

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Programa de Ingeniería Sanitaria

**"ESTUDIO DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL
POR MONOXIDO DE CARBONO EN EL CERCADO
DE LIMA METROPOLITANA"**

**Proyecto de Grado para optar el Título de
Ingeniero Sanitario**

Por

LEOPOLDO ALFONSO JAUREGUI PEREYRA

ALFREDO E. VELASQUEZ GARCIA

Lima, 28 de Febrero de 1969

Promoción "Enrique Jimeno Blasco" - 1968

" ESTUDIO DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL POR MONOXIDO
DE CARBONO EN EL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA "

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO SANITARIO

P R O G R A M A

- I) SUMARIO
- II) INTRODUCCION
- III) LA CONTAMINACION AMBIENTAL POR MONOXIDO DE CARBONO:
GENERALIDADES
- IV) METODOLOGIA DEL ESTUDIO
 - A) Estaciones de Muestreo.
 - (1) Criterios de Selección.
 - (2) Número y Localización.
 - B) Evaluación de Factores Ambientales.
 - (1) Determinación de Monóxido de Carbono en Aire.
 - (a) Método Analítico.
 - (b) Instrumentos.
 - (c) Cálculos.
 - (2) Temperatura y Humedad Relativa del Aire.
 - (a) Instrumentos.
 - (b) Cálculos.
 - (3) Velocidad y Dirección del Viento.
 - (a) Instrumentos.
 - (b) Cálculos.

(4) Observaciones Meteorológicas.

(a) Variaciones climatológicas del día.

V) RESULTADOS DEL ESTUDIO

A) Variación de la Concentración de Monóxido de Carbono durante el día.

B) Variaciones de Temperatura y Humedad.

C) Variación de la Velocidad y Dirección del Viento.

D) Relación entre la Temperatura y Humedad del Aire con la Concentración del Monóxido de Carbono.

E) Relación entre la Velocidad y Dirección del Viento con la concentración del Monóxido de Carbono.

VI) DISCUSION DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL POR MONOXIDO DE CARBONO DEL CERCADO DE LIMA.

A) Principales Efectos Posibles.

B) Rol. de las causas principales.

C) Principales Soluciones.

VII) CONCLUSIONES

VIII) RECOMENDACIONES

IX) BIBLIOGRAFIA

X) INDICE

S U M A R I O

El presente "Estudio de la Contaminación Ambiental por Monóxido de Carbono en el Cercado de Lima Metropolitana", evalúa las condiciones actuales de contaminación en esa zona, particularmente referidas al monóxido de carbono, aunque se hace un enfoque general.

Las características del gas escogido para este estudio lo hacen de especial interés dentro de la contaminación en general, ya que por ser incoloro, prácticamente inodoro, asfixiante químico de gran poder por la marcada avidez de la hemoglobina de la sangre hacia él con exclusión del oxígeno, bastante estable y de acción dañina al organismo; la preocupación natural del ser humano por proteger su salud le concede la primera importancia para las condiciones de la zona mencionada. Los límites permisibles de contaminación por monóxido de carbono establecidos para ciudades que han tenido antes este tipo de problema y que aquí se han tenido que usar por no existir propios, son de procedencia extranjera.

La contaminación por monóxido de carbono en el Cercado de Lima Metropolitana, se debe fundamentalmente al gran tránsito vehicular existente en dicho sector y a la baja velocidad de circulación con que se desplazan estas unidades dentro de él. Así para realizar este estudio se establecieron tres estaciones de muestreo, seleccionadas para cubrir toda el área del Cercado de Lima, comprendida entre las avenidas Abancay, Nicolás de Piérola (Colmena) y Tacna y los jirones Conde de Superunda (Lima) y Junín; todo esto para cruces de calles con las máximas, medias y mínimas concentraciones respectivamente.

Los métodos empleados en la determinación del monóxido de carbono para este estudio han sido el del Detector Colorimétrico con cambio de color y el método de la Longitud de Mancha, con tres alternati-

//..vas de medición cada uno por vez.

La temperatura y humedad relativa, así como el viento, son factores que normalmente están presentes en el aire ambiental, pero de ellos, sólo el viento es factor modificante de la concentración de monóxido de carbono en el ambiente, porque lo diluye según su intensidad, como hace también con otros contaminantes.

El estudio realizado corresponde a la época del verano y a un período comprendido entre los meses de Enero y Febrero de 1969; de aquí que las características estacionales favorezcan más que en otras épocas del año, la dilución de los contaminantes ambientales.

Las características geográficas de esta zona condicionan favorablemente la contaminación.

La concentración de monóxido de carbono hallada como tendencia general para las 24 horas del día fue de 20 ppm con un mínimo de 0 ppm y un máximo de 50 ppm de monóxido de carbono; siendo superior el valor de tendencia general al aceptado por los límites permisibles rusos e inferior a los límites permisibles usados por el mundo occidental por escasa diferencia.

Creemos que la insalubridad ambiental que produce el monóxido de carbono en el Cercado de Lima Metropolitana puede atentar contra el comercio que allí se desarrolla, porque las concentraciones halladas para este contaminante, permiten suponer en cada una de las personas mayor tiempo expuestas, síntomas característicos de esta contaminación, tales como dolor de cabeza y afecciones nerviosas, los que se acentuarían de tomar en cuenta los otros contaminantes ambientales que también existen en este lugar; con lo que podría pues verse perjudicada la actividad comercial por las precauciones que tomaría la gente de verificarse esto con un estudio epidemiológico.

INTRODUCCION

Hace algún tiempo bastaba la autopurificación de los cursos de agua para que ésta pudiese volver a ser usada por el hombre sin perjuicio para su salud; ahora requiere los más minuciosos y complicados tratamientos: ¿Bastará actualmente la autopurificación del aire que respiramos en Lima Metropolitana?. Esta es la pregunta que deseamos responder al realizar el presente estudio.

Nuestra ciudad capital, como ha ocurrido con sus equivalentes de otros países que han alcanzado mucho antes el avance actual nuestro y que ahora lógicamente se encuentran en un estado de mayor adelanto, está ingresando a la fase de desarrollo industrial con el ímpetu que caracteriza a esta etapa. Ello es beneficioso para el país y necesario por cierto, pero si las consecuencias de la gran actividad humana que es indispensable desplegar en esta época no son previstas con la debida anticipación, estaremos acumulando dificultades para el futuro, porque para entonces el problema será más difícil de solucionar y seguramente su solución onerosa, sin contar los perjuicios que hasta esa fecha haya causado.

Dentro de las consecuencias negativas que trae consigo el adelanto industrial, está en el primer plano la contaminación ambiental en general y dentro de ella principalmente la contaminación del aire o polución atmosférica.

La contaminación del aire cuenta con un número considerable de sucesos históricos que ha obligado a tomar medidas preventivas en defensa de la salud del habitante de las zonas cuya contaminación atmosférica ha causado pérdidas irreparables y desgracias personales, como los tristemente recordados sucesos en el Valle de Mosa (Bélgica -

//.. 1930), Los Angeles (Estados Unidos - 1943), Donora (Estados Unidos - 1948), Londres (Inglaterra - 1952, 1956, 1960 y 1962), Nueva York (Estados Unidos - 1963), en los que las condiciones desarrolladas por automotores e industrias que vertían residuos carbonosos y de otra índole a la atmósfera en forma de gases de diferentes colores, incoloros y hasta inodoros, hicieron del aire ambiente un elemento dañino y capaz de causar la muerte a muchas personas como ocurrió en todas las ciudades mencionadas.

Aunque el hablar de la contaminación del aire en general deja ver que es necesaria una acción preventiva para controlar este fenómeno, esta acción de defensa de la salud humana exige ser llevada a cabo una de los diversos contaminantes que producen esta situación para poder eliminar una a una las partes que integran e incrementan la peligrosidad del citado complejo. Es así como el presente estudio va dirigido a evaluar el grado de contaminación por monóxido de carbono existente en el aire del Cercado de Lima Metropolitana, por considerar que es esta la parte más contaminada por residuos gaseosos de naturaleza automotriz de toda la Gran Lima y la que por consiguiente ofrece el mayor peligro para la salud por esta causa general y especialmente por monóxido de carbono, por ser de los gases emitidos por el escape de los vehículos equipados con motores de explosión, uno de los más importantes desde el punto de vista de su producción y peligrosidad en la zona mencionada por las características urbanas de este lugar.

Refiriendo la historia a la contaminación exclusiva por monóxido de carbono encontramos según estudio realizado por el profesor Bloomfield el año 1927 en 14 ciudades de los Estados Unidos de Norteamérica, una concentración promedio de 80 ppm; es decir 50 ppm por encima del límite máximo permisible para 8 horas diarias de exposición a este gas. El año anterior (1926) el Bureau de Ingeniería Sanitaria

del Departamento de Salud de Chicago, encontró 36 ppm. El investigador Cholak en 1952 encontró un promedio de 140 ppm en Baltimore, en Cincinnati halló 9.5 ppm de promedio para las zonas comercial e industrial y 4 ppm para la residencial, en Donora y Pensylvania 5 ppm.

Castrop, Estephens y Patty el mismo año (1952) encontraron en 380 muestras tomadas en Detroit un máximo de 80 ppm a una altura de 5 pies (1.52 metros). Obtuvieron un promedio de 28.9 ppm para las calles de tráfico lento y denso, 12.3 ppm para las calles de tráfico medio y 6.9 ppm para las calles de tránsito rápido.

En Los Angeles se realizaron aproximadamente 400 determinaciones, encontrándose un máximo de 160 ppm con promedios de 58, 27.5 y 11.8 ppm para tráficos lentos - densos, medios y ligeros respectivamente. Pruebas realizadas en días con ausencia de smog (°) arrojaron una concentración de 9.7 ppm y en presencia de smog 39.4 ppm de monóxido de carbono. Si consideramos que es de 30 ppm el límite máximo permisible para 8 horas diarias de exposición a monóxido de carbono, según estudios propios para esta ciudad, tendremos que pensar que en las ciudades mencionadas hubieron condiciones desfavorables para la salud por este contaminante y si tomamos como referencia límites rusos, la situación sería extremadamente crítica, porque sus severos límites permisibles son muy menores con respecto a los de Los Angeles como lo veremos más adelante; luego estas condiciones fueron las que en la parte que les correspondió produjeron las pérdidas y lamentables consecuencias en las ciudades más afectadas que hemos mencionado. Tomemos en cuenta las experiencias sufridas por quienes no tuvieron la suerte de prevenir y descartemos con anticipación este tipo de amenaza a nuestra salud, ahora que estamos a tiempo de protegernos.

(°) Smog: Composición inglesa de smoke = humo y fog = niebla.

LA CONTAMINACION AMBIENTAL POR MONOXIDO DE CARBONO

G E N E R A L I D A D E S

Para poder evaluar las condiciones de contaminación por monóxido de carbono en el "Centro de Lima", que es el sector más afectado por este contaminante en Lima Metropolitana y para conocer el tipo de perjuicio que puede causar creemos necesario describir el gas en estudio. El monóxido de carbono es un gas incoloro, prácticamente inodoro de características asfixiantes por la avidéz de la hemoglobina de la sangre por él, con exclusión del oxígeno. Produce intoxicaciones de diferente orden, dependiendo esto del tiempo de exposición y la concentración del gas en el aire.

La acción dañina del monóxido de carbono se encuentra latente en casi todos los gases combustibles e iluminantes, así como en todo lugar intensamente transitado por vehículos que usan generalmente gasolina de bajo octanaje u octanaje inferior al requerido para la completa combustión y por vehículos deficientemente regulados o afinados, con el sistema del escape deteriorado; aquí debemos decir que si a vehículos en estas condiciones agregamos una inexistente hermeticidad interior para evitar el ingreso de los gases residuales a través del piso del carro, el problema se torna extremadamente serio para los pasajeros del vehículo y más aún para el chofer que permanece un mayor tiempo dentro de él.

Una exposición a concentraciones superiores a los 30 ppm para un máximo de 8 horas y 120 ppm para 1 hora como tiempo límite máximo, produce desde un simple dolor de cabeza o cefalea, hasta la misma muerte en la medida en que la concentración sea lo suficientemente alta.

En el Cercado de Lima Metropolitana la contaminación por monóxido de carbono se debe principalmente a la gran cantidad de automotores que circulan en ella y en especial a los vehículos equipados con motores de explosión a gasolina. La contaminación se ve favorecida por la ausencia de corrientes de aire que diluyan suficientemente las constantes descargas polucionantes y por la presencia de altas edificaciones que dificultan la ventilación de este lugar.

METODOLOGIA DEL ESTUDIO

A) Estaciones de Muestreo.

Para la realización de este estudio se ha escogido algunos cruces de calles comprendidos dentro del área del Cercado de Lima Metropolitana como estaciones de muestreo; la vastedad del Cuadrilátero Pizarro, cuyos límites ya se han descrito obliga pues a considerar puntos claves representativos de toda esta zona, aunque las variadas condiciones existentes en dicha área son extensibles a cualquier punto de ella para hacer estudios de contaminación ambiental, como es el del monóxido de carbono.

Es necesario tener en cuenta las diferencias entre los puntos escogidos y en fin tomar los resultados como un promedio válido para toda la zona en estudio.

En estas estaciones de muestreo se tomaron las muestras que fueron analizadas y permitieron determinar la carga polucional de monóxido de carbono que tenía cada estación.

(1) Criterios de Selección.

Para la elección de las estaciones de muestreo se han usado criterios basados en la inspección ocular y en un despistaje general realizado para los cruces de calles del área escogida, enmarcada por las avenidas Abancay, Nicolás de Piérola (Colmena) y Tacna y jirones Conde de Superunda (Antes Lima) - Junín.

Los criterios específicos son los siguientes:

- (a) Adoptar como estaciones de muestreo los cruces de calles que resultaron con las máximas, medias y mínimas concentraciones de monóxido de carbono en ppm.
- (b) Elegir los cruces de calles como estaciones de muestreo, de manera que la sumación de sus áreas de influencia sea

//...pectivas representen la integridad del área en estudio.

(c) Adoptar como estaciones de muestreo, cruces de calles que por tener edificaciones altas, siendo las calles estrechas, tienen propensión a mantener los contaminantes por lapsos prolongados, antes de que las corrientes de aire los dispersen y/o diluyan, es decir donde la renovación del aire es lenta.

(d) Adoptar cruces de calles como estaciones de muestreo donde el flujo vehicular es grande. Sin interferir los otros criterios se ha dado prioridad a las arterias donde la circulación de automóviles es mayor, ya que estos son los principales contribuyentes del monóxido de carbono emitido al ambiente.

(e) Elegir estación de muestreo a un cruce de calle de aquellos en los que por motivos de tránsito los vehículos permanecen con los motores en funcionamiento por tiempos relativamente prolongados, porque los motores en "ralenti" (Funcionando en mínimo) emiten monóxido de carbono en mayor cantidad.

(f) Adoptar como estaciones de muestreo los cruces de calles en los que el tránsito de peatones es grande, así como la existencia de oficinas y establecimientos comerciales donde el personal que trabaja está expuesto 8 horas diarias o más a una atmósfera altamente polucionada.

(g) Seleccionar como estaciones de muestreo cruces de calles cuya ventilación no sea interferida por la mayor ventilación que existe en las calles amplias, como son las avenidas Abancay, Nicolás de Piérola y Tacna, que enmarcan la zona del Cercado; como también será dentro de poco el jirón Cuzco - Arequipa o Riva Agüero.

En la selección de las estaciones de muestreo se ha tenido en cuenta sólo la carga polucional producida por los vehículos motori-

//...zados, que proveen el 95 % de contaminantes gaseosos al aire.

(2) Número y Localización.

Se han adoptado las estaciones de muestreo de acuerdo a los criterios de selección citados anteriormente, además el factor operacional y personal necesario para muestreo obligaron a tomar tres estaciones.

Desde que este estudio se debe hacer con el mayor número de estaciones de muestreo para tener así un resultado que sea el más representativo de la zona en estudio se ha elegido este número mínimo de estaciones para salvar esta consideración. Las estaciones escogidas han sido los cruces que corresponden a los jirones Huallaga y Azángaro: Estación N° 1, con la característica de máxima concentración de monóxido de carbono y un flujo vehicular predominante de automóviles; Carabaya y Puno; Estación N° 2, con la característica de mediana concentración de monóxido de carbono y un flujo vehicular mixto de omnibuses y automóviles; Cailloma y Arequipa; Estación N° 3, con la característica de mínima concentración de monóxido de carbono y un flujo vehicular predominante de omnibuses; que reúnen las condiciones establecidas.

En el plano respectivo se han señalado con círculos los cruces de calles que se han tomado como estaciones de muestreo; además se indican los sentidos de tránsito actuales, ya que éstos son continuamente variados por las exigencias de fluidez dentro del Cercado de Lima Metropolitana. Cabe señalar que la circulación de vehículos en el sentido de Este a Oeste y viceversa es por lo general de omnibuses, no así las transversales en los sentidos complementarios que son transitadas casi en su totalidad por automóviles y/o microbuses; así para los jirones Moquegua - Puno, Arequipa - Cuzco, Huancavelica - Miró Quesada, Ica - Ucayali y Callao - Huallaga, son transitados mayormente por omni-

//..buses que emiten contaminantes particulados: humos; además por su puesto de la variedad de gases que incluye al monóxido de carbono; pero desde que estos vehículos usan como combustible el Diesel Oil, es menor la tasa de contribución del mencionado gas.

B) Evaluación de Factores Ambientales.

En la actualidad el hombre moderno con el gran desarrollo industrial que se realiza en las grandes urbes vive respirando aire que resulta cada día más "sucio" y contaminado, poniendo en peligro la salud del habitante.

Para plantear programas destinados a sanear y conservar el ambiente es necesario evaluarlo; es decir, determinar los factores que hacen nocivo el aire. Las determinaciones mínimas a programarse para una evaluación de este tipo comprenderían:

El contaminante en estudio.

Temperatura y humedad relativa del aire.

Velocidad y Dirección del viento.

Condiciones meteorológicas.

Se hacen estas evaluaciones porque como se demostrará adelante, estos factores influyen directamente la permanencia o dilución en el medio ambiente de los contaminantes emitidos al aire ambiente. Con el objeto de ordenar la evaluación de estos factores se ha confeccionado una forma adecuada para la anotación de los datos en el muestreo que se ha realizado para el presente trabajo, que con el nombre de Hoja de Datos para el Muestreo de Monóxido de Carbono en Aire, se presenta a continuación.

HOJA DE DATOS PARA EL MUESTREO DE MONOXIDO DE CARBONO (CO) EN AIRE

Estación N° _____
 Ubicación: Jr. _____ y Jr. _____
 Fecha: Lima, _____ de _____ de 1969

Muestra N° de estrujadas	Concentración de CO		Hora de muestreo	Tem- pera- tura °C	Humedad		Variaciones climatoló- gicas del día			Viento		Observaciones
	%	ppm			T1	T2	Solea do	Nubla do	Lluvia so	Direc- ción	Velocí- dad	

T1 = Temperatura del bulbo seco.
 T2 = Temperatura del bulbo húmedo.

(1) Determinación de Monóxido de Carbono en Aire.

La determinación de monóxido de carbono presente en el aire deberá hacerse mediante un proceso discriminatorio que permita su exclusiva determinación eliminando las posibles interferencias que por otros gases de alguna afinidad con él, pueda producirse. Existen diferentes métodos para efectuar esta determinación; en principio se puede determinar desde la sola presencia del monóxido de carbono sin interesar la concentración de este gas, mediante el uso de canarios y ratos en Japón y animales japoneses, en base a que el monóxido de carbono afecta a los animales pequeños con notable rapidez respecto de los seres humanos, hasta su casi exacta concentración según el caso y la necesidad. A continuación se describen los métodos más conocidos:

- Método del Acido Pirotánico, que es confiable y seguro dentro de valores de 0.05 % ó 300 ppm, cuando son usados buenos estándares. Estándares aplicados con un artefacto comercial para la utilización de este método, arroja una variación hasta de 35 %.

- Método del Pentóxido de Yodo, que es lento y requiere atención minuciosa a los detalles y posible interferencia de otros gases. Este método es muy confiable y se ha usado mucho como método de laboratorio.

- El procedimiento de la absorción de gas de Haldane u Orsat, puede ser usado solamente cuando se analizan pequeñas muestras con altas concentraciones. El monóxido de carbono puede ser quemado y el dióxido de carbono absorbido, o el monóxido de carbono puede ser absorbido como tal en una mezcla de sulfato de cobre - beta - naphthol y ácido sulfúrico. El límite de sensibilidad del Orsat es de 0.2 - 0.4 % ó 2000 - 4000 ppm de monóxido de carbono y el Haldane de 0.02 - 0.04 % ó 200 - 400 ppm de monóxido de carbono.

- El uso de ampollas selladas de cloruro de paladio contenido en una mezcla de agua - acetona es un método muy conveniente de estimación aproximada para el monóxido de carbono contenido en el aire. Cuando la ampolla rota es expuesta al aire más de 10 minutos, el contenido húmedo se ennegrece según sea la concentración de monóxido de carbono en el ambiente; el método no es conveniente cuando la temperatura es de 0° F (18° C) aproximadamente.

- La National Bureau of Standards ha desarrollado un simple y práctico indicador de silicagel tratado con ácido sulfúrico, amoniam molybdate y el sulfato de paladio. Estos gránulos de silicagel contenido en los tubos cambia a color característico cuando el aire contiene cantidades menores a las 10 ppm de monóxido de carbono.

- Método de absorción, usado en los casos de proporciones relativamente grande de monóxido de carbono, como en gases combustibles, atmósferas muy contaminadas; en base a la reducción de volumen mediante un absorbente adecuado.

- Método de oxidación, que puede ser por reducción de cloruro paladioso o de nitrato de plata amoniacal que reaccionan con el monóxido de carbono y forman paladio y plata respectivamente. Puede también emplearse un indicador activado de pentóxido de yodo en base al cambio de color producido por la liberación del yodo del pentóxido. También puede emplearse pentóxido de yodo a una temperatura de 150° C, pasando aire a través de él; una titulación sobre una solución de yoduro de potasio que contenga al yodo liberado, dará la cantidad de monóxido de carbono existente.

- Método de combustión, que puede hacerse mediante el quemado del monóxido de carbono presente en la muestra, en la superficie de un alambre de platino eléctricamente calentado; empleando un puente de Wheatstone, por diferencia de calor se determina la concentración del

monóxido de carbono. Si se emplea la Hopcalita que tiene la propiedad de permitir combinarse al monóxido de carbono produciendo dióxido de carbono a la temperatura del ambiente, también se puede determinar la concentración del monóxido de carbono mediante el uso de un milicálimetro que registre el calor producido y calibrado para leer ppm de monóxido de carbono.

- Métodos colorimétricos.- Estos están clasificados en dos tipos, unos que sirven para determinar la concentración de monóxido de carbono en la sangre en base a su afinidad con la hemoglobina y otros orientados a la determinación de monóxido de carbono en el medio ambiente o ambientes específicos en base a tubos indicadores o detectores.

Existe también otra forma de detectar y evaluar el monóxido de carbono mediante el uso del cromatógrafo de gases.

(a) Método Analítico.

Para el presente estudio, después de analizar las condiciones de contaminación por monóxido de carbono, características físicas del área escogida, así como las facilidades para un muestreo rápido y de resultados inmediatos, se eligieron dos métodos:

(1) El método del detector colorimétrico para el monóxido de carbono patente de la Mine Safety Appliances Company que opera en base a cambios de color que se producen en los tubos indicadores que utiliza. Los cambios de color del reactivo de un amarillo claro hasta un verde oscuro dan el rango de concentración de monóxido de carbono para diferentes volúmenes de aire absorbidos. Estas variaciones oscilan desde 00 ppm que corresponde al color amarillo para cualquier volumen de muestra hasta 1000 ppm para un volumen de 50 cc de aire muestreado, 500 ppm para 100 cc y 200 ppm para 250 cc.

Este método no acepta interferencias de los gases acetileno, propileno y etileno, que producen coloraciones similares; el dióxido de nitrógeno en concentraciones sobre las 7ppm puede interferir restando intensidad a la coloración, también las diferentes altitudes producen variaciones no deseables en la aplicación de este método. La zona en estudio descarta, por las actividades que se desarrollan en ella, la presencia de los gases mencionados como posibles interferencias en la determinación del monóxido de carbono.

(ii) El método de la longitud de mancha, de la misma potencia anterior es un avance en la investigación para la determinación de monóxido de carbono en aire. Este método también fue utilizado para el presente estudio; ofrece la ventaja de una mayor aproximación en los resultados. Mientras mayor es la longitud de la mancha registrada en el tubo detector semejante al anterior pero con diferente reactivo, la concentración del monóxido de carbono en el ambiente es más alta. Este método permite tres tipos de aproximaciones; el primero de 0 a 2000 ppm para un volumen de muestra de 50 cc, de 0 a 1000 ppm para 100cc y de 0 a 250 ppm para 300cc.

Para calcular la concentración de monóxido de carbono usando el detector colorimétrico y los tubos indicadores, se procedió de la siguiente manera para cada determinación:

Rompióse el sello del tubo indicador para permitir el paso del aire contaminado a través del reactivo. A continuación se colocó el tubo uniéndolo a la boquilla de aspiración con el bulbo o bombilla de succión; luego se vió el cambio de color operado en el reactivo, el cual según su intensidad nos dió el valor de la concentración, según la carta de colores incorporada en el mismo aparato para una, dos y cinco estrujadas del bulbo, respectivamente.

Cuando se empleó los tubos detectores que daban la concentración del monóxido de carbono con la longitud de una mancha que se desarrolla en el sentido del flujo de la muestra a través del tubo detector, el proceso de operación fue el mismo que para el caso anterior con la variante del tubo y la escala para traducir la longitud de la mancha en ppm de monóxido de carbono. Este método igual que el anterior también emplea el sistema de estrujadas graduado para 1, 2 y 6 estrujadas de la bombilla; cada una también posee su escala correspondiente.

El método de la longitud de mancha nos dio resultados más aproximados y fáciles de apreciar, aunque el método del cambio de color daba casi la misma exactitud con alguna práctica y muy buena iluminación.

(b) Instrumentos.

El aparato utilizado para la toma de muestras de aire fue el detector colorimétrico para monóxido de carbono de la MSA (Fotografía N° 1) formado por una bombilla de jebe para aspirar 50 cc de muestra por estrujada. Un armazón dotado de un trazo de longitud graduable cuya solución de continuidad se rompe con el tubo indicador. Cuenta también con un tambor cilíndrico rotatorio para colocar en él la escala correspondiente ya sea cuando se trate de tubos indicadores por cambio de color o tubos detectores por longitud de mancha.

La bombilla de jebe por presentar dificultades en la apreciación del color ya que se trata de un método colorimétrico puede ser sustituida por una fuente de succión graduable como lo es por ejemplo una bomba de vacío manual (Fotografía N° 2), que nos permitirá succionar la cantidad de aire necesario como para igualar el color del tubo indicador con cualquier color de la carta de colores, facilitando de este modo la apreciación ocular y garantizando una mayor aproximación

en los resultados por este hecho. Los parámetros a tenerse en cuenta si se emplea esta fuente son: Flujo constante en base a un orificio crítico en la succión y el tiempo de aspiración, los que relacionados sencillamente nos dan el volumen de muestra aspirada y la concentración de monóxido de carbono vendría dada por la expresión:

$$C = f(t)$$







Donde C es la concentración, función (f) del tiempo (t).

(c) Cálculos.

El aparato utilizado que fue el detector colorimétrico de cambio de color y longitud de mancha; ofreció para el primer caso diferentes colores y la posibilidad de 3 determinaciones con cada tubo; también la posibilidad de 3 determinaciones y 3 escalas diferentes para el caso de la longitud de mancha.

Las lecturas cuando se empleó el método de cambio de color, se hicieron según la relación que se muestra en la siguiente carta de colores.

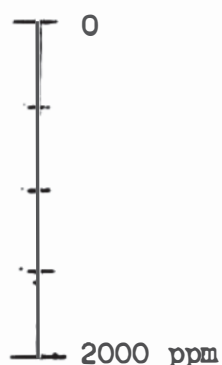
CARTA DE COLORES

Color	Concentraciones de monóxido de carbono en porcentaje (%)		
	1 estrujada	2 estrujadas	5 estrujadas
	0	0	0
	0.005	0.0025	0.001
	0.01	0.005	0.002
	0.02	0.01	0.004
	0.04	0.02	0.008
	0.1	0.05	0.02

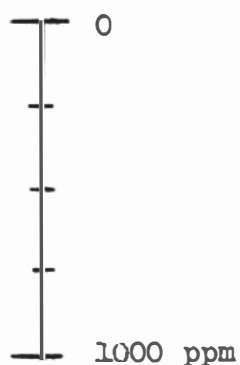
Los % hallados multiplicados por 10000 = ppm. de monóxido de carbono.

Las lecturas cuando se usó el método de la longitud de mancha, se hicieron directamente sobre las escalas correspondientes a 1, 2 y 6 estrujadas de la bombilla respectivamente, obteniéndose mayor concentración cuando mayor era la longitud de mancha. Las escalas permiten una lectura directa en ppm según el número de estrujadas y la longitud de la mancha, con el rango siguiente para cada escala:

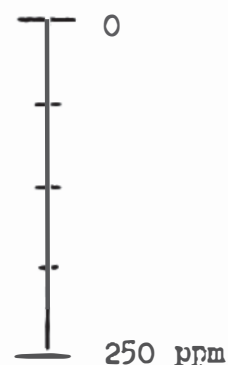
1 estrujada



2 estrujadas



6 estrujadas



(2) Temperatura y Humedad Relativa del Aire.

Por estimar que la temperatura y humedad son parámetros presentes en el ambiente en estudio ha sido necesario tenerlos en cuenta en esta evaluación para determinar su grado de influencia y relación con la concentración de monóxido de carbono.

(a) Instrumentos.

La temperatura fue medida con un termómetro de mercurio con una aproximación al medio grado centígrado; fotografía N° 3.

La humedad fue medida con un psicrómetro de honda, calibrado con una aproximación de medio grado centígrado. Este instrumento consta de dos termómetros; uno de bulbo seco y otro de bulbo húmedo, instalados en un armazón adecuado que permite mantener a los termómetros en contacto con el medio ambiente; el bulbo húmedo posee una fuente constante de humedad consistente en un recipiente con agua destilada.

- //..da. El psicrómetro de honda se opera haciendo girar el conjunto alrededor de un eje fijo que permite una ventilación adecuada a los termómetros para que ellos tengan un óptimo contacto con el medio ambiente y su lectura sea la más aproximada. Las lecturas de ambos termómetros son llevadas a una regla de cálculo que por diferencia de temperatura nos dá el porcentaje de humedad relativa del ambiente en una familia de curvas especialmente preparadas para este fin. La fotografía N° 4 ilustra esta descripción.

(b) Cálculos.

Los cálculos de humedad relativa fueron realizados con un psicrómetro de honda cuyas lecturas de temperatura en grados centígrados en sus termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo (Con agua destilada), llevadas simultáneamente a la misma escala de temperaturas de su regla de cálculo permitió obtener el porcentaje de humedad relativa del ambiente en la familia de curvas grabada sobre la reglilla deslizante, tan sólo colocando la curva correspondiente al 100 % de humedad sobre el mayor valor de temperatura obtenido, que siempre corresponde al termómetro de bulbo seco. Los termómetros del psicrómetro permiten lecturas desde $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ á $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La temperatura se calculó en base a lecturas directas sobre la escala de un termómetro graduado de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ á $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estas lecturas fueron siempre ratificadas con la lectura de temperatura en el termómetro de bulbo seco del psicrómetro.

(3) Velocidad y Dirección del Viento.

Sin lugar a dudas el viento es un factor determinante de la concentración de cualquier gas en un ambiente, ya que su acción diluyente, cuando él existe en un lugar como el que es materia de este estudio, puede hacer bajar la concentración de contaminantes a valores muy

pequeños como para ya no representar problema; su ausencia o escasa presencia permite que aún pequeñas descargas contaminantes hagan peligroso un ambiente y hasta que lo inhabiliten, salvo que se le dote de condiciones artificiales de ventilación.

(a) Instrumentos.

Para la determinación de la velocidad del viento se usó un velómetro (Fotografía N° 5), que nos permitió lecturas en pies/minuto, las que se han traducido a metros/minuto. Su manejo es muy simple y se hace dirigiendo la boquilla de entrada en sentido contrario al viento, esto produce un desplazamiento de la aguja sobre la escala escogida de acuerdo a los valores que se espera alcanzar, para lo cual el aparato cuenta con boquillas apropiadas.

Para determinar la dirección del viento se usó el mismo velómetro dirigiendo la boquilla en diferentes direcciones hasta obtener desplazamiento de la aguja; pero como lo necesario era hallar la dirección del viento predominante en cada punto de muestreo, se tomó la dirección que dio siempre la mayor lectura.

(b) Cálculos.

La velocidad del viento fue calculada usando un velómetro con una boquilla graduada para la escala de 0 á 600 pies/minuto, porque todos los valores de velocidad cabían dentro de este rango. Las lecturas de pies/minuto fueron traducidas a metros/minuto, multiplicando los valores leídos por el factor de corrección 0.3 metros/pie.

La dirección del viento fue siempre encontrada cambiando la orientación del velómetro hasta conseguir en éste la mayor lectura, que era la que correspondía a la dirección del viento en ese punto, según el criterio de viento predominante que hemos adoptado.

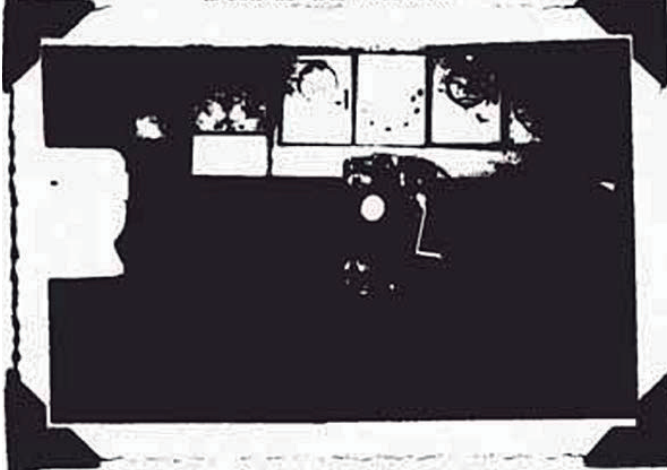
DETECTOR COLORIMETRICO



Fotografía N° 1

1. Izquierda: Estuche
2. Centro superior: Caja de tubos reactivos.
3. Centro inferior: Aparato de detector con bombilla de aspiración, escala de colores y tubo detector.
4. A la derecha: Verticalmente, la escala de Longitud de onda. Horizontalmente, el tubo indicador.

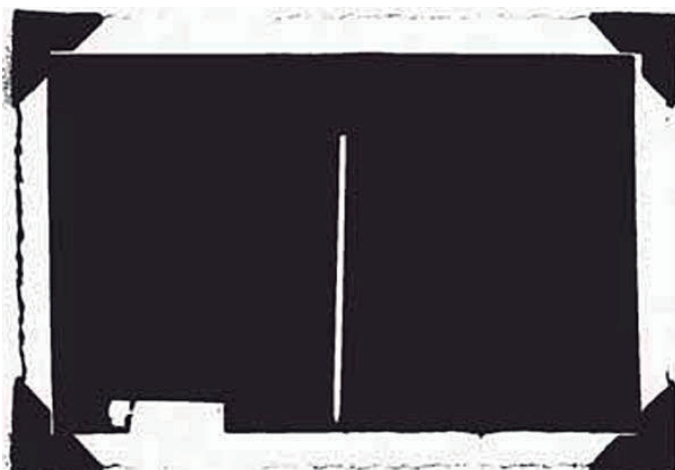
BOMBA DE VACIO



Fotografía N° 2

1. Bomba de vacío mostrando su manómetro, manivela y manguera de succión.

TERMOMETRO

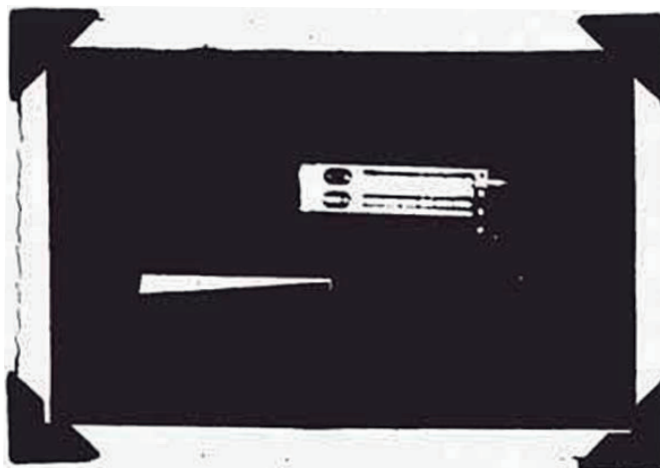


Fotografía N° 3

1. Termómetro graduado de 0° C á 100° C.

PSICROMETRO

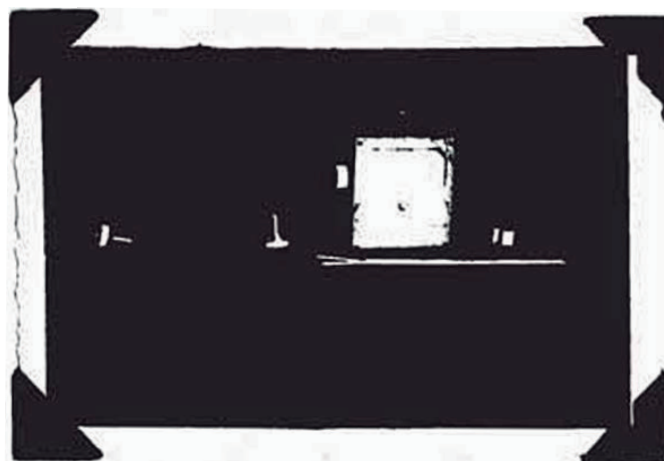
1. Izquierda: Regla de cálculo.
2. Derecha: Psicrómetro con termómetro de bulbo seco arriba y con termómetro de bulbo húmedo abajo, en posición de operación.



Fotografía N° 4

VELOMETRO

1. Izquierda: Juego de boquillas para diferentes escalas y manguera de extensión.
2. Centro: Velómetro con boquilla de operación.
3. Al pie: Aditamentos de extensión del velómetro.



Fotografía N° 5

(4) Observaciones Meteorológicas.

La zona céntrica del Cercado de Lima Metropolitana, presenta generalmente las mismas características meteorológicas de la Gran Lima. En los últimos años se han notado variaciones en su clima, atribuibles a la contaminación del aire en general: Disminución de la visibilidad, aumento de la frecuencia y duración de la neblina. La combinación de la bruma o neblina con humo interfiere la radiación solar a la ciudad, también puede aumentar la precipitación pluvial en base a que las partículas contaminantes del aire pueden actuar como núcleos de condensación.

(a) Variaciones Climatológicas del día.

Los días durante los cuales se realizó el muestreo, han tenido sensiblemente las características de la estación; es decir, de día se estaba con sol casi ininterrumpidamente, hasta que al caer la tarde la noche iniciábase con un ambiente despejado para tornarse en horas del amanecer a un estado nublado que iba despejándose paulatinamente hasta ofrecer el mismo panorama del día anterior. No ha habido durante este lapso fuertes cambios en las características propias de los días de esta época en la zona del Cercado.

El soleado de los días mencionados solamente variaba en intensidad con el paso de las horas, aunque naturalmente por momentos se producían condiciones de inestabilidad de esta característica, pero por períodos cortos.

RESULTADOS DEL ESTUDIO

La contaminación ambiental por monóxido de carbono en el Cercado de Lima Metropolitana, nos ha permitido elaborar gráficos de variación de este gas contaminante de nuestro aire, durante las 24 horas del día; también de aquellos parámetros que tienen una relación importante con el gas en estudio.

A) VARIACION DE LA CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO DURANTE EL DIA.

Según la distribución mostrada en la Tabla N° 1 se obtuvo para la estación N° 1 una concentración de monóxido de carbono de 25 ppm, para la estación N° 2, 20 ppm y para la estación N° 3, 15 ppm de monóxido de carbono, con un promedio general de estaciones de 20 ppm.

TABLA N° 1

VALORES A LOS QUE TIENDE LA CONCENTRACION EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES ELEGIDAS

Estación N°	Días de muestreo	N° de muestras	Concentración de CO en ppm.
1	Primer día	9	25
	Segundo día	9	
	Tercer día	12	
	Cuarto día	9	
2	Primer día	9	20
	Segundo día	9	
	Tercer día	9	
	Cuarto día	12	
3	Primer día	9	15
	Segundo día	9	
	Tercer día	9	
	Cuarto día	15	

Las horas para la toma de muestra fueron escogidas para cubrir las 24 horas del día según era la producción de monóxido de carbono, como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA N° 2

HORAS ESCOGIDAS PARA LOS DIAS DE MUESTREO.

Días	H o r a s
Primer día	08:00 - 11:00 - 12:00 - 13:00 - 14:00 - 16:00 - 18:00 19:00 - 24:00.
Segundo día	07:00 - 10:00 - 11:00 - 12:00 - 13:00 - 15:00 - 17:00 18:00 - 23:00.
Tercer día	01:00 - 02:00 - 03:00 - 04:00 - 05:00 - 06:00 - 13:30 14:00 - 20:00 - 21:00 - 22:00.
Cuarto día	07:30 - 07:45 - 08:00 - 13:00 - 13:15 - 13:30 - 18:30 18:45 - 19:00.

Para la obtención de los valores máximos del rango en el que oscila la variación de la concentración del monóxido de carbono en el Cercado de Lima Metropolitana, se hicieron determinaciones parciales agrupadas alrededor de las horas de mayor afluencia vehicular como se muestra en la Tabla N° 3 siguiente:

TABLA N° 3

..... PROMEDIO DE MONOXIDO DE CARBONO EN PPM MANTENIDOS EN HORAS DE MAYOR

..... AFLUENCIA VEHICULAR

Moras	Promedios en ppm
01:00	---
02:00	----
03:00	----
04:00	---
05:00	---
06:00	---
07:00	27
08:00	24
09:00	26
10:00	---
11:00	---
12:00	41
13:00	34
14:00	14
15:00	---
16:00	---
17:00	---
18:00	46
19:00	49
20:00	39
21:00	15
22:00	8
23:00	---
24:00	---

Con la intención de tomar siempre la contaminación existente en toda el área considerada, el muestreo fue realizado en forma rotativa para las tres estaciones que fueron distribuidas con este criterio.

En las horas de mayor afluencia de vehículos, hemos considerado necesario determinar el valor de las concentraciones de monóxido de carbono para obtener los máximos valores por la importancia que las altas concentraciones tienen para el presente estudio y son las que se muestran en las tablas N° 3 y N° 4.

TABLA N° 4

CONCENTRACIONES PROMEDIO DE MONOXIDO DE CARBONO EN LAPROS DE MAYOR AFLUENCIA VEHICULAR

Horas de mayor afluencia de vehículos	Concentración promedio de monóxido de carbono
07:00 á 09:30 hs.	30 ppm
11:30 á 13:30 hs.	35 ppm
17:30 á 20:30 hs.	35 ppm

Todas las determinaciones del muestreo descrito han sido realizadas a una altura de 1.55 mts., por ser este valor la altura promedio de respiración de las personas que transitan por este lugar, aproximadamente. El análisis de 216 muestras tomadas de las tres estaciones de muestreo seleccionadas con los criterios anteriormente expuestos, arrojó el siguiente resultado: Tabla N° 5.

TABLA N° 5

TENDENCIA DE LA CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO EN LAS ESTACIONES 1, 2, 3 y TENDENCIA PROMEDIO DE ESTACIONES EN EL MERCADO DE LIMA.

METROPOLITANA

Hora	Concentraciones en ppm en estaciones			Tendencia general de la concentración de CO en ppm para las 3 estaciones.
	1	2	3	
01:00	5	-	-	5
02:00	-	0	-	2
03:00	-	-	0	1
04:00	0	-	-	1
05:00	-	0	-	4
06:00	-	-	5	11
07:00	25	-	17	21
08:00	37	35	30	34
09:00	50	-	-	34
10:00	-	23	-	28
11:00	33	-	13	23
12:00	48	25	-	31
13:00	18	23	30	24
14:00	-	7	15	14
15:00	-	-	13	18
16:00	-	27	-	24
17:00	30	-	-	26
18:00	-	25	25	27
19:00	30	38	30	33
20:00	25	-	-	27
21:00	-	13	-	20
22:00	-	-	17	16
23:00	-	-	10	11
24:00	-	8	-	8

Los resultados hallados se expresan gráficamente a continuación: Gráfico N° 1.

Como se ve en el gráfico N° 1, la menor concentración de monóxido de carbono para un día cualquiera corresponde a las primeras horas del día; esto debido a que en esas horas el flujo vehicular causante directo de la contaminación de monóxido de carbono en esta zona, es prácticamente nulo y los escasos vehículos que se ven circular a dichas horas lo hacen a regular velocidad (La velocidad de circulación es inversamente proporcional a la emisión de monóxido de carbono en los automotores (°)).

A partir de las 06:00 horas; es decir, cuando la circulación de vehículos en el sector céntrico de Lima Metropolitana, empieza a acentuarse por las cotidianas necesidades de transporte del personal que labora en la zona del Cercado, además de los vehículos de transporte que usan esta zona como paso obligado a otros distritos de la capital por similares razones, la concentración de monóxido de carbono en el ambiente crece paralelamente como se observa en el gráfico aludido, con una fuerte pendiente hasta alcanzar su primer pico de 34 ppm a las 08:00 horas, que se mantiene hasta las 09:00 horas. Luego vienen con la disminución del tránsito vehicular una caída de la concentración por la menor cantidad de monóxido de carbono descargado debido al menor número de autos circulantes y a los embotellamientos menos frecuentes o detención por los semáforos de un menor número de vehículos, hacia las 11:00 horas. Luego la concentración crece y alcanza a las 12:00 horas 51 ppm; razones de salida del trabajo justifican esta alza por la mayor afluencia de vehículos de transporte. A continuación se produce hasta las 14:00 horas un brusco descenso que llega a las 14 ppm, a partir

(°) Estudio de la Contaminación Ambiental por Monóxido de Carbono en el Cercado de Lima Metropolitana: tesis de Bachiller.

de la cual crece hasta alcanzar a las 19:00 horas un valor de 33 ppm. Por los efectos de la dilución natural del monóxido de carbono en el aire, similarmente a como ocurrió en horas anteriores, la concentración cae a 3 ppm, valor que corresponde a las 24:00 horas. Después de alcanzar este nivel la concentración continúa descendiendo hasta alcanzar a las 03:00 horas un valor sensiblemente igual a 0 ppm, valor que se mantiene hasta las 4:00 horas, para luego a las 05:00 horas empezar nuevamente el ciclo de variación.

Para poder apreciar con mayor claridad lo que ocurre durante las 24 horas del día en lo relacionado a la contaminación por monóxido de carbono en el Cercado de Lima Metropolitana y subdivisiones importantes de este tiempo, presentamos a continuación la tabla N° 6.

TABLA N° 6

PROMEDIOS IMPORTANTES DE CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO PARA DIFERENTES PERIODOS DEL DIA EN EL CERCADO DE LIMA METROPOLITANA .

Período - horas	Característica	Promedio en ppm
00:00 - 24:00	Todo el día	20
05:00 - 18:00	Para las 12 horas de luz: Día	25
18:00 - 06:00	Para las 12 horas sin luz: Noche	10
07:00 - 20:00	Para las 13 horas de mayor actividad	25
21:00 - 06:00	Para las 9 horas de descanso	5
07:00 - 13:00	5.5 hs.: Primer medio día de trabajo	30
14:30 - 20:00	5.5 hs.: Segundo medio día de trabajo	25
07:30 - 14:00	6.5 hs.: Horario de trabajo en verano	25
07:00 - 13:00	1er lapso de máx. contaminación	30
15:00 - 20:00	2do. lapso de máx. contaminación	30

Esta tabla nos muestra las diversas concentraciones de monóxido de carbono que existen en el Cercado de Lima Metropolitana para pe-

//..ríos importantes del día; en élla se ve que para los períodos comprendidos entre las 07:00 á 13:00 horas, 07:30 á 13:00 horas y 16:00 á 20:00 horas, se obtienen las concentraciones más altas de 30 ppm de monóxido de carbono. Análogamente se ve que para los períodos comprendidos entre las 21:00 á 06:00 horas y 18:00 á 06:00 horas, se producen las concentraciones más bajas de 5 y 10 ppm, respectivamente; todo esto para la actividad humana que se desarrolla en la zona estudiada.

B) VARIACIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.

Variaciones de la Temperatura.

La temperatura en el Cercado de Lima Metropolitana durante el tiempo que ha durado el muestreo para el presente trabajo ha variado desde los 21° C registrado en las primeras horas del día hasta los 30.5° C registrado a las 11 horas. La temperatura en esta zona permanece sensiblemente constante y alrededor de 21° C entre las 00:00 y 07:00 horas; a partir de este momento empieza a aumentar notablemente hasta alcanzar su valor máximo de 30.5° C a las 11:00 horas. Desde esta hora hacia adelante la temperatura decrece lentamente y a una razón más o menos constante, que la lleva al mínimo valor a las 24:00 horas, para iniciar otra vez el ciclo de variación con el nuevo día. Estas fluctuaciones horarias se muestran en la Tabla N° 7 y el gráfico N° 2 correspondientes.

TABLA N° 7TABULACION DE DATOS DE TEMPERATURA HALLADOS: VALORES PROMEDIADOS

Horas	Temperatura en °C
01:00	21.0
02:00	21.5
03:00	21.5
04:00	21.0
05:00	21.0
06:00	21.5
07:00	21.0
08:00	23.5
09:00	24.5
10:00	25.0
11:00	30.5
12:00	28.5
13:00	28.5
14:00	27.0
15:00	27.0
16:00	26.5
17:00	25.0
18:00	24.5
19:00	24.5
20:00	24.0
21:00	22.0
22:00	21.5
23:00	21.5
24:00	21.0

Variaciones de la Humedad Relativa.

La humedad en el sector céntrico de la Gran Lima, como se observa en el gráfico N° 3, tiene un valor generalmente alto debido a sus condiciones geometeorológicas, como son el pertenecer a un área rodeada de cerros y encerrada por estos frente al mar, la recepción de nieblas naturales transportadas por los vientos que soplan del mar hacia tierra, la escasa ventilación que existe en la zona y la altura de inversión (°), que si bien es cierto en la época de verano es mayor que en invierno, a pesar de esto siempre es considerada insuficiente para favorecer las condiciones de dilución y ventilación tan necesarias en zonas, como la que es materia de este estudio. La humedad relativa en el Cercado de Lima Metropolitana oscila entre los valores que van desde 56 % como mínima humedad para la época de verano, hasta 86 % como humedad máxima registrada en promedio para los días en que se efectuó el muestreo.

Desde las 00:00 horas hasta las 06:00 horas, la humedad relativa se mantiene constante y bastante alta con un valor promedio de 82 %; desde las 06:00 horas hasta las 07:00 se produce un incremento brusco aunque no muy grande que da un registro de 86 %, marcando así la máxima humedad promedio registrada en esta zona. A partir de esta hora la humedad inicia un rápido descenso hasta alcanzar su mínimo valor promedio de 56 % a las 12:00 horas, valor que coincide en el tiempo con las mayores temperaturas que se producen durante el día, como se observa comparando los gráficos 2 y 3, correspondientes a estos pa-

(°) Es la altura a la que se realiza la inversión térmica: Una capa de aire caliente queda sobre una capa de aire frío, confinándola.

//..rómetros. Se produce una ligera elevación de la humedad hacia las 14:00 horas, marcando a esa hora 55% de humedad, para luego bajar hacia las 16:00 horas a un valor de 58 % a dicha hora, valor que empieza a crecer bruscamente hasta alcanzar a las 20:00 horas un valor de 78 % que se mantiene constante hasta las 22:00 horas; para luego subir a las 23 horas al valor de 82 %, que se mantiene constante hasta las 06:00 horas, iniciándose así de nuevo el ciclo de fluctuaciones horarias de la humedad relativa en el Cercado de Lima Metropolitana, como se detalla en la Tabla N° 8 y se representa en el gráfico N° 3, siguientes:

TABLA N° 8

TABULACION DE DATOS DE HUMEDAD RELATIVA HALLADOS: VALORES PROMEDIOS

Horas	Porcentajes (%) de Humedad Relativa
01:00	32
02:00	32
03:00	32
04:00	32
05:00	32
06:00	82
07:00	86
08:00	78
09:00	71
10:00	62
11:00	62
12:00	56
13:00	58
14:00	65

Hs.	%
15:00	64
16:00	58
17:00	67
18:00	65
19:00	74
20:00	78
21:00	78
22:00	78
23:00	82
24:00	82

HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO = 73 %.

C) VARIACIONES DE LA VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO.

El viento que cumple el rol importantísimo de la ventilación en el Cercado de Lima Metropolitana y la consiguiente dilución de los contaminantes atmosféricos en la zona, tiene valores normalmente bajos que varían desde 30 metros/minuto hasta 150 metros/minuto, no existiendo dentro de este rango valores permanentes más allá de 1 hora que le den al viento una característica definida. Así como se puede ver en el gráfico N° 4, las velocidades del viento en este sector de Lima Metropolitana varían desde las 00:00 horas hasta las 09:00 horas, entre valores que van desde los 90 metros/minuto hasta los 45 metros/minuto, pasando por supuesto por valores intermedios. Hacia el medio día la velocidad aumenta hasta los 125 mts/minuto. A partir de esta hora la velocidad sufre grandes variaciones, así decrece á 60 mts/minuto a las 14:00 horas y sube bruscamente á 135 mts/minuto a las 16:00 horas, volviendo a bajar a su valor mínimo esta vez, de 30 mts/minuto registrado a las 20:00 horas; sufre luego su más grande variación que alcanza a las 21:00 horas 150 mts/minuto, siendo ésta la máxima velocidad registrada en promedio en esta serie de mediciones. Desde aquí sigue variando pero con un rango más corto hacia las horas siguientes, llegando a 90 mts/minuto a las 24:00 horas, para de aquí volver a empezar el ciclo que seguramente no habrá de repetirse exacto aunque sí las variaciones oscilarán sensiblemente dentro de los rangos determinados a medida que transcurra el día.

El viento predominante en la zona céntrica de la Gran Lima, tiene una dirección Sur - Norte y un valor promedio diario de 88 mts/minuto, notablemente bajo como para esperar de él la gran ventilación y consiguiente dilución que se necesitan en este sector para atender las necesidades de limpieza y autopurificación del aire que aquí se requiere.

Según los datos que se muestran en la siguiente tabla:

TABLA N° 9

TABULACION DE DATOS DE VELOCIDADES DEL VIENTO EN METROS/MINUTO SEGUN
SUS DIRECCIONES EN EL CERCADO DE LIMA PARA CADA UNA DE LAS HORAS DEL
DIA

Horas	Direcciones							
	S - N	N - S	E - O	O - E	N - E	S - O	S - E	N - O
01:00	45	-	-	-	-	-	-	-
02:00	90	-	-	-	-	-	-	-
03:00	-	60	-	-	-	-	-	-
04:00	60	-	-	-	-	-	-	-
05:00	60	-	-	-	-	-	-	-
06:00	90	-	-	-	-	-	-	-
07:00	60	-	-	30	-	-	-	150
08:00	60	45	-	90	-	-	-	90
09:00	45	-	-	90	-	-	-	45
10:00	-	-	-	-	-	-	-	-
11:00	-	-	-	-	90	-	105	-
12:00	125	-	30	90	135	-	-	-
13:00	120	-	90	150	-	-	-	180
14:00	60	-	-	-	-	-	-	-
15:00	-	-	-	-	-	-	90	-
16:00	135	-	-	-	-	-	-	-
17:00	120	-	-	-	-	-	-	-
18:00	112	-	-	60	90	-	-	-
19:00	100	-	-	30	-	-	-	105
20:00	30	-	105	60	-	-	-	-
21:00	150	-	180	-	-	-	-	-
22:00	120	60	-	-	-	-	-	-
23:00	-	60	-	-	-	-	-	-
24:00	90	-	-	-	-	-	-	-

DIRECCION DEL VIENTO PREDOMINANTE = S - N.

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO PREDOMINANTE = 88 mts/minuto.

El viento predominante está orientado en la dirección Sur - Norte, con una velocidad promedio de 88 mts/minuto para las 24 horas del día. Consideramos que los datos incluyen diferentes direcciones del viento para horas iguales, porque las mediciones de viento han sido realizadas a una altura promedio de 1.00 metros, por lo que estuvieron afectadas por la canalización del viento a esa altura en las calles, así como por el tránsito vehicular que necesariamente produce una alteración en la masa del aire.

D) RELACION ENTRE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AIRE CON LA CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO

La temperatura solamente tiene una relación de volumen con el monóxido de carbono: A mayor temperatura mayor volumen y a mayor volumen del gas, habrá menor concentración del mismo por dilución.

Aunque el monóxido de carbono es soluble en el agua como se ve en el gráfico N° 5, para el caso de la humedad existente en el ambiente, que es vapor de agua, no puede suponerse solubilidad de este gas, porque según el gráfico mencionado, cuando la temperatura es 100° C o mayor, el monóxido de carbono ya no se disuelve en el agua, porque ésta ha alcanzado su estado de vapor.

E) RELACION ENTRE LA VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO CON LA CONCENTRACION DEL MONOXIDO DE CARBONO

El viento tiene una estrecha relación con la concentración del monóxido de carbono, como la tiene con cualquier otro contaminante de la atmósfera, debido a que de su mayor o menor intensidad depende de la ventilación del ambiente y la consiguiente dilución de los contaminantes él. La dirección del viento permite establecer qué tipos de contaminantes pueden encontrarse presentes en la zona en estudio, sin que necesariamente éstos se hayan producido dentro de ella, por la acción de arrastre que realiza el viento; en el caso de la dilución no interesa mayormente.

Las determinaciones de la velocidad y dirección del viento que hemos realizado, están afectadas por la canalización que sufre el viento cuando recorre las calles de la ciudad. También se producen vientos o alteraciones de la masa de aire con la misma característica, cuando los vehículos automotores, sobre todo los de gran tamaño se desplazan por estas calles.

La existencia de mayor intensidad de viento produce una mayor dilución del monóxido de carbono y viceversa; su ausencia, permite que la concentración de este gas como la de otros contaminantes gaseosos se mantenga estacionaria y se cree un ambiente altamente contaminado. Queremos decir con esto pues que no sólo las cuantiosas descargas de monóxido de carbono vertidas al ambiente por los automotores son las causantes de las altas concentraciones halladas, si no también que el escaso viento existente permite que la dilución no sea suficiente como para bajar a valores menores la concentración del monóxido de carbono en el Cercado de Lima Metropolitana.

DISCUSION DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL POR MONOXIDO DE CARBONO DEL
CERCADO DE LIMA

Orígenes.

La contaminación por monóxido de carbono en el Cercado de Lima Metropolitana se debe principalmente a la intensa circulación de vehículos equipados con motores de explosión que expelen este gas entre muchos otros; esta producción se debe a que dichos automotores usan gasolina de bajo octanaje u octanaje inferior al requerido para la completa combustión, agravándose esta situación por el deficiente mantenimiento de estas unidades, debido a que no existe un control adecuado que exija un eficiente mantenimiento para poder estar en circulación. A este estado de cosas, en la zona en estudio, que además de ser centro comercial incluye muchas viviendas familiares, restaurantes y hoteles, hay que agregar la contaminación producida por los efluentes domésticos provenientes de la transformación de alimentos durante su cocción y el uso de combustibles como el kerosene, gas propano, petróleo, carbón vegetal, etc. .

Finalmente el humo de los cigarrillos que aparentemente es una fuente muy pobre de contaminación para el aire, es de tenerse en cuenta por dos motivos importantes: Intoxica a la persona que fuma, ya que el humo del cigarro que se inhala normalmente contiene de 200 ppm a 800 ppm de monóxido de carbono, siendo más grave el caso de las pipas y se ha comprobado que la sangre de los fumadores puede llegar a saturarse de monóxido de carbono a cantidades de 5 % ó más dentro de un tiempo de 2 horas, llegando hasta 18 %; esto pues sitúa a los fumadores en una posición de desventaja y valores menores de contaminación de monóxido de carbono pueden ser graves para ellos. En segundo lugar el humo del cigarrillo contamina el ambiente al consumirse éstos, y si existe poca ventilación y la concentración de personas es grande como el caso de los cines, teatros, clubs, etc., puede existir problema.

El Hombre inhala Monóxido de Carbono.

Según los promedios hallados para la contaminación por monóxido de carbono durante las 24 horas del día y para lapsos importantes dentro de este período, podemos decir que la persona que respira el aire del Cercado de Lima Metropolitana, inhala diferentes cantidades de monóxido de carbono según sea su permanencia en esta zona; dependiendo la cantidad de la concentración promedio estimada en cada lapso, según los siguientes cálculos:

Volumen aproximado de aire que utiliza el hombre por día = 25 m^3

Peso molecular del monóxido de carbono = 28 gr/mol .

Volumen que ocupa una mol gramo de este gas a 25° C y a 1 atmósfera de presión = 24.25 lts . Así:

Para 20 ppm de monóxido de carbono (CO), existirán 20 lts. de este gas en 1'000,000 lts. de aire; pero como 20 lts. de monóxido de carbono (CO) son:

$$\frac{20 \text{ lts}}{24.25 \text{ lts/mol-gr}} = 0.824 \text{ mol-gr} ;$$

Y como 1 mol-gr de CO pesa 28 grs.; 0.824 mol-gr , pesarán:

$$0.824 \text{ mol-gr} \times 28 \text{ gr/mol-gr} = 23.2 \text{ grs.};$$

Luego para nuestro volumen de $25 \text{ m}^3 = 25,000 \text{ lts}$, diremos:

Si en 10^6 lts de aire ----- hay 23.2 grs de CO

en $25 \times 10^3 \text{ lts}$ de aire ---- habrán X grs de CO.

$$X = \frac{23.2 \times 25,000}{1'000,000} = 0.572 \text{ grs de CO}$$

Generalizando el mismo procedimiento para los demás promedios, obtenemos los gramos de CO inhalados que se especifican en la Tabla N° 10.

TABLA N° 10

INHALACION DE MONOXIDO DE CARBONO (CO) PARA PERIODOS IMPORTANTES DE EXPOSICION EN EL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA, EN MGRS.

Período	Tiempo de exposición	Concentración de CO en ppm para el período (°)	CO total inhalado en peso	CO inhalado por hora en peso
00:00 a 24:00	24 hs	20	572 mg	24 mg
07:00 a 20:00	13 hs	25	714 mg	30 mg
07:00 a 13:00	5.5 hs	30	857 mg	36 mg
14:30 a 20:00	5.5 hs	25	714 mg	30 mg
07:30 a 14:00	6.5 hs	25	714 mg	30 mg

Límites Permisibles de Exposición.

Los límites permisibles de exposición característicos de los 2 diferentes criterios existentes para el monóxido de carbono en aire, son los establecidos para la ciudad de Los Angeles - California (Estados Unidos de Norteamérica), como se ve en la Tabla N° 11 y para ciudades rusas con problemas de contaminación por monóxido de carbono.

(°) Los valores de monóxido de carbono (CO) promedio para cada uno de los períodos indicados, han sido calculados en base a los datos generales de muestreo.

TABLA N° 11

LÍMITES ESTABLECIDOS PARA MONÓXIDO DE CARBONO EN AIRE PARA LA CIUDAD
DE LOS ANGELES, FIJADOS POR NIVELES DE ALERTA

Nivel de Alerta	Concentración de monóxido de carbono en ppm	Tiempo de duración
Primer Alerta	100	1 hora
	200	30 minutos
	300	10 minutos
Segundo Alerta	100	2 horas
	200	1 hora
	300	20 minutos
Tercer Alerta	200	2 horas
	300	1 hora

Para el Estado de California los límites son:

Para la Comunidad; 1) Para una exposición de 8 horas, una concentración de 30 ppm de monóxido de carbono en aire es considerada nivel serio.

2) Para una exposición de 1 hora, una concentración de 120 ppm de monóxido de carbono es también nivel serio.

En la Industria para los EE.UU. en general, el límite máximo permisible es de 50 ppm para una exposición de 8 horas diarias en semanas laborales de 5 días. Este nivel es un estándar ocupacional en dicho país.

Para las ciudades rusas con problemas de contaminación por monóxido de carbono, se han establecido estándares basados en estudios

neurofisiológicos, con el objeto de evitar daños al sistema nervioso por este contaminante. Así:

- 1) El límite fijado con este criterio es de 4.8 ppm para una simple medición en cualquier momento.
- 2) El límite promedio para las 24 horas del día es de 0.8 ppm.
- 3) El límite permisible de exposición para 8 horas en industrias es de 18 ppm; adoptado como standard ocupacional.

Estos límites basados en experiencias clínicas y epidemiológicas, comprenden principalmente la determinación de límites de percepción olfatoria, irritación de la membrana mucosa u ojos, efectos sobre la respiración y/o sistema nervioso, medido por su acción óptica o electroencefalográfica; todo esto referido a las personas de mayor sensibilidad.

Comparación de las Concentraciones de Monóxido de Carbono halladas en el Cercado de Lima Metropolitana, con los límites permisibles establecidos para este gas.

Comparando las concentraciones de monóxido de carbono encontradas en el Cercado de Lima Metropolitana con los niveles de alerta establecidos para la ciudad de Los Angeles (EE.UU.), vemos que las 55 ppm, que es el máximo valor promedio de monóxido de carbono detectado, se mantiene un lapso de una hora aproximadamente, quedando muy por debajo aún del primer nivel de alerta de 100 ppm para una hora fijado para esa ciudad.

Haciendo esta misma comparación, pero esta vez con los límites citados para el Estado de California, notamos que para exposiciones de 8 horas en el Cercado de Lima Metropolitana y buscando dentro de las 24 horas valores promedios que nos den máximas concentraciones, según el gráfico N° 1 de fluctuaciones horarias de monóxido de carbono para

esta zona, sólo hallamos para el período de 07:00 á 15:00 horas, 25 ppm; para las 3 horas entre las 08:00 á 16:00 horas, 25 ppm; para el lapso de 12:00 á 20:00 horas, 25 ppm y finalmente entre las 15:00 á 21:00 horas, sólo 25 ppm de monóxido de carbono, que como se podrá ver no alcanzan el nivel serio establecido para el Estado de California, que es de 30 ppm para 8 horas diarias de exposición; aunque sí debemos resaltar que los valores están cerca al nivel mencionado. El otro nivel serio de 120 ppm para 1 hora de exposición establecido para este Estado, tampoco se alcanza en el Cercado de Lima Metropolitana, puesto que como se dijera anteriormente el mayor promedio para un tiempo de 1 hora apenas alcanza las 35 ppm de monóxido de carbono.

Do los límites permisibles establecidos para ciudades rusas para el caso de una simple medición en cualquier momento de 4.8 ppm, en el Cercado de Lima Metropolitana, sólomente no es alcanzado en las primeras horas del día, ya que a partir de las 06:00 horas las concentraciones de monóxido de carbono detectadas para esta zona están muy por encima del valor normalizado como límite por Rusia para una medición simple en cualquier momento.

El límite promedio para las 24 horas del día que establece Rusia y que es de 0.8 ppm, es grandemente sobrepasado por la concentración promedio hallada para nuestra zona que es de 20 ppm para dicho período. Es decir, Rusia establece doble limitación muy por debajo de todos los límites conocidos en salvaguarda de la salud de todas las personas, puesto que sus límites se basan en la reacción de las personas de mayor sensibilidad a la acción del monóxido de carbono. Esto se nota al ver que la concentración de monóxido de carbono en el ambiente según sus límites, en ningún momento debe sobrepasar las 4.8 ppm y el promedio de concentraciones de las 24 horas del día no debe exceder las

0.8 ppm de monóxido de carbono. Atendiendo a la realidad y a la actividad normal de los centros urbanos es muy difícil impedir que límites como los últimamente mencionados sean sobrepasados; en el caso de nuestro país, parece que sólo podríamos conseguir concentraciones de monóxido de carbono dentro de estos límites, en ciudades muy ventiladas y/o donde el tránsito vehicular sea escaso y donde no existan otras fuentes productoras de monóxido de carbono.

A) PRINCIPALES EFECTOS POSIBLES.

El monóxido de carbono al encontrarse presente en concentraciones superiores a los límites permisibles en el ambiente o aire que respiramos, puede decirse que envenena el aire y como consecuencia de este hecho se producen una serie de efectos fisiológicos en el ser humano, que según el nivel de concentración pueden empezar con un simple dolor de cabeza y llegar a producir hasta la misma muerte de la persona afectada, siempre que el tiempo de exposición al monóxido de carbono y la concentración de este gas en el ambiente sean suficientes; entendiéndose por suficiente aquella circunstancia en la que se superen los límites permisibles en concentración y tiempo de exposición.

Los efectos fisiológicos más en detalle pueden verse en la Tesis de Bachiller sobre el mismo tema (Biblioteca del Programa de Ingeniería Sanitaria).

Disminuyendo el nivel de contaminación general a la contaminación exclusiva por monóxido de carbono, vemos que este solo contaminante es capaz de atentar contra la gran actividad que se realiza en el Cercado de Lima Metropolitana, al dañar la salud de todas las personas que intervienen en esta actividad.

Por ser el monóxido de carbono prácticamente imperceptible a

los sentidos, no alerta a las personas afectadas por él y su acción es inconscientemente asimilada por las personas que se exponen a este gas. En este proceso de absorción de monóxido de carbono, las personas de baja estatura están más perjudicadas, puesto que el monóxido de carbono al salir por el escape de los vehículos equipados con motores de explosión y a gasolina a una altura aproximada de 0.30 mts., empieza a diluirse en el aire y baja su concentración a medida que asciende por ser ligeramente más liviano que el aire (P.c._{CO} = 0.968, medido con respecto al aire).

Las personas que más prontamente habrán de ser perjudicadas por el monóxido de carbono serán aquellas que tengan ya en su sangre algún porcentaje de este contaminante, como ocurre por ejemplo con los choferes de autos y fumadores, más grave el caso de los choferes fumadores que tengan que exponerse a ambientes con altas concentraciones de monóxido de carbono.

Creemos útil señalar que siendo la eliminación del monóxido de carbono de la sangre en un ambiente de aire puro, de 7 % por hora con relación al total de él en ésta, para eliminarlo completamente sin nuevos incrementos se necesitan 14.28 horas de exposición a un ambiente libre de contaminantes; durante las 8 horas normales de sueño, suponiendo un aire puro sólo se logra la eliminación de un 56 % del total de monóxido de carbono presente en la sangre.

B) ROL DE LAS CAUSAS PRINCIPALES.

La causa principal de la contaminación por monóxido de carbono en el Cercado de Lima Metropolitana son los vehículos equipados con motores de explosión a gasolina y principalmente los que usan gasolina de bajo octanaje (gasolina corriente de 64 octanos), que cumplen el

rol del transporte a esta zona y dentro de ella.

Otra causa de menor importancia la constituyen los efluentes domésticos de cocinas particulares y restaurantes cuyo rol correspondiente obedece a una razón obvia.

C) PRINCIPALES SOLUCIONES.

A criterio de los autores y aunque muchas de ellas no sean económicamente posibles por nuestro nivel de vida, a continuación se anotarán las principales soluciones al problema materia del presente estudio.

- (1) Obligar a los vehículos a un tránsito periférico en la zona del Cercado de Lima Metropolitana.
- (2) Limitar a lo estrictamente necesario el ingreso de vehículos motorizados a este sector.
- (3) Impedir la circulación de vehículos en notorio mal estado de funcionamiento.
- (4) Exigir a las refinerías la estandarización y regulación de la calidad del combustible que producen en función de las necesidades de evitamiento de la contaminación (La gasolina debe tener un octanaje mínimo de 95 octanos).
- (5) Evitar que se sigan construyendo altas edificaciones mientras se mantengan en este lugar las características actuales de contaminación.
- (6) Ampliar las calles para favorecer la ventilación y consiguiente dilución de los contaminantes ambientales.
- (7) Generalizar el uso de dispositivos de escape o aditamentos especiales que someten a los gases efluentes del proceso de combustión de los motores a un proceso de quemado, disminuyen-

//...do considerablemente las concentraciones de los gases tóxicos.

(3) Obligar a las firmas ensambladoras de automóviles a dotar a los vehículos salientes de sus plantas de dispositivos de escape que reduzcan a concentraciones mínimas sus emanaciones gaseosas.

En el futuro el uso de autos eléctricos eliminará el tipo de contaminación aludida.

C O N C L U S I O N E S

- (1) Las condiciones geometeorológicas de la zona del Cercado de Lima Metropolitana hacen propicia la contaminación ambiental no sólo por monóxido de carbono, sino también por cualquier otro gas que se produzca en forma abundante en este lugar.
- (2) El viento predominante de dirección Sur - Norte, con su velocidad promedio de 88 mts/minuto, no produce en la zona la ventilación necesaria para diluir a bajas concentraciones el monóxido de carbono que se vierte al ambiente.
- (3) La concentración de monóxido de carbono hallada en el Cercado de Lima Metropolitana entre los meses Enero - Febrero de 1969, está por alcanzar niveles serios de contaminación ambiental por este gas, según referencia del Estado de California (EE.UU.) y ha sobrepasado largamente los límites permisibles previstos para ciudades rusas con este mismo problema.
- (4) La zona del Cercado de Lima Metropolitana, ofrece condiciones de insalubridad y riesgo a todas las personas que llegan a ella, dependiendo la afección que sufran de su sensibilidad personal a la acción del monóxido de carbono, de la hora a la que acudan a dicho lugar y del tiempo de permanencia en éste.

R E C O M E N D A C I O N E S

- (1) Que la entidad pública que tenga la facultad legal y capacidad científica necesaria, realice estudios dirigidos al establecimiento de límites permisibles y tiempos de exposición para el monóxido de carbono y demás contaminantes de nuestro ambiente aplicables a la naturaleza propia de nuestro poblador urbano.
- (2) Vigilar constantemente que los límites permisibles de concentración de contaminantes en el ambiente no sean sobrepasados en ningún momento.
- (3) Que la Municipalidad de Lima, Dirección General de Tránsito y el Ministerio de Salud Pública confeccionen un reglamento para orientar mejor la circulación de vehículos según su tipo y prevenga los excesos en la emisión de contaminantes de la atmósfera en general y limite muy severamente la emisión de sustancias declaradas peligrosas, como es el caso del monóxido de carbono.
- (4) Hacer conocer a las empresas petroleras del país, la necesidad de producir gasolinas de 90 á 94 octanos, de 95 á 100 octanos y más de 100 octanos, que se importan actualmente y que son requeridas para una combustión más completa. Que se exija la producción de estos tipos de gasolinas a nuestras refinerías, puesto que se sabe están en condiciones técnicas y económicas de realizar esta producción.

B I B L I O G R A F I A

- Chemistry: A Structural View.
D.R. Stranks; M. L. Heffernan.
Cambridge University Pres.
- Revistas del Instituto de Salud Ocupacional del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social: Volúmenes VIII, Nº 1 y 2; IX, Nº 2 y XI, Nº 1.
- Handbook of Chemistry: Norbert Adolph Lange.
- Industrial Hygiene and Toxicology.
Volúmenes I y II: Frank A. Patty.
Interscience Publishers, a division of Wiley & Sons.
- Air Pollution Manual.
Part I - Evaluation.
American Industrial Hygiene Association.
- Introducción a la Higiene Industrial: J. J. Bloomfield.
- Technical Progress Reports Air Quality of Los Angeles County - Air Pollution Control District 1961.
- Ingeniería Sanitaria.
Organo Oficial de **AIDIS**.
- Fisiología Humana - Tercera Edición Ed. Ateneo.
Por: Bernardo Hussay, Juan Lewis, Oscar Orías, Eduardo Braun,
Enrique Hug, Virgilio Foglia y Luis Leloir.
- Analyzing Air Pollutant.
Concentration and Dosage Data;
By: R. I. Larsen, C. E. Zimmer, D. A. Lynn y K. G. Blemel.
- Estudio de la Contaminación Ambiental por Monóxido de Carbono en el Cercado de Lima Metropolitana - Tesis de Dachiller.

I N D I C E

	Página
Dedicatoria	3
Reconocimiento	4
Programa	5
Sumario	7
Plano del Cercado de Lima Metropolitana	7
Introducción	9
La Contaminación Ambiental por Monóxido de Carbono:	
- Generalidades	12
Metodología del Estudio:	
Estaciones de Muestreo	14
Criterios de Selección	14
Número y Localización	16
Evaluación de Factores Ambientales	17
Hoja para datos	18
Determinación de Monóxido de Carbono en Aire	19
Método Analítico	21
Instrumentos	23
Cálculos	24
Temperatura y Humedad Relativa del Aire	25
Instrumentos	25
Cálculos	26
Velocidad y Dirección del Viento	26
Instrumentos	27
Cálculos	27
Fotografías de los Instrumentos usados	28

	Página
Observaciones Meteorológicas	30
- Variaciones Climatológicas	30
Resultados del Estudio	31
- Variación de la Concentración de Monóxido de Carbono durante el día	31
Tabla N° 1: Valores a los que tiende la Concentración de Monóxido de Carbono en cada una de las Estaciones elegidas	31
Tabla N° 2: Horas escogidas para los días de muestreo	32
Tabla N° 3: Promedios de Monóxido de Carbono hallados en horas de mayor afluencia vehicular	33
Tabla N° 4: Concentraciones Promedio de Monóxido de Carbono en lapsos de mayor afluencia vehicular	34
Tabla N° 5: Tendencia de la Concentración de Monóxi- do de Carbono en las Estaciones 1, 2, 3 y tendencia promedio de estaciones en el Cercado de Lima Metro- politana	35
Gráfico N° 1: Tendencias de la Concentración del Mo- nóxido de Carbono en las Estaciones 1, 2, 3 y Tendencia Promedio de Estaciones en el Cercado de Lima Metro- politana	36
Tabla N° 6: Promedios importantes de Concentración de Monóxido de Carbono para diferentes períodos del día en el Cercado de Lima Metropolitana	38
- Variaciones de Temperatura y Humedad	39
Variaciones de la Temperatura	39
Tabla N° 7: Datos de Temperatura Hallados; Valores promediados	40

	<u>Página</u>
Gráfico N° 2 : Fluctuaciones de Temperatura	41
Variaciones de la Humedad Relativa	42
Tabla N° 8; datos de Humedad Relativa hallados: Valores promedios	43
Gráfico N° 3, de Fluctuaciones de Humedad Relativa	45
- Variaciones de la Velocidad y Dirección del Viento . .	
Tabla N° 9, de Velocidades y Direcciones del Viento en el Cercado de Lima Metropolitana	47
Gráfico N° 4, de Variaciones de Velocidad del Viento	49
Relación entre la Temperatura y Humedad del aire con la concentración de Monóxido de Carbono	50
Gráfico N° 5, Curva de Solubilidad del Monóxido de Carbono en Agua	51
- Relación entre la Velocidad y Dirección del Viento con la Concentración del Monóxido de Carbono	52
Discusión de la Contaminación Ambiental por Monóxido de Carbono del Cercado de Lima	53
Orígenes	53
El Hombre Inhala Monóxido de Carbono	54
Tabla N° 10: Inhalación de Monóxido de Carbono para períodos importantes de exposición en el Cercado de Lima Metropolitana	55
Límites Permisibles de Exposición	55
Tabla N° 11: Límites establecidos para Monóxido de Carbono en aire para la ciudad de Los Angeles fijados por niveles de alerta	56

Comparación de las Concentraciones de Monóxido de Carbono halladas en el Cercado de Lima Metropolitana, con los límites permisibles establecidos para este gas	57
- Principales Efectos Posibles	59
- Rol de la Causas Principales	60
- Principales Soluciones	61
Conclusiones	63
Recomendaciones	64
Bibliografía	65
Indice	66

F I N