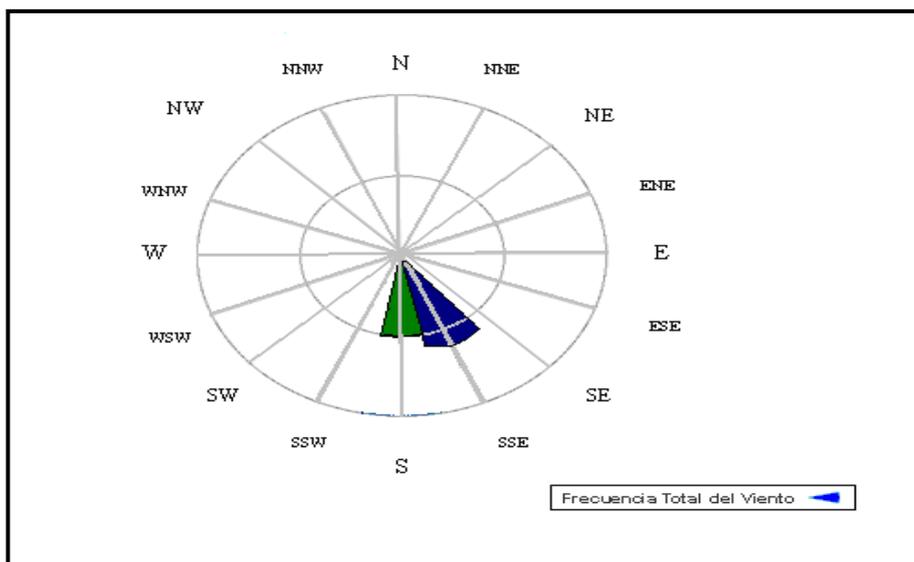
Responsable: Mauricio Muñoz Arditto

**Tabla7:** Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.

PARÁMETRO	Inicio 30/07/09 10:00 Horas	L.M.P D.S. 074-2001 PCM
	Final 31/07/09 09:00 Horas	
PM10	69.97	150 (24hs)
Unidades	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$



**Figura 9:** Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.



**Figura 10:** Rosa de vientos, desde las 10:00 horas del 30/07/09 hasta las 09:00 horas del 31/07/09.

**Tabla 8:** Resultados Meteorológicos.

Hora	Temperatura °C	Humedad %	Dirección del viento	Velocidad del viento m/s
10:00	18	77	Sin Viento	Sin Viento
11:00	19	73	SO	1.5
12:00	19	73	SSO	2.1
13:00	19	78	SSO	2.1
14:00	19	78	S	4.1
15:00	18	83	SSE	5.1
16:00	18	83	SSE	5.1
17:00	18	86	SSE	4.6
18:00	17	76	SSE	5.1
19:00	17	82	SSE	5.1
20:00	17	82	S	4.6
21:00	17	82	SSE	3.1
22:00	17	82	SSE	3.6
23:00	17	88	S	3.1
00:00	17	88	S	2.6
01:00	16	88	S	1.0
02:00	16	88	S	2.1
03:00	16	88	S	2.1
04:00	16	88	S	2.6
05:00	16	88	SSE	1.0
06:00	16	88	SSE	1.5
07:00	16	87	SSE	1.0
08:00	16	88	SSE	1.0
09:00	17	82	SSE	2.1

**Zona:** Lima centro II

**Fecha:** Viernes 07 al Sábado 08 de Agosto del 2009

**Horas:** Desde las 10:00 horas hasta las 09:00 horas del día siguiente.

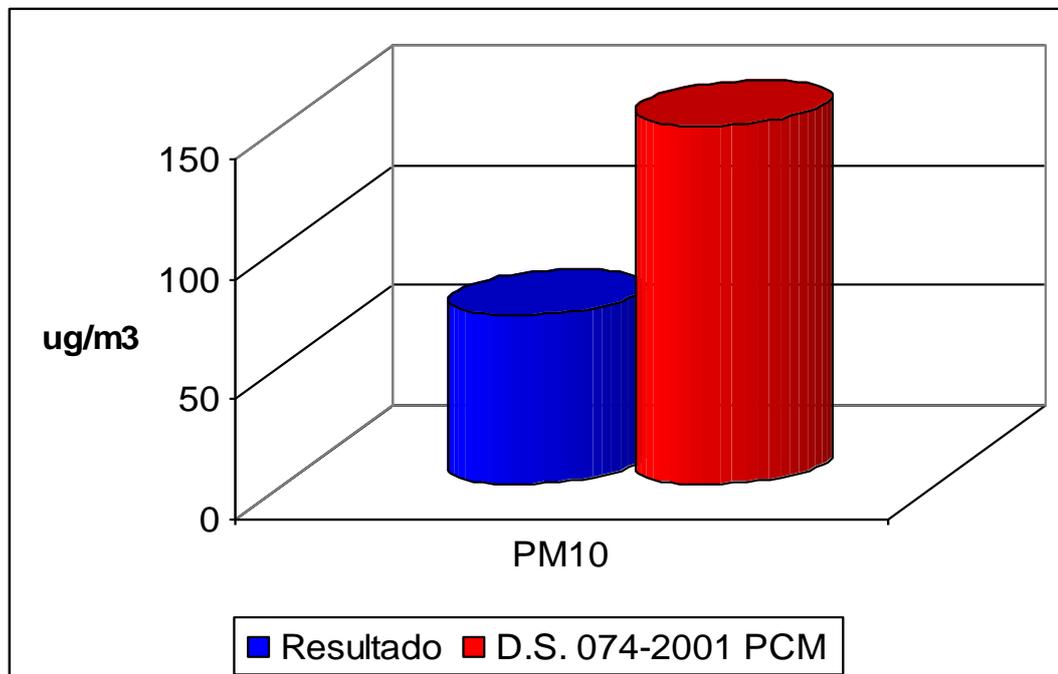
**Dirección:** Av. conquistadores cuadra 8

**Coordenadas UTM:** 0278242N 8661102E

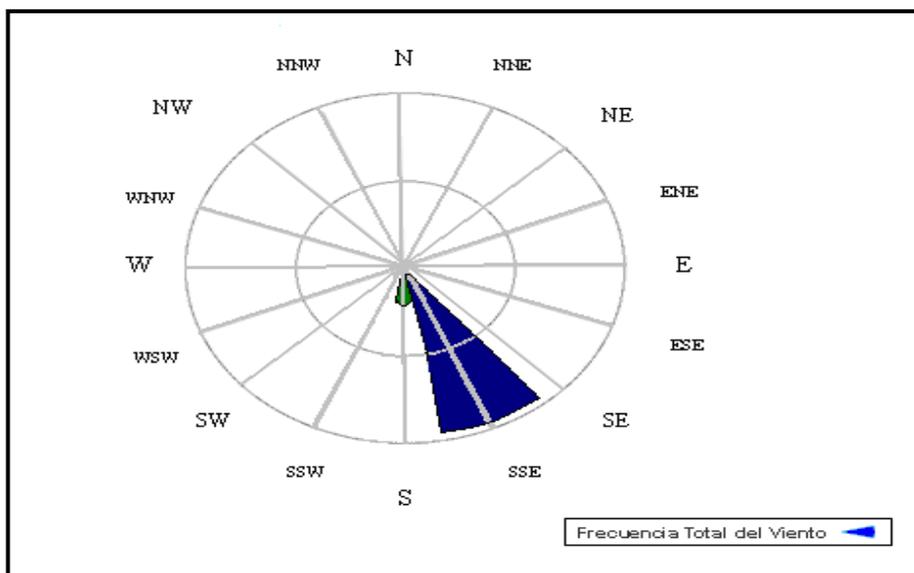
**Responsable:** Mauricio Muñoz Arditto

**Tabla 9:** Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.

PARÁMETRO	Inicio 07/08/09 10:00 Horas	L.M.P D.S. 074-2001 PCM
	Final 08/08/09 09:00 Horas	
PM10	70.82	150 (24hs)
Unidades	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$



**Figura 11:** Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM



**Figura 12:** Rosa de vientos, desde las 10:00 horas del 07/08/09 hasta las 09:00 horas del 08/08/09.

**Tabla 10:** Resultados Meteorológicos.

Hora	Temperatura °C	Humedad %	Dirección del viento	Velocidad del viento m/s
10:00	19	72	O	2.1
11:00	19	73	O	2.1
12:00	20	68	SSO	2.1
13:00	19	78	S	3.6
14:00	19	78	SSE	5.1
15:00	19	78	SSE	4.6
16:00	19	78	SSE	5.1
17:00	19	73	SSE	4.6
18:00	19	77	SSE	5.1
19:00	17	82	SSE	4.6
20:00	17	82	SSE	3.6
21:00	17	82	SSE	4.1
22:00	17	82	SSE	4.6
23:00	17	82	SSE	5.1
00:00	18	83	SSE	5.7
01:00	18	83	SSE	5.1
02:00	17	88	SSE	5.1
03:00	17	82	SSE	4.6
04:00	17	78	SSE	5.1
05:00	17	82	SSE	3.6
06:00	17	82	SSE	4.1
07:00	17	81	SSE	4.6
08:00	17	82	SSE	3.6
09:00	17	82	SSE	4.6

**Zona:** Lima centro II

**Fecha:** Sábado 15 al Domingo 16 de Agosto del 2009

**Horas:** Desde las 10:00 horas hasta las 09:00 horas del día siguiente.

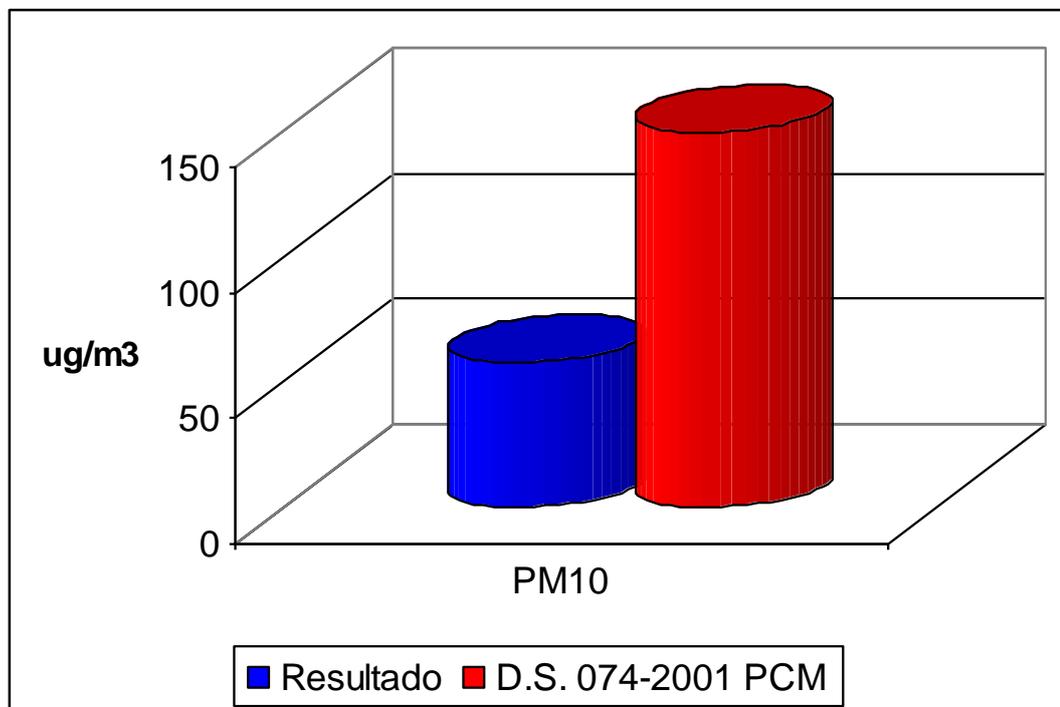
**Dirección:** Av. conquistadores cuadra 8

**Coordenadas UTM:** 0278242N 8661102E

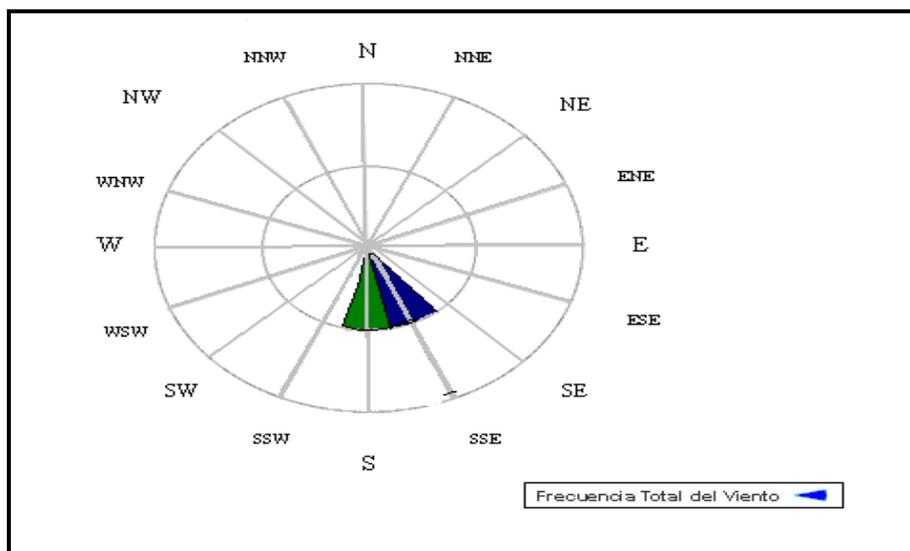
**Responsable:** Mauricio Muñoz Arditto

**Tabla 11:** Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.

PARÁMETRO	Inicio 15/08/09 10:00 Horas	L.M.P D.S. 074-2001 PCM
	Final 16/08/09 09:00 Horas	
PM10	57.72	150 (24hs)
Unidades	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$



**Gráfico 13:** Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM



**Figura 14:** Rosa de vientos, desde las 10:00 horas del 15/08/09 hasta las 09:00 horas del 16/08/09.

**Tabla 12:** Resultados Meteorológicos.

Hora	Temperatura °C	Humedad %	Dirección del viento	Velocidad del viento m/s
10:00	17	88	S	2.1
11:00	18	83	SSE	2.1
12:00	18	83	SSE	2.6
13:00	18	83	S	4.6
14:00	18	83	S	4.1
15:00	18	83	S	3.1
16:00	18	83	S	5.1
17:00	17	88	S	4.6
18:00	17	88	S	5.7
19:00	16	85	SSE	4.1
20:00	17	88	SSE	4.6
21:00	16	94	SSE	4.6
22:00	16	94	S	2.6
23:00	16	94	SSE	3.6
00:00	16	94	SSE	3.1
01:00	16	82	SSE	4.1
02:00	16	94	S	2.6
03:00	16	88	S	1.5
04:00	16	94	S	2.6
05:00	16	88	SSE	2.6
06:00	16	94	SSE	2.6
07:00	16	94	SSE	3.1
08:00	16	94	S	6.2
09:00	16	88	SSE	6.2

**Zona:** Lima centro II

**Fecha:** Domingo 23 al Lunes 24 de Agosto del 2009

**Horas:** Desde las 10:00 horas hasta las 09:00 horas del día siguiente.

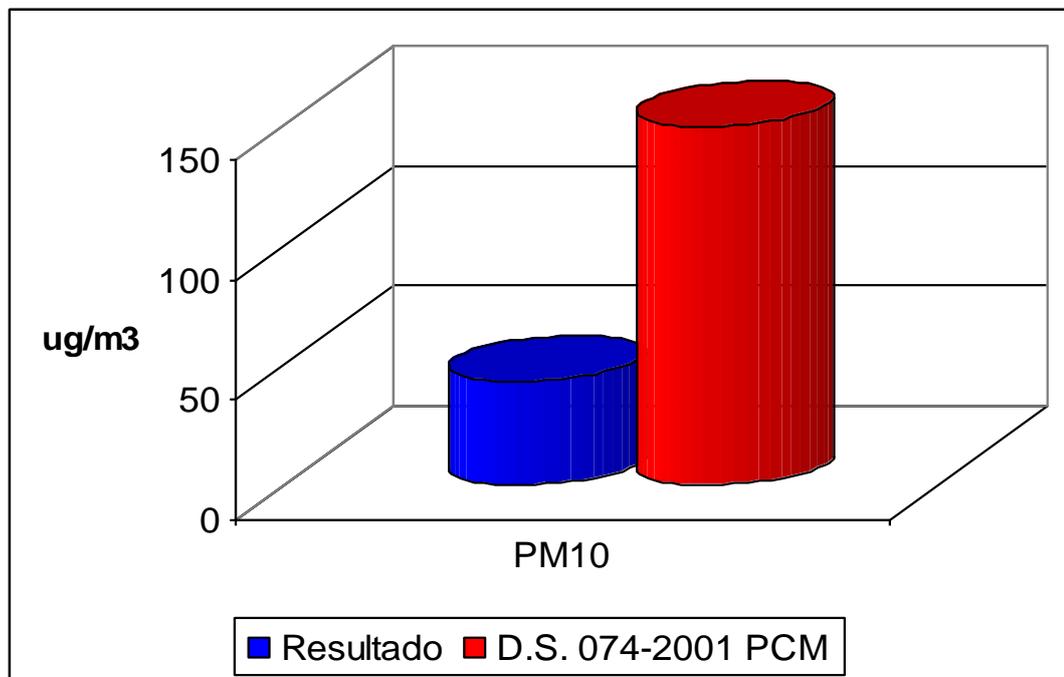
**Dirección:** Av. conquistadores cuadra 8

**Coordenadas UTM:** 0278242N 8661102E

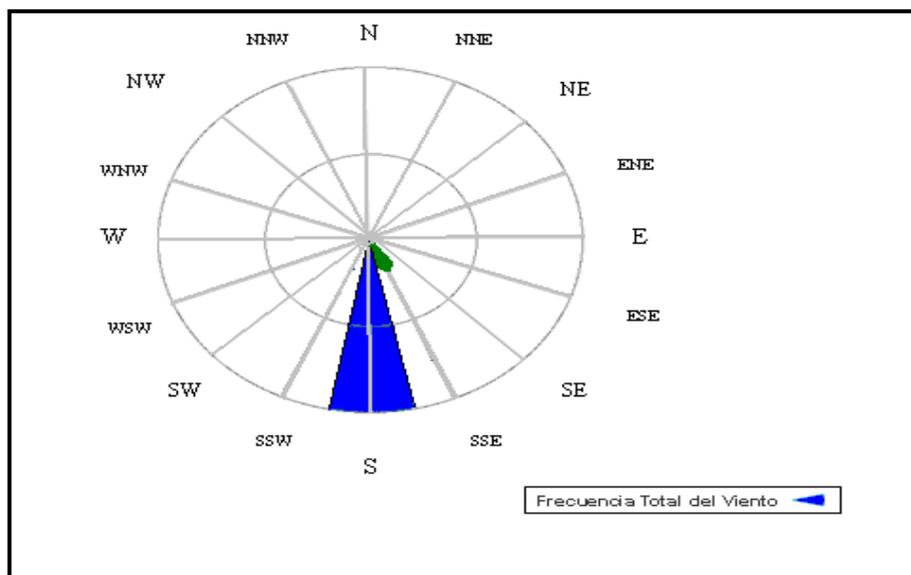
**Responsable:** Mauricio Muñoz Arditto

PARÁMETRO	Inicio 23/08/09 10:00 Horas	L.M.P D.S. 074-2001 PCM
	Final 24/08/09 09:00 Horas	
PM10	43.67	150 (24hs)
Unidades	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

**Tabla 13:** Se muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM.



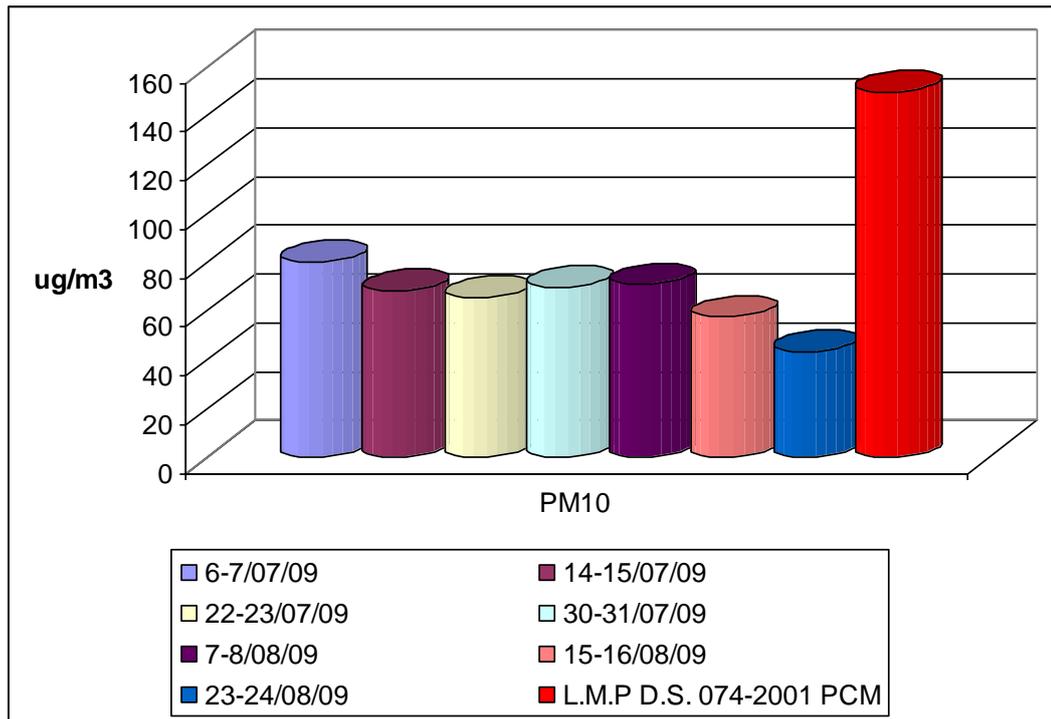
**Figura 15:** Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM



**Figura 16:** Rosa de vientos, desde las 10:00 horas del 23/08/09 hasta las 09:00 horas del 24/08/09.

Hora	Temperatura °C	Humedad %	Dirección del viento	Velocidad del viento m/s
10:00	17	82	S	2.6
11:00	17	82	S	2.2
12:00	18	77	S	2.1
13:00	18	77	SSE	3.1
14:00	9	73	S	2.6
15:00	20	68	S	2.6
16:00	19	66	S	3.6
17:00	17	73	SSE	4.1
18:00	17	82	S	3.6
19:00	17	82	S	2.6
20:00	17	82	S	3.6
21:00	16	79	S	2.6
22:00	16	88	S	2.6
23:00	16	88	SSE	2.6
00:00	16	88	S	2.6
01:00	16	88	S	2.6
02:00	15	94	S	2.6
03:00	15	86	S	3.1
04:00	15	94	S	2.6
05:00	15	94	S	2.1
06:00	15	82	S	2.6
07:00	16	88	S	2.1
08:00	16	82	SSE	2.1
09:00	17	88	S	2.6

**Tabla 14:** Resultados Meteorológicos.



**Figura 19:** Muestra los resultados obtenidos del análisis de 24 horas del equipo TCR TECORA y el LMP del D.S. 074-2001 PCM



**Figura 20:** Día 06/07/2009 a las 10:00 horas.



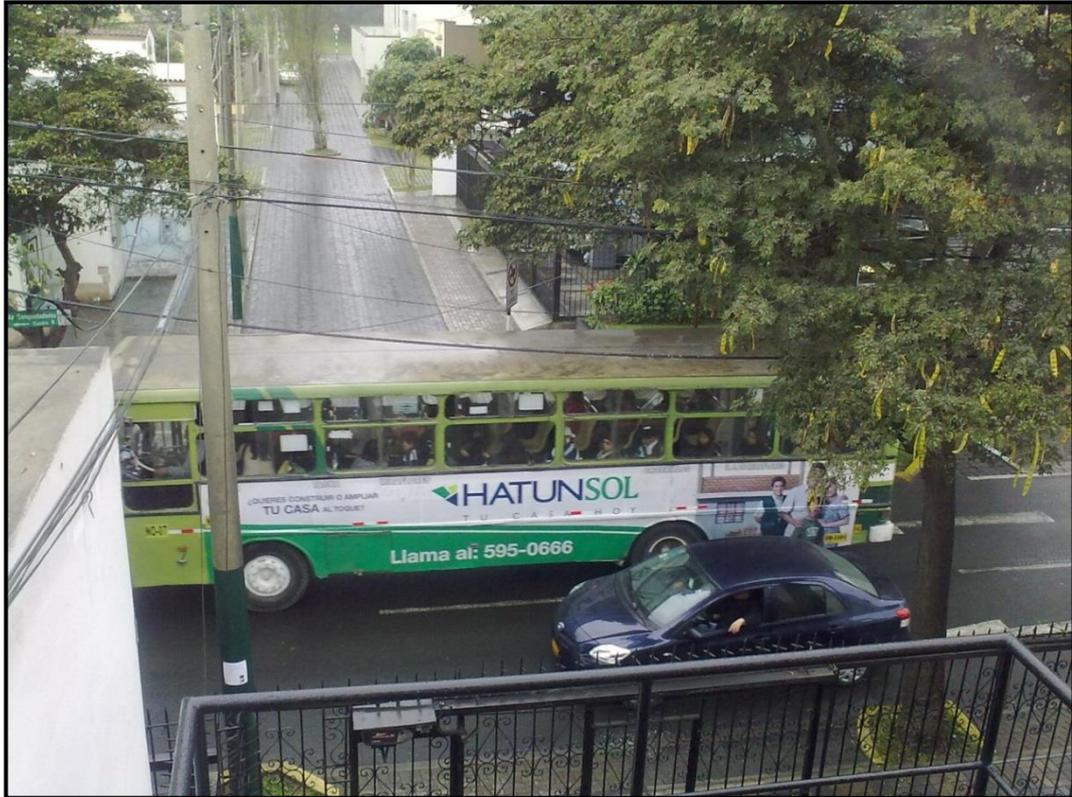
**Figura 21:** Día 14/07/2009 a las 14:30 horas.



**Figura 22:** Día 22/07/2009 a las 20:10 horas.



**Figura 23:** Ómnibus que circula en la Av. Conquistadores.



**Figura 24:** Ómnibus que circula en la Av. Conquistadores.



**Figura 25:** Microbús que circula en la Av. Conquistadores.



**Figura 26:** Transporte de cemento a las 11:25 horas.



**Figura 27:** Transporte de carga pesada a las 15:12 horas.



Figura 28: Equipo TCR TECORA PM 10 y Estación Meteorológica Kestrel



**Figura 29:** Particulado sobre las hojas, en la Av. conquistadores



**Figura 30:** A la derecha: filtro de microfibra de 47 mm captador de PM10 de los días domingo a lunes. A la izquierda filtro captador de los días lunes a martes.

**Rapporto di taratura N°**

**Calibration report N°**

**P-849309MP**

Strumento - Instrument: Bravo M - PLUS Instrument S.N.: 843/309  
 Alimentazione - Power supply: 220 V 50 Hz Destinatar. - Customer: \_\_\_\_\_

Il presente verbale di taratura non è utilizzabile per misure fiscali. Rappresenta la registrazione delle prove eseguite durante il collaudo dello strumento, in accordo ai requisiti qualitativi previsti dal nostro sistema di qualità.

**Riferimenti utilizzati - Reference used**

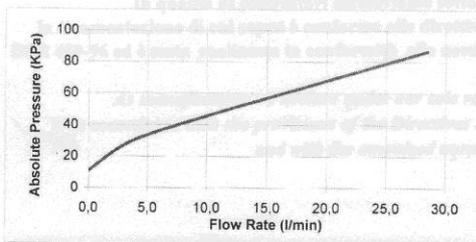
Temperatura - Temperature : Testo Mod. 720 S.N. 0608-0272/711 TCR std 04P  
 Pressione - Pressure : Tradinco mod. 2095P S.N. 6.04.007/2286 TCR std 06P

**Misura della temperatura del gas al contatore volumetrico - Temperature Measure at dry gas meter**

Campo di misura - Range : -20 +60°C

Reference	Reading	Dmax (°C)	Accept.
21.8	21.85	0.05	± 1.5 °C

**Curva caratteristica - Performance curve**



Flusso - Flow rate	
l/min	KPa
28.5	87
4.8	33
0	11

\*\* Flusso a bocca libera - Free flow rate

**Verifica rischi elettrici - Electrical risk verifying**

In accordo alle norme CEI EN 61010-1 e CEI EN 60601-1 - In accordance to norms CEI EN 61010-1 and CEI EN 60601-1

Test	Valore-Value	Accett. - Accept.
Corrente di dispersione - leakage current	200	< 1000 µA
Resistenza di isolamento - Insulation resistance	>2.5	> 2 MΩ
Resistenza equipotenziale - Continuity resistance	75	< 200 mΩ

Tecnico  
Technician

Responsabile controllo qualità  
Quality Control Chief:

Data - Date :  
11/03/2009

**Figura 31: Informe de calibración TCR TECORA**

TCR Tecora s.r.l. - 20094 Corsico - Milano - Via A. Volta, 22 - Tel ++39 02 4505501 - Fax ++39 0248601811 - www.tecora.it  
C.C.I.A.A. 1023629 di Milano - N. Pos. M. 1037198 - Reg. Imp. 191048 Trib di Milano - Cod. fisc. E P. Iva IT:04579990153

Dimensionality - Power supply: 220 V 50 Hz Instrument S.N.: 843/309  
Destination - Customer:

Strumento - Instrument: **Bravo M - PLUS**  
Matricola - Serial Number: **843/309**  
Anno di costruzione - Construction year: **2008**

**Dichiarazione di conformità**  
**Certificate of Conformity**

Spessore	Accuracy	Stress (Pa)	Accuracy
21.8	±1.0%	0.02	+1.5 °C

Curve caratteristiche - Performance curve

In qualità di costruttori dichiariamo sotto la nostra responsabilità che la strumentazione di cui sopra è conforme alle direttive 2006/95/CE, 2004/108/CE, 2006/42/CE DPR 459-96 ed è stata realizzata in conformità alle norme armonizzate applicabili CEI EN 61010-1

As manufacturer we declare under our sole responsibility that the equipment is in accordance with the provisions of the Directives 2006/95/EC, 2004/108/EC, 2006/42/EC, and with the armonized norm EN 61010-1

Verifica rischi elettrici - Electrical risk verifying

Data - Date: 11/03/2009

Test	Value	Accept - Accept
Controllo di isolamento - Insulation control	300	< 1000 uA
Resistenza di isolamento - Insulation resistance	> 2.5	> 2 MΩ
Resistenza capacitativa - Capacitive resistance	75	< 250 nF

Tecnico  
*[Signature]*

Responsabile competenza  
*[Signature]*

Data - Date: 11/03/2009

**Figura 32:** Informe de calibración TCR TECORA

**CONSTANCIA DE OPERATIVIDAD N° 0040310**

Descripción:	Muestreador de Partículas PM10	N° de Documento:	0030310
Modelo:	Bravo Plus M	N° de Serie:	849309
Cliente:	CALIDAD & AMBIENTE S.A.C.	Fabricante:	TCR TECORA
Temperatura Ambiente:	23.9°C	Fecha de Prueba:	2010-03-02
Humedad Relativa:	85.9%	Lugar de Prueba:	Instruments Lab S.A.C.
		Páginas:	Página 1 de 1

Por el presente documento la empresa Instruments Lab S.A.C. (Representante Exclusiva para el Perú de TCR Tecora) manifiesta que el instrumento evaluado **ha operado el 39.4% de las horas programadas para su mantenimiento y calibración (3000 horas, recomendadas por el fabricante)**, por lo cual solo se han realizado pruebas de verificación de operación del instrumento, cumpliendo el mismo satisfactoriamente dichas pruebas (en términos del estándar recomendado por el fabricante TCR Tecora). Este instrumento se encuentra dentro de las especificaciones establecidas.

Especificaciones del Fabricante:  X Otros: \_\_\_\_\_

**Notas:**

- Cualquier valor de Desviación Permitida que se encuentre fuera del rango establecido implica una necesidad de cambio del accesorio evaluado.
- Este documento solamente se aplica al instrumento indicado líneas arriba y no deberá ser reproducido, sin la autorización escrita aprobada por nuestra empresa.
- Se recomienda que el mantenimiento preventivo y calibración se realice en Enero del 2011, así no haya cumplido las horas de operación establecidas por el fabricante.

**INSTRUMENTS LAB S.A.C.**  
Ing° José Nakamura  
Gerente General

**Figura 33:** Informe de calibración TCR TECORA

## Kestrel® 4500 Pocket Weather Tracker Certificate of Conformity

This certifies that the enclosed Kestrel 4500 Pocket Weather Tracker was manufactured by

**Nielsen-Kellerman Co.**

at its facilities located at

**21 Creek Circle, Boothwyn, PA 19061 USA**

This instrument was produced under rigorous factory production control and documented standard procedures. It was individually inspected and tested for display, backlight, button and software functionality and its measurement performance was individually calibrated and tested against standards traceable to the National Institute of Standards and Technology ("NIST") or calibrated intermediary standards. This unit is certified to have performed at the time of manufacture in compliance with the specifications printed on the reverse.

### Methods Used in Calibration and Testing

**Wind Speed / Air Velocity:** The Kestrel impeller installed in this unit was individually tested in a subsonic wind tunnel operating at approximately 1200 fpm (6.1 m/s) monitored by a Gill Instruments Model 1350 ultrasonic time-of-flight anemometer. The low-speed functionality of this impeller was further verified following wind tunnel testing. The Gill 1350 is calibrated at low and high speeds by NIST with a maximum relative expanded uncertainty of  $\pm 0.60\%$  within the airspeed range 591 to 7874 fpm (3.0 to 40.0 m/s) and further verified on a regular schedule by NK's internal measurement assurance program.

**Temperature:** The temperature response of this unit was verified in comparison with a Eutechnics 4600 Precision Thermometer or a standard Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker calibrated weekly with the Eutechnics 4600. The Eutechnics 4600 is calibrated annually and is traceable to NIST with a maximum relative expanded uncertainty of  $\pm 0.020^\circ\text{C}$ .

**Relative Humidity:** This unit received a two-point RH calibration in humidity and temperature controlled chambers at 75.3% RH and 32.8% RH at  $25^\circ\text{C}$ . The calibration chambers were monitored with an Edgetech Model 2002 DewPrime II Standard Chilled Mirror Hygrometer. Following calibration, the performance of this instrument was further verified at an RH of approximately 43.2% against the Edgetech Hygrometer. The Edgetech Hygrometer is calibrated annually and is traceable to NIST with a maximum relative expanded uncertainty of  $\pm 0.5\% \text{RH}$ .

**Barometric Pressure:** The pressure response of this unit was verified at multiple pressures ( $\sim 1000 \text{ hPa}$ ,  $900 \text{ hPa}$  and  $500 \text{ hPa}$ ) against a Mensor Series 6000 Digital Barometer or a standard Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker calibrated weekly with the Mensor Barometer. The Mensor Barometer is calibrated annually and is traceable to NIST with a maximum relative expanded uncertainty of  $\pm 0.2 \text{ hPa}$ .

**Direction:** The performance of the magnetic compass sensor of this unit was verified at the component level as well as after assembly by

Inspected By:

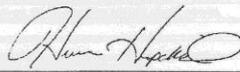


Figura 34: Informe de calibración KESTREL 4500

Kestrel 4500 Pocket Weather Tracker Specifications

Measurement / Response Time	Units	Operational Range	Resolution	Accuracy (+/-)	Specification Range
Wind Speed 1 second	m/s	0.4 to 103.0 m/s	0.1	Larger of 3% of reading or least significant digit	0.4 to 40.0 m/s
	km/h	59 to 11,948 km/h	1		59 to 7877 km/h
	km/h	1.0 to 218.0 km/h	0.1		1.0 to 144.0 km/h
	mph	0.8 to 135.0 mph	0.1		0.8 to 89.0 mph
	knots	0.6 to 118.3 kt	0.1		0.6 to 78.0 kt
	Beaufort	0 to 12 B	1		0 to 12 B
1 inch diameter impeller with precision axle and spherical bearings. Off-axis accuracy: 1% @ 5° off-axis, 2% @ 10°, 5% @ 15°. Calibration drift < 1% after 100 hours use at 16 MPH / 7 m/s. Sustained operation above 80 MPH / 27 m/s will wear impeller rapidly and may cause destruction of impeller. Replacement impeller (NK-PN-0831) may be field-installed without tools (US Patent 5,763,763).					
Wind Direction / Forward Heading 1 second	°	360°	1	5°	0 to 360°
	Cardinal Points	360°	16 Points	5°	0 to 360°
2-axis solid-state magnetoresistive sensor mounted perpendicular to unit plane to permit operation while measuring wind speed. Declination variation adjustable for True North reading. Accuracy of measurements dependent upon unit's vertical position. Self-calibration routine eliminates magnetic error from batteries or unit and must be run after every full power-down (battery removal or charge).					
Temperature 1 second	°F	-49.0 to 257.0 F	0.1	1.8 F	-20.0 to 158.0 F
	°C	-45.0 to 125.0 C	0.1	1.0 C	-20.0 to 70.0 C
Measures air, water and snow temperature. Thermally isolated, hermetically sealed, precision thermistor mounted externally (US Patent 5,939,643). Calibration drift negligible.					
Relative Humidity 1 minute	%RH	0.0 to 100.0 %	0.1	3.0 %RH	5.0 to 95.0 % non-condensing
Polymer capacitive humidity sensor mounted in thin-walled chamber external to case for rapid, accurate response (US Patent 6,257,014). To achieve stated relative humidity accuracy, unit must be permitted to equilibrate to external temperature when exposed to large, rapid temperature changes and must be kept out of direct sunlight. Calibration drift: +/- 2% over 24 months. Relative humidity may be recalibrated at factory or in field using Kestrel Humidity Calibration Kit (NK-PN-0602).					
Pressure 1 second	inHg	0.3 to 32.5 inHg	0.01	0.05 inHg	At 77.0 F, 22.1 to 32.5 inHg
	hPa / mb	10.0 to 1100.0 hPa / mb	0.1	1.5 hPa / mb	At 25.0 C, 750 to 1100 hPa / mb
	PSI	0.15 to 16.0 PSI	0.01	0.02 PSI	At 77.0 F, 10.9 to 16.0 PSI
Monolithic silicon piezoresistive pressure sensor with second-order temperature correction. Maximum error over temperature range 32 to 158 F (0 to 70 C) and pressure range 800 to 1100 hPa is +/- 0.074 inHg +/- 2.5 hPa. Calibration drift typically -0.03 inHg / -1.0 hPa per year. Pressure sensor may be recalibrated at factory or in field.					
Altitude 1 second	ft	-6000 to 30000 ft	1	52 ft	At 77.0 F, <16,700 ft, 12x error +/- 58 ft
	m	-2000 to 9000 m	1	15 m	At 25.0 C, <6,000 m, 12x error +/- 20 m
Temperature compensated pressure (barometric) altimeter.					
Crosswind Headwind, Tailwind 1 second	mph	0.8 to 135.0 mph	1	5%	8.5 to 89.0 mph
	km/h	59 to 11,880 km/h	1	5%	759 to 7832 km/h
	km/h	1.0 to 217.3 km/h	0.1	5%	13.7 to 143.2 km/h
	m/s	0.4 to 60.0 m/s	0.1	5%	3.8 to 40.0 m/s
	knots	0.6 to 117.3 kt	0.1	5%	7.4 to 77.0 kt
Calculated from the primary measurements of wind speed, wind direction and target heading. Auto-switching headwind/tailwind indication. Ranges expressed refer to primary wind speed.					
Wind Chill 1 second	°F	0.7 to 135.0 MPH, -49.0 to 257.0 F	0.1	1.8 F	1.8 to 89.0 mph, -50.0 to 50.0 F
	°C	0.4 to 103.0 m/s, -45.0 to 125.0 C	0.1	1.0 C	0.4 to 40 m/s, -45.6 to 10.0 C
Calculated from the primary measurements of wind speed and temperature. Utilizes the NWS Wind Chill Temperature (WCT) Index, revised 2001, with wind speed adjusted by a factor of 1.3 to yield equivalent results to wind speed measured at 10 m above ground. (Specification temperature limits established by WCT Tables.)					
Heat Index 1 minute	°F	0.0 to 100.0 %RH, -49.0 to 257.0 F	0.1	3.8 F	70.0 to 130.0 F, 0 to 100% RH
	°C	0.0 to 100.0 %RH, -45.0 to 125.0 C	0.1	2.0 C	21.1 to 54.4 C, 0 to 100 %RH
Calculated from the primary measurements of temperature and relative humidity. Utilizes the NWS Heat Index (HI) tables. (Specification temperature limits established by HI tables.)					
Dewpoint 1 minute	°F	0.0 to 100.0 %RH, -49.0 to 257.0 F	0.1	3.6 F	-20.0 to 158.0 F, 20.0 to 95.0% RH
	°C	0.0 to 100.0 %RH, -45.0 to 125.0 C	0.1	2.0 C	-29.0 to 70.0 C, 20.0 to 95.0 %RH
Calculated from the primary measurements of temperature and relative humidity. Temperature to which the air would need to be cooled at a constant pressure to become saturated.					
Wet Bulb Temperature 1 minute	°F	-49.0 to 257.0 F, 0.0 to 100.0 %RH, 8.86 to 32.48 inHg	0.1	3.8 F	32.0 to 100.0 F, 5.0 to 95.0% RH, 8.86 to 32.48 inHg, <19700 ft
	°C	-45.0 to 125.0 C, 0.0 to 100.0 %RH, 300.0 to 1100.0 hPa	0.1	2.0 C	0.0 to 37.8 C, 5.0 to 95.0 %RH, -2000.0 to 30000.0 ft, <6000 m
Calculated from the primary measurements of temperature, relative humidity and pressure. Temperature indicated by a wet bulb psychrometer.					
Density Altitude 1 second	ft	-49.0 to 257.0 F, 0.0 to 100.0 %RH, 8.86 to 32.48 inHg	1	248	32.0 to 100.0 F, 5.0 to 95.0 %RH, 8.86 to 32.48 inHg, <19700 ft
	m	-45.0 to 125.0 C, 0.0 to 100.0 %RH, 300.0 to 1100.0 hPa	1	76	0.0 to 37.8 C, 5.0 to 95.0 %RH, -2000.0 to 30000.0 ft, <6000 m
Calculated from the primary measurements of temperature, relative humidity and pressure. Air density converted to equivalent sea level aviation at the International Standard Atmosphere.					
Max/Avg Wind Speed, Crosswind, Headwind/Tailwind	One-button clear and reset of Max Wind Gust and Average Wind measurement				
Data Storage / Display	Minimum, maximum, average and logged history stored and displayed for every measured value. 1400-point data logger with graphical display. Auto data storage, interval selectable from 2 seconds to 12 hours. Manual data capture.				
Data Upload	Requires optional PC interface (NK-PN-0830) and provided software. RS-232 connection with USB adapter available.				
Display	Multi-function, multi-digit programmable dot-matrix display.				
Display Update	1 second				
Display Backlight	Choice of aviation green or visible red electroluminescent backlight. Automatic or manual activation.				
Clock / Calendar	Real-time hours/minutes/seconds clock, calendar, automatic leap-year adjustment.				
Operational Temperature Range (LCD and Batteries)	The operational temperature range of the liquid crystal display and batteries: +14 F to 131 F / -10 C to 55 C. Beyond the limits of the operational temperature range, the unit must be maintained within range and exposed for minimum time necessary to take reading.				
Storage Temperature	22 F to 140 F / -30 C to 60 C				
Auto Shutdown	User-selectable: 15 or 60 minutes with no key presses or display.				
Languages	English, French, German, Italian, Spanish.				
Certifications	CE certified. Individually tested to NIST-traceable standards (written certificate of tests available at additional charge).				
Batteries	AAA Alkaline, two included. Average life: 400 hours of use +/- depending on backlight use.				
Environmental	Waterproof (IP67 standard). Drop-tested (MIL-STD-883C, method 2000). Substantial impact may damage replaceable impeller.				
Dimensions	Unit: 5.0 x 1.8 x 1.1 in / 12.7 x 4.5 x 2.8 cm				
Weight	Unit: 3.6 oz / 102 g				

Kestrel S.A.C. - P.O. Box 10488  
 10000 Santa Fe Avenue, Santa Fe, New Mexico, USA - 87501  
 Tel: +1-505-833-8888 Fax: +1-505-833-8889  
 Email: sales@kestrelusa.com www.kestrelusa.com

Figura 35: Informe de calibración KESTREL 4500