

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES HOSPITALARIOS
(POR DETERMINACION DE OZONO Y MONOXIDO DE CARBONO).**



Presentado por:
César Alfredo Flores López.

Para optar el título de
Químico Farmacéutico.

Guatemala, agosto de 2002

PROPRIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
06
T(278)



JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE CIECIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

LIC. GERARDO LEONEL ARROYO CATALÁN	DECANO
LICDA. JANNETTE MAGALI SANDOVAL DE CARDONA	SECRETARIA
LICDA. GLORIA ELIZABETH NAVAS ESCOBEDO	VOCAL I
LIC. JUAN FRANCISCO PEREZ SABINO	VOCAL II
Dr. FEDERICO ADOLFO RICHTER MARTINEZ	VOCAL III
Br. JORGE JOSE GARCÍA POLO	VOCAL IV
Br. LIZA LEONOR CARRANZA JUI	VOCAL V

DEDICO ESTA TESIS A

Mi linda patria Guatemala, tierra del son, de las guapas mujeres y de la marimba

La tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala

y en especial a la muy querida Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

ÍNDICE.

	Página
1. RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. ANTECEDENTES.....	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	27
5. OBJETIVOS	28
6. HIPÓTESIS	29
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
8. RESULTADOS.....	43
9. DISCUSION DE RESULTADOS	49
10. CONCLUSIONES.....	50
11. RECOMENDACIONES.....	51
12. BIBLIOGRAFIA	45

1. RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue el determinar la calidad del aire en ambientes interiores de hospitales públicos a través del muestreo y análisis de: monóxido de carbono y ozono presentes en los ambientes de las áreas de encamamiento. Para llevar a cabo este trabajo de investigación, se procedió a muestrear en los puntos de entrada, medio y fondo del salón, en las áreas de pediatría, medicina interna y cirugía de los hospitales General San Juan de Dios y Roosevelt. Para la determinación de ozono se utilizó el método de Impinger, en el cual se utiliza una bomba universal para muestreo a una velocidad de flujo de 1.5 litros/minuto, dos impingers y una solución absorbente de yoduro de potasio por la cual burbujea el aire del ambiente. El muestreo se efectuó por media hora en los puntos de entrada de la sala o estación de enfermería, medio salón y fondo del salón; posteriormente se hace la lectura de la muestra en un espectrofotómetro UV visible a una longitud de onda de 352 nm; el dato que se obtuvo se compara con los datos de la curva de calibración para determinar la concentración de dicho contaminante. Para la determinación de monóxido de carbono se utilizó una bomba universal para muestreo y bolsas colectoras de muestras, dichas bolsas con capacidad de 20 litros cada una, las muestras se colectaron a una velocidad de flujo de 1.5 litros/minuto por 20 minutos en los puntos de muestreo de estación de enfermería, mitad del salón y fondo del salón; la lectura de éstas muestras se realizó en un espectrofotómetro infrarrojo en la unidad móvil del laboratorio de monitoreo del aire. Los resultados obtenidos son comparados con los valores de referencia sugeridos por la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*. Dichas mediciones muestran el grado de contaminación existente en un ambiente interno, que pueda presentar un riesgo de contaminación en el ambiente por ozono monóxido de carbono. El diseño de construcción, ventilación de la sala, hacinamiento, aparatos eléctricos, iluminación y ubicación de los hospitales General San Juan de Dios y Roosevelt, son los posibles factores responsables de la producción y acumulación de los contaminantes. Los valores de ozono muestran la poca concentración presente en los ambientes de ambos

hospitales, sin embargo el monóxido de carbono presenta una concentración mayor de la mitad del valor de referencia que especifica la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*. Con un promedio de 4.563 ppm el cual presenta mayor riesgo de intoxicación al personal que labora en los hospitales así como a los pacientes, ya que los valores son similares a concentraciones presentes en la calle.

2. INTRODUCCIÓN

La calidad del aire y las consecuencias que ésta tiene para la salud está influenciada por varios factores; estos factores incluyen emisiones peligrosas de contaminantes, condiciones meteorológicas y de ventilación, así como los procesos de degradación y eliminación de los contaminantes. El aire que se respira contiene sustancias que en determinadas condiciones pueden provocar daños al individuo.

Por el origen y la fuente de emisión de dichas sustancias, éstas se encuentran en ambientes exteriores e interiores, incluidos los ambientes hospitalarios que son susceptibles a contenerlas, en donde el aire contaminado podría presentar riesgos para la recuperación de los pacientes y la salud en general del personal expuesto.

Los contaminantes típicos del aire son: monóxido de carbono, óxidos de azufre, ozono, óxidos de nitrógeno, partículas en suspensión, hidrocarburos y derivados fitoquímicos, entre otros (1,2,3,4,5,6,7). Mediante éste estudio se evaluó la calidad del aire en ambientes hospitalarios por medio de la determinación de monóxido de carbono y ozono, ya que el monóxido de carbono se origina en procesos incompletos de combustión y el ozono se origina por reacción de contaminantes atmosféricos como hidrocarburos y óxidos de nitrógeno por acción de luz solar, así como de algunos aparatos eléctricos (8).

En un hospital las posibles fuentes de emisión de monóxido de carbono y ozono, se deben a la combustión incompleta en las calderas de lavandería, incineración de residuos hospitalarios y uso de aparatos eléctricos.

Los efectos tóxicos que produce el monóxido de carbono en humanos se deben a la combinación con la hemoglobina, que forma la carboxihemoglobina, la cual reduce la capacidad de transportar oxígeno, esto afecta el sistema nervioso

central, ya que produce cefalea, trastornos funcionales cardíacos, pulmonares, fatiga, estado de coma y la muerte en altas concentraciones (9,10,11).

El ozono provoca daño en los tejidos foliares, así como su unión con la hemoglobina, lo cual impide el transporte de oxígeno; es irritante local, afecta las membranas mucosas, nariz y garganta; produce edema pulmonar, irritación ocular, agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. En el organismo el ozono es capaz de producir radicales libres, los cuales están involucrados en procesos de peroxidación de lípidos; si la persona se expone por mucho tiempo al ozono puede sufrir daños a nivel de los cromosomas (9,10,11).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo fundamental generar información confiable que permita plantear mejoras para que en la estancia hospitalaria de pacientes y del personal que labora en los mismos no presenten efectos adversos por causa de la exposición a estos gases.

El monóxido de carbono se mide en la Ciudad de Guatemala desde 1995 reportándose valores que hasta el momento no sobrepasan el límite referido de 9 ppm.

El ozono se mide en la ciudad de Guatemala desde 1995. Los promedios anuales sobrepasan el límite de referencia de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$; en los años 1995 a 1997, observándose una disminución en el año 1998 a la fecha.

En este estudio se muestreo 8 puntos importantes de la ciudad capital que fueron considerados estaciones de muestreo: Avenida Petapa, Trébol, Calzada San Juan, INCAP, estaciones de zonas residenciales: Centro Histórico, USAC, INSIVUMEH.

Los contaminantes evaluados fueron:

- partículas totales en suspensión TPS
- partículas totales en suspensión en su fracción respirable PM 10
- dióxido de nitrógeno
- monóxido de carbono y
- ozono.

Los resultados obtenidos en este estudio, confirmaron la presencia de contaminantes en el aire de las estaciones de muestreo, cuya presencia indica que de no considerar las medidas apropiadas para su control, la cantidad de dichos contaminantes puede incrementarse en los próximos años (7).

Estos estudios se realizan año con año desde su inicio en 1994 (1) y al comparar los datos encontrados con el reporte del año 2000, se discute que todos los contaminantes están en mayores proporciones, y sobrepasa el límite sugerido por la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*, lo cual

significa un incremento en los daños de la salud de las personas, animales y plantas así como daños a materiales y monumentos históricos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estima que más de un 30% de los nuevos edificios tiene problemas relacionados con las quejas de los ocupantes y con ausentismos, baja productividad, lo cual tiene considerables impactos económicos (8,13). Datos epidemiológicos indican que existen efectos adversos a la salud humana, por la contaminación en espacios cerrados generados por la ocupación simple y por las actividades del trabajo diario. Se establece que uno de los más serios problemas sobre la calidad del aire interno, tanto de viviendas como edificios, se genera por una inadecuada ventilación (12,13).

En Centro América, las condiciones climáticas provocan que un reducido porcentaje de los edificios utilice ventilación artificial, también incide en ésta preferencia los altos costos energéticos para mantener sistemas de ventilación artificial permanente.

Se dispone de una base de datos desde 1995 al 2000, la cual estima la calidad de aire de la ciudad de Guatemala, aunque a la fecha no existen estudios en ambientes de instituciones hospitalarias de la ciudad de Guatemala.

Las sustancias tóxicas presentes en la atmósfera se generan principalmente por combustión inadecuada de fuentes industriales, domésticas y por transporte. Cinco contaminantes constituyen cerca del 98% de las sustancias que invaden el aire, estas son: monóxido de carbono (52%) óxidos de azufre (18%), hidrocarburos (12%) partículas (10%) y óxidos de nitrógeno (6%).(1,2,12).

3.2 CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN INTERIORES:

3.2.1 NORMAS DE LA CALIDAD:

La mayoría de las normas de la calidad del aire en interiores para contaminantes son planteadas para los ambientes ocupacionales; estas normas tienen como base la protección de trabajadores sanos expuestos a concentraciones de tiempo ponderado, menores que, o iguales a niveles especificados de hasta 8 horas /día, y 40 horas /semana. Estas normas no son satisfactorias para su aplicación general debido a que no protegen a la población susceptible y están limitadas a 40 horas/semana. Por lo general, la calidad aceptable del aire para ambientes no ocupacionales se basa en las normas de calidad del aire exterior o en las velocidades especificadas para ventilación interior (12). Las normas federales para la calidad del aire se plantean con el fin de proteger a la población susceptible de los efectos adversos de la exposición de la contaminación del aire.

La norma 62-63R (propuesta en Estados Unidos por la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. ASHRAE) es una norma propuesta para la mínima ventilación requerida para obtener la calidad del aire en interiores. Esta norma es una revisión propuesta de las normas de la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. ASHRAE 62-73, ASHRAE 1973 y 9-75 (ASHRAE 1975); la norma 63-73 especificaba los valores mínimos y recomendados de las velocidades de ventilación.

Debido a la necesidad de que los edificios utilicen eficientemente la energía, la ASHRAE modificó la norma 62-73 en 1975; se

introdujo la norma 90-75 "Conservación de la Energía en el Diseño de Nuevos Edificios". Esta norma, que ha sido incorporada en 45 estados de la Unión Americana , especifica que se utilicen con fines de diseño los valores mínimos y no los recomendados de la norma 62-63 (12).

La norma 62-73R especifica los niveles de la calidad del aire en interiores y las velocidades mínimas de ventilación que serían aceptables para los ocupantes sin riesgo de salud. Estas recomendaciones se aplican a todos los espacios interiores ocupados que no estén considerados por las normas ocupacionales. La calidad del aire se define como el aire que no tenga contaminantes a concentraciones dañinas y con el que no expresen descontento la mayoría de las personas expuestas al mismo; se especifican dos procedimientos para obtener una aceptable calidad del aire en interiores: ésta se podrá obtener por suministros de aire de ventilación en cantidad y calidad apropiadas al espacio considerado o bien, no excediendo las normas de concentración de los contaminantes identificados (12).

Los procedimientos de ventilación de la norma 62-73R incluye los criterios de velocidad de ventilación y limpieza del aire.

La norma se basa en consideraciones fisiológicas, evaluación subjetiva y criterio profesional, al aplicar la norma se supone una utilización del 100% de aire en interiores, de calidad aceptable, para el aire de reemplazo, sin embargo, la cantidad de aire exterior, se pueden reducir cuando el aire recirculado se trata de manera adecuada por medio de dispositivos para su limpieza. El aire exterior no se considera aceptable para la ventilación si contiene cualquier contaminante en concentraciones por arriba de

lo permitido, o bien a concentraciones que no exceden de 1/10 de la norma ocupacional. Si se presentara el caso de que excediera dicha proporción, debe tratarse antes de utilizarlo para controlar éste contaminante. La calidad del aire exterior será aceptable en el caso de que suministren las velocidades de ventilación (12).

Se requiere un suministro mínimo de aire para diluir el CO₂ producido por el metabolismo. Por lo general, se considera que 0.5% de CO₂ es un límite aceptable para que las personas puedan trabajar, sin experimentar efectos adversos (1, 9,10,11).

3.3 EFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE SOBRE LA SALUD HUMANA:

Los contaminantes del aire penetran en el cuerpo principalmente por las vías respiratorias, algunos se absorben en la sangre, otros se eliminan por los pulmones, y una fracción queda retenida en el cuerpo (11).

3.3.1 EFECTOS DEL OZONO EN EL ORGANISMO.

El ozono dentro del organismo es capaz de producir radicales libres, que pueden involucrarse en procesos destructivos de oxidación, como la peroxidación de lípidos o reacciones con grupos sulfhidrilos (-SH).

Las exposiciones prolongadas, pueden causar daños a nivel de los cromosomas. Los compuestos captadores de radicales libres, antioxidantes y compuestos que tengan grupos sulfhidrilos, pueden proteger al organismo de los efectos del ozono. A concentraciones de 0.25 a 0.75 ppm causa respiración superficial y rápida, y disminución de la distensibilidad pulmonar (9,10,14,15).

Los procesos de combustión liberan las sustancias o contaminantes primarios requeridos para la formación de smog, éstos son: óxidos de nitrógeno, refiriéndose a ellos como NO_x para indicar la presencia de NO y NO_2 , hidrocarburos, los cuales pueden provenir incluso de otras fuentes ajenas a la combustión como por ejemplo evaporación de combustibles y solventes. El gas y el aceite, son hidrocarburos que al quemarse completamente, en su mayoría se combinan con el oxígeno para formar CO_2 y agua; al mismo tiempo ocurren otras reacciones secundarias que generan otros hidrocarburos, los nuevos hidrocarburos formados, tienden a ser muy reactivos y sufren diferentes reacciones químicas en el aire, lo cual produce compuestos extremadamente dañinos a la salud.

Los contaminantes secundarios, son aquellos que se forman a partir de las sustancias que fueron descargadas de la atmósfera. De éstos, los más indeseables son el ozono y compuestos orgánicos como aldehídos, cetonas y peroxiacetilnitratos (PAN).

Los niveles típicos de ozono descubiertos en un ambiente contaminado (menos de 0.1 ppm), quedan por debajo de los niveles que producen irritación severa (15).

Para éste contaminante los valores de referencia que especifica la *Organización Mundial de la Salud (OMS)* es de un promedio anual de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio para 1 hora $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un promedio para 8 horas $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1,2,15).

CUADRO No 1.

Resultados de investigación en seres humanos por exposición de ozono (12).

<i>Concentración ppm</i>	<i>Duración exposición (en horas)(para estudios clínicos); promedio de tiempo (para estudios epidemiológicos)</i>	<i>Efectos reportados</i>	<i>Referencias</i>
0.01-0.30	Promedio horario	Los parámetros de la función pulmonar en un 25% de niños japoneses de edad escolar están correlacionados con las concentraciones de O ₃ dentro del rango 0.01-0.30 ppm, en dos horas anteriores a la prueba.	Kagawa y Toyama (1975)
0.10	2	Disminución de la presión de O ₂ en la sangre, contenida en las arterias, aumento de la resistencia al paso del aire, observada, por técnicas de medición no normalizadas.	Von Nieding y colaboradores (1976)
0.15	1	La mayoría de los pacientes observaron síntomas subjetivos de incomodidad, discernibles pero no estadísticamente significativos, cuando efectuaban ejercicios vigorosos.	De Lucía y Adams (1977)
0.20	3	Se observó reducción en la agudeza visual (visión nocturna)	Lagerweff (1963)
0.25	0.5-1	Las muestras de sangre de los pacientes expuestos presentaron aumento en las velocidades de formación de esferas los glóbulos rojos.	Brinkman y colaboradores (1964)
0.30	1	La mayoría de los pacientes observaron síntomas subjetivos de incomodidad, estadísticamente significativos, en las funciones pulmonares al realizar ejercicio intenso.	De Lucía y Adams (1977)
0.37	2	Se observaron síntomas de incomodidad y cambios significativos en la función pulmonar cuando los pacientes estaban sometidos a ejercicios ligeros e intermitentes.	Hazucha (1973) Folinsbee y colaboradores (1975)

3.3.2 EFECTOS DEL MONOXIDO DE CARBONO EN EL ORGANISMO:

La toxicidad del monóxido de carbono, proviene de la combinación con la hemoglobina para formar carboxihemoglobina (COHb), forma en la cual la sangre no transporta oxígeno, dado que ambos gases reaccionan con los mismos grupos prostéticos del grupo *hem* de la hemoglobina y su afinidad por el CO es 220 veces mayor que por el oxígeno, la carboxihemoglobina afecta el sistema nervioso central el cual provoca cambios en la función cardíaca y pulmonar, dolores de cabeza y somnolencia. Los valores de referencia recomendados por la *Organización Mundial de la Salud OMS* es de 9 ppm en un período de 8 horas. (2,9,10,11).

El monóxido de carbono produce asfixia. Una acumulación de este gas inodoro e incoloro puede dar lugar a una variedad de síntomas que derivan de la afinidad de los compuestos y su combinación con la hemoglobina, formando carboxihemoglobina (COHb) e interrumpe el transporte de oxígeno. Los ancianos, el feto y las personas con enfermedades cardiovasculares y pulmonares son particularmente sensibles a los niveles elevados de CO. El cloruro de metileno, que se encuentra en algunos productos domésticos comunes, como en la pintura, puede metabolizarse para formar monóxido de carbono en combinación con la hemoglobina y producir COHb. El cuadro No.2 muestra la relación entre la concentración de CO y los niveles de COHb en la sangre.

Los tejidos que poseen mayor demanda de oxígeno, como el miocardio, cerebro y músculos que se ejercitan son los más afectados. Los síntomas se parecen a la influenza e incluyen fatiga, dolor de cabeza, mareo, náuseas, vómitos, deficiencia cognoscitiva y taquicardia. La hemorragia retinal en el examen de fondo de ojos es

un signo de diagnóstico importante, pero debe haber presencia de COHb y el diagnóstico no es exclusivo. Los estudios que incluyen la exposición controlada también revelan que la exposición al CO acorta el tiempo de inicio de la angina en las personas que tienen cardiopatía isquémica y disminuye la tolerancia al ejercicio en aquellos con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

Nota: Como la intoxicación por CO, puede parecerse a la influenza, quien brinde atención a la salud debe sospechar cuando una familia entera presenta síntomas de intoxicación al inicio de la estación de calefacción y si los síntomas persisten a pesar del tratamiento médico y el tiempo(16).

3.3.2.1 NIVELES DE CARBOXIHEMOGLOBINA Y SUS EFECTOS RELACIONADOS CON LA SALUD:

CUADRO No.2

Niveles de Carboxihemoglobina COHb y efectos reportados (12).

<i>COHb (%)</i>	<i>Efectos</i>
0.4	Valor fisiológico normal para no fumadores.
2.5 - 3	Disminución en la ejecución de ejercicio en pacientes con angina o claudicación intermitente.
4 - 5	Aumento de los síntomas en policías de tránsito.
5 - 10	Cambios en el metabolismo del miocardio y posible empeoramiento; disminución estadísticamente significativa de la percepción visual, destreza manual o capacidad de aprender.
10 +	Cefalea, afección en la coordinación manual; cambios en la respuesta visual de enfoque (VER) por electroencefalograma (EEG).

Los ambientes internos de un hospital no sólo pueden estar contaminados por productos de combustión incompleta, sino también por contaminación biológica en la que pueden estar presentes microorganismos que

producen en los pacientes infecciones nosocomiales; estas infecciones son producidas por microorganismos propios del ambiente hospitalario, prolongan el tiempo de hospitalización, aumentan las complicaciones, el costo de atención al paciente y con frecuencia propician la muerte. Esta infección está íntimamente relacionada con el ambiente que rodea al paciente y el microorganismo relacionado se transmite por contacto directo con el paciente y por el aire que hay en el ambiente (17).

CUADRO No.3

Resultados de investigación en seres humanos por exposición de monóxido de carbono (12).

<i>Concentración CO (ppm)</i>	<i>Duración exposición (horas)</i>	<i>COHb (%)</i>	<i>Efectos reportados</i>	<i>Referencias</i>
0	-	0.3 - 0.7	Norma fisiológica (producción endógena)	Coburn y colaboradores (1963)
50	2	2.5 - 3.0	Duración del ejercicio hasta comienzo de la angina disminuyó un 16%	Aronow e Isbell (1973)
150	No reportada	3.4 - 4.4	Afección de la función ventricular(corazón) en pacientes con angina por enfermedad coronaria	Aronow y colaboradores (1974)
100	1	3.0-4.9	La duración máxima del ejercicio en 10 pacientes saludables que no eran fumadores disminuyó un 5% , uno de los pacientes mostró anomalía electrocardiográfica, posterior a la exposición al CO y el ejercicio	Aronow y Cassidy (1975)
100	1	3.0-4.9	La duración máxima del ejercicio hasta que se una notable dificultad en la respiración (disnea) en pacientes con	Aronow y colaboradores (1975)

			enfisema, disminuyó 33%	
100	4	2.8-5.4	La duración del ejercicio hasta el comienzo de la angina disminuyó 15% y la duración del dolor aumento 31%	Anderson y colaboradores

3.3.3 EFECTOS EN LA SALUD DE OTROS CONTAMINANTES:

CUADRO No. 4

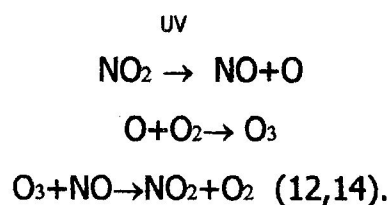
Concentraciones típicas de contaminantes en interiores (12).

<i>Contaminantes de interés</i>	<i>Concentración (tiempo de muestreo)</i>	<i>Localización</i>	<i>Referencia</i>
Monóxido de carbono CO	3.4 - 2.8 ppm 3.1 - 7.8 ppm (promedios estacionales de muestra de 12 h).	Oficinas, restaurantes, bares, locales, cocinas en casa con estufas de gas	Wade y colaboradores (1975)
Bióxido de nitrógeno NO ₂	0.005 - 0.317 ppm (1 semana) 0.005-0.11 ppm (24 horas) <0.06 ppm (24 horas)	Casas inglesas donde se cocina con gas para espectáculos	Goldstein y colaboradores (1979) Florey y colaboradores (1979)
Partículas respirables PR.	100 - 700 µg/m ³ (8-15 min) 20-60 µg/m ³ 10-70 µg/m ³ (24 horas)	Restaurantes residencias	Repace y Lowrey (1980)
Partículas suspendidas totales PST	39-66 µg/m ³ muestras 12 hr. 2.7-79.4 µg/m ³ (48 h.	Viviendas, edificios públicos hospital urbano	Yocum y colaboradores (1977). Neal y colaboradores (1978)
Asbesto	0-100 ng/m ³ (0-2 x10 fibras /m ³ , 5 min a 10 h	Actividad normal durante el mantenimiento	Sawyer y Spooner (1978) Sawner(1977)
Formaldehído, HCHO	60-1673 ppb(1h-463 promedio para todas mas mediciones 30-1770ppb(35-60 min)	Viviendas con páneles conglomerados viviendas móviles	Anderson y colaboradores (1975) Breyse (1981)
Ozono O ₃	<0.002-0.068 ppm (40 min a 2 horas. <0.002 - 0.18 ppm (30 min)	Cuarto para fotocopiadora vivienda con limpiadores electrostáticos de aire	Selway y colaboradores (1980) Allen y colaboradores (1978)
Bióxido de carbono CO ₂	0.086% (5 min)	Salón de conferencias,	Wang (1975)

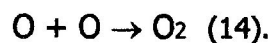
	0.06-0.25% 0.9% (mediciones continuas durante 8 semanas)	salón de clases	Kusuda (1976) Wilson y Schaeffer (1979)
Partículas viables	20-700 CFP/m ³ (promedio de muestras de 10 min. Tomadas cada 40 minutos)	Escuelas hospitales casas	Berk y colaboradores (1980)

3.4 FORMACIÓN DEL OZONO:

El ozono se forma por interacción de luz UV de longitud de onda corta con compuestos nitrogenados que poseen oxígeno, en la siguiente reacción:



Los átomos de oxígeno son mucho más reactivos que las moléculas de oxígeno, debido a que el átomo carece de dos electrones para completar el octeto, brindándole un estado energético muy especial. Dos de ellos pueden combinarse para formar oxígeno:

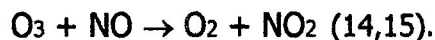


La probabilidad que tiene el átomo de oxígeno para atacar moléculas de oxígeno, es mucho mayor que la de atacar otros átomos de oxígeno. Por ello, se forma ozono con mayor facilidad :

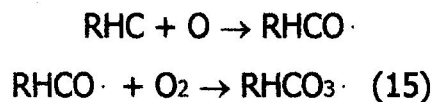


La energía contenida en el átomo de oxígeno atómico, es transferida a un nivel adecuado en el ozono.

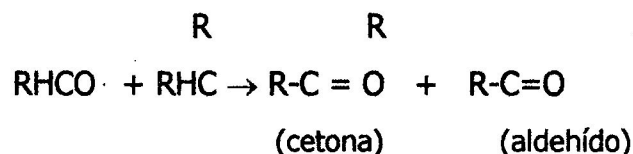
Normalmente, el ozono reaccionaría con el NO para formar más NO₂ :



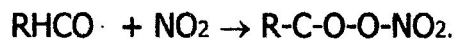
Se completa así el ciclo básico natural del NO₂. Sin embargo, tanto el ozono como el oxígeno atómico, pueden reaccionar con hidrocarburos provenientes de procesos de combustión, para formar así, radicales libres (RHCO·):



Estos radicales, pueden reaccionar con otros hidrocarburos:



o reaccionar con dióxido de nitrógeno para formar peroxiacetilnitratos (PAN).



Se concluye entonces, que el ciclo atmosférico natural del dióxido de nitrógeno, emplea tanto ozono como el que produce, y no puede originar los niveles de ozono que se observan en el smog fotoquímico. El aumento en la concentración de ozono, se debe a que los hidrocarburos

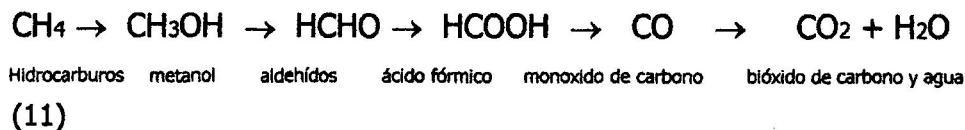
rompen el ciclo, participan en las reacciones químicas que permiten al óxido nítrico convertirse en dióxido de nitrógeno, sin utilizar ozono.

El ciclo queda desbalanceado , y el monóxido de nitrógeno se vuelve a convertir en dióxido de nitrógeno a una mayor velocidad que con las que se rompe. El resultado neto es la acumulación de ozono (15).

El ozono es una forma alotrópica, tóxica y muy reactiva del oxígeno elemental, formada por tres átomos de oxígeno de forma molecular O₃ . El ozono también se forma a partir de oxígeno O₂ a través de una descarga eléctrica. El ozono es un gas incoloro, que se produce por la reacción de ciertos contaminantes atmosféricos como hidrocarburos y óxidos de nitrógeno bajo la influencia de radiación solar. Los efectos adversos que produce el ozono son: irritación ocular y del tracto respiratorio, agrava enfermedades cardiovasculares y respiratorias, irrita los pulmones y puede ocasionar la muerte por edema a éstos órganos, así como produce engrosamiento a los bronquiolos respiratorios terminales (2,9,10,11).

3.5 MONOXIDO DE CARBONO:

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro, insípido y no irritante, se origina de la combustión incompleta de partículas orgánicas.



Si los hidrocarburos no son totalmente oxidados durante la combustión, una variedad de sustancias aparecen en la emisión del gas, alcoholes, aldehídos o ácidos orgánicos.

El monóxido de carbono es un producto intermedio en el proceso de combustión a CO_2 , la oxidación requiere una temperatura de 990 K, o la temperatura de ignición. Si no se alcanza ésta temperatura, el CO es liberado al medio (8).

La hemoglobina tiene una afinidad 240 veces mayor por CO, que por el O_2 . El CO desplaza fácilmente al O_2 de la hemoglobina a presiones parciales de solo 1/240 de la presión del O_2 , y produce hemoglobina oxicarbonada o carboxihemoglobina (9,10,11).

3.6 METODOS DE ANALISIS:

3.6.1 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN INFRARROJA.

La región infrarroja incluye las regiones del espectro comprendidas entre los números de onda de 12800 a 10 cm^{-1} , aproximadamente, lo que corresponde a las longitudes de onda de 0.78 a $1000 \mu\text{m}$. En la aplicación como la instrumentación conviene subdividir la región infrarroja del espectro en tres porciones denominadas infrarrojo cercano, medio y lejano; la espectroscopía infrarrojo tiene amplias aplicaciones en análisis cuantitativo y cualitativo en especial para analizar compuestos orgánicos (18).

CUADRO No 6

Regiones del espectro infrarrojo (18).

<i>Región</i>	<i>Intervalos longitudes de onda (λ) en μm</i>	<i>Intervalos en (σ) Número de onda cm^{-1}</i>	<i>Intervalo, en frecuencia en (ν) en Hz ($\times 10^{14}$)</i>
Cercano	0.78 a 2.5	12800 a 4000	3.8 a 1.2
Medio	2.5 a 50	4000 a 200	1.2 a 6.0
Lejano	50 a 1000	200 a 10	6.0 a 3.0

En la práctica, el modelo APMA-350E, utiliza un elemento calentado con alta energía para generar una banda ancha de luz infrarroja. La luz pasa a través de un filtro de gas en forma de anillo giratorio que hace que el rayo de luz pase alternamente a través de una celda de gas llena de nitrógeno (celda de medición), y una celda llena de una mezcla de CO/nitrógeno (celda de referencia).

Esta alternación ocurre a una tasa de 30 ciclos/seg. que hace que el rayo de luz esté modulado en pulsos de referencia y medición. Durante un pulso de referencia, el CO del filtro de gas en anillo descompone eficazmente el rayo de toda la energía IR en longitudes de onda donde el CO puede absorber. Como resultado se obtiene un rayo que no es afectado por el CO en la celda de muestra. Durante el pulso de medición, el nitrógeno del filtro de gas no afecta el rayo, que subsecuentemente puede alternarse con cualquier CO en la celda de muestra. (1,18).

El anillo del filtro de gas también cuenta con una marca óptica que se superpone a una modulación de 360 ciclos/seg. luz/oscuridad en el rayo IR. Esta modulación de alta frecuencia se incluye para maximizar la función del detector de señal a ruido.

Después del anillo de filtro de gas, el rayo IR entra a la celda de muestra de paso múltiple. Esta celda usa ópticas plegadas para generar una longitud de paso de absorción de 16 metros para lograr sensibilidad máxima.

Luego de excitar la celda de muestra, el rayo pasa por un filtro de interferencia de paso de banda para limitar la luz a la longitud de onda que se necesita. Por último, el rayo golpea el detector que es un foto-conductor sólido enfriado termoelectricamente.

Este detector, junto con su pre-amplificador y su suministro de voltaje contiene la señal luminosa en una señal de voltaje modulada. La salida del detector es desmodulada electrónicamente para crear dos voltajes DC, CO Medición y CO referencia.

Estos voltajes son proporcionales a la intensidad de la luz que recibe el detector durante los pulsos de medición y referencia, respectivamente (1,13,18).

Características del espectrofotómetro de absorción infrarroja:

Contiene un microprocesador, pantalla alfanumérica 2x40, operación e iniciación fácil, test de variables observable durante la operación, autochequeo y diagnóstico incorporado, protección por medio de palabras clave, bomba interna, capacidad de comunicación bi-direccional RS 232, memoria de programa estable, unidad de lecturas: ppm, mg/m³, chequeo de span y zero, capacidad de corrección dinámica del zero y span, promedios seleccionables de 1-60 minutos, salida de estado digital, orificio crítico, flujómetro de masa, compensación de presión y temperatura, fuente IR de larga duración.

3.6.2 ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN DE RADIACIÓN ULTRA VIOLETA Y VISIBLE:

La espectroscopía de absorción es una de las metodologías más útiles de que dispone el químico para análisis cuantitativo; las características más importantes de los métodos espectrofotométricos y fotométricos son: Gran aplicación, alta sensibilidad, selectividad de moderada a alta, precisión, facilidad y comodidad. La absorción de radiación ultravioleta UV y visible por una especie, puede considerarse como un proceso en dos etapas, la primera de las cuales corresponde a la excitación indicada por la ecuación:



En donde M representa la partícula atómica

$h\nu$ fotón emitido por el instrumental

M^* la partícula atómica excitada.

Este estado de excitación tiene un tiempo muy breve y desaparece a través de algunos de los diferentes procesos de relajación. La absorción de radiación ultravioleta y visible de longitud de onda más larga se restringe a un número limitado de grupos funcionales llamados grupos cromóforos que contienen electrones de valencia con energías de excitación relativamente bajas. Los electrones que contribuyen a las características de absorción de una molécula orgánica son : 1) los que participan directamente en la formación de enlaces entre átomos y se asocian así con más de un átomo; 2) electrones exteriores no enlazados o no compartidos, situados principalmente en átomos como oxígeno, halógenos, azufre y nitrógeno (18).

Cálculos en la relación de absorción:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = m \text{ Abs neta} / 0.0255 * \text{horas.}$$

En la que: mAbs neta: miliabsorción de la muestra menos mili absorción del blanco, 0.0255: geometría colectora constante más calibración con aparatos de medición, horas: tiempo de exposición, el cual debe ser una semana (1).

4. JUSTIFICACIÓN

Evaluar la calidad del aire del ambiente hospitalario, mediante determinación de los contaminantes: monóxido de carbono y ozono para asegurar la adecuada recuperación y estancia de los pacientes, así como la salud del personal que labora en las instalaciones de los mismos, debido a que la exposición de los compuestos a evaluar producen efectos adversos a la salud.

El monóxido de carbono y el ozono son gases que no presentan características organolépticas como ausencia de olor y color, por lo que pueden estar presentes en los ambientes en concentraciones tóxicas, sin ser detectados.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVOS GENERALES:

- Evaluar la calidad del aire en ambientes hospitalarios.
- Generar información confiable que permita conocer las condiciones ambientales en las que se encuentran los pacientes y el personal laboral.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Cuantificar los niveles de contaminación por monóxido de carbono y ozono presentes en los ambientes hospitalarios.
- Proponer estrategias para disminuir los riesgos de intoxicación para los pacientes y el personal que labora en el ambiente hospitalario.
- Documentar la información obtenida.

6. HIPÓTESIS

Los pacientes internos y el personal que labora en las áreas de encamamiento del Hospital General San Juan de Dios y el Hospital Roosevelt de la ciudad de Guatemala, se encuentran en ambientes internos libres de los contaminantes monóxido de carbono y ozono.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 UNIVERSO DE TRABAJO:

Aire presente en los puntos de muestreo de los ambientes interiores del Hospital General San Juan de Dios y el Hospital Roosevelt, de la ciudad de Guatemala.

7.2 MUESTRA:

Aire recolectado en los siguientes puntos de muestreo:

Area de cirugía: estación de enfermería, centro del salón y fondo del salón.

Area de medicina interna: estación de enfermería, centro del salón y fondo del salón.

Area de pediatría: estación de enfermería, centro del salón y fondo del salón.

Ver diagrama No. 1, sección 7.8, pagina 36 "PUNTOS DE MUESTREO".

Todas las tomas de muestra se realizarán a una altura de 1.50 metros del nivel del suelo.

7.3 MATERIALES:

7.3.1 DETERMINACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO:

EQUIPO (1)

No.	Equipo	Especificaciones	Cantidad.
1.	Bolsas de muestreo SKC Quality Sample Bag	40.0 litros de capacidad, con válvula, catálogo No. 231-20.	2
2.	Bomba de vacío SKC Airchek Sampler	Portatil, modelo 224-PCXR8	1
3.	Sensor Infrarrojo HORIBA Ambient CO monitor	Modelo APMA-350E	1

7.3.2 DETERMINACIÓN DE OZONO:

EQUIPO(1)

No.	Equipo	Especificaciones	Cantidad.
4.	Espectrofotómetro KONTRON INSTRUMENTS	KONTRON INSTRUMENTS. UVIKON 922 ESPECTROPHOTOMETER	1
5.	Cámara extractora de gases		2
6.	Balanza analítica TOLEDO	METTER TOLEDO AG245	1
7.	Refrigerador	GENERAL ELECTRIC tamaño 1.50mbx0.50mbx0.50mt	1
8.	Impingers	Calibrados de 25 mL	4

7.3.2.1 MATERIALES (1):

No.	Equipo	Especificaciones	Cantidad
9.	Cajones de madera	Adaptados para portar los impingers y la cámara extractora de gases	2
10.	Desecador		1
11.	Mangeras de hule	25 cm. Largo 9.0 mm diámetro interno	4
12.	Beackers	250 ml	5
13.	Probeta	25 ml	3
14.	Tubos de ensayo	5 ml. Con tapón	25
15.	Frascos volumétricos	Diferente capacidad	15
16.	Frasco de vidrio	Vidrio ámbar	1
17.	Pipeta	10 ml	1
18.	Pinza	Acero inoxidable	1
19.	Gradilla	Madera, capacidad 20 tubos	1
20.	Termómetro	Rango de temperatura 0° C a 150°C	1
21.	Bisturí	Acero inoxidable	1
22.	Estufa eléctrica	GENERAL ELECTRIC	1
23.	Bureta	De vidrio calibrada de 50 mL	1

7.3.2.2 REACTIVOS:

24.	Fosfato diácido de potasio KH_2PO_4	Para análisis	13.6 g
24.	Yoduro de potasio KI	Para análisis	26 g
25.	Fosfato monoácido de sodio	Para análisis	14.2ml
26.	Yodo sublimado	Para análisis	3.173 ml

27.	Tiosulfato de sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Para análisis	3.1022 g
28.	Dicromato de potasio K_2CrO_4	Para análisis	0.5 g
29.	Ácido sulfúrico H_2SO_4	6 F	10 mL
30.	Almidón	Para análisis	5 g
31.	Agua tridestilada	Para análisis	2 galones

7.4 PROCEDIMIENTO:

A continuación se describe el método para la cuantificación de monóxido de carbono y ozono.

7.4.1 MEDICIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO):

Toma de muestra:

Se conecta la bomba de vacío a la bolsa muestreadora, se abre la válvula de la bolsa y se activa la bomba de vacío por 20 minutos, hasta que la bolsa esté llena.

Se cierra la válvula de la bolsa, se apaga la bomba de vacío y la muestra es llevada al Laboratorio de Monitoreo del Aire, ubicado en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se conecta al sensor infrarrojo de monóxido de carbono modelo APMA-350 E.

7.4.1.1 Analizador Infrarrojo:

Principio de operación del Sensor Infrarrojo Ambiente CO Monitor Modelo APMA-350E: la detección y medición de monóxido de carbono en el modelo APMA- 350E, se basa en la absorción de radiación infrarrojo (IR) por parte de moléculas de CO en longitudes de onda alrededor de los 4.7

micrones. En la práctica, el modelo APMA-350E, utiliza un elemento calentado con alta energía para generar una banda ancha de luz infrarroja. La luz pasa a través de un filtro de gas en forma de anillo giratorio que hace que el rayo de luz pase alternadamente a través de una celda de gas llena de nitrógeno (celda de medición), y una celda llena de una mezcla de CO/nitrógeno (celda de referencia). Esta alternación ocurre a una tasa de 30 ciclos/seg. que hace que el rayo de luz esté modulado en pulsos de referencia y medición. Durante un pulso de referencia, el CO del filtro de gas en anillo descompone eficazmente el rayo de toda la energía IR en longitudes de onda donde el CO puede absorber. Como resultado se obtiene un rayo que no es afectado por el CO en la celda de muestra. Durante el pulso de medición, el nitrógeno del filtro de gas no afecta el rayo, que subsecuentemente puede alternarse con cualquier CO en la celda de muestra. (1,18).

El anillo del filtro de gas también cuenta con una marca óptica que se superpone a una modulación de 360 ciclos/seg. luz/oscuridad en el rayo IR. Esta modulación de alta frecuencia se incluye para maximizar la función del detector de señal a ruido.

Después del anillo de filtro de gas, el rayo IR entra la celda de muestra de paso múltiple. Esta celda usa ópticas plegadas para generar una longitud de paso de absorción de 16 metros para lograr sensibilidad máxima.

Luego de excitar la celda de muestra, el rayo pasa por un filtro de interferencia de paso de banda para limitar la luz

a la longitud de onda que se necesita. Por último, el rayo golpea el detector que es un foto-conductor sólido enfriado termoeléctricamente.

Este detector, junto con su pre-amplificador y su suministro de voltaje contiene la señal luminosa en una señal de voltaje modulada. La salida del detector es desmodulada electrónicamente para crear dos voltajes DC, CO Medición y CO referencia.

Estos voltajes son proporcionales a la intensidad de la luz que recibe el detector durante los pulsos de medición y referencia, respectivamente (1,13).

7.4.2 DETERMINACIÓN DE OZONO

7.4.2.1 Método de Impingers

Fundamento:

7.4.2.2 Preparación de la solución absorbente (KI al 1% en buffer de fosfatos 0.1 M)

7.4.2.2.1 Disolver 13.6 g de fosfato diácido de potasio (KH_2PO_4), 14.2 g de fosfato disódico (Na_2HPO_4) ó 35.8 g de la sal dodecahidratada ($\text{Na}_2\text{HPO}_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$); y 10.0 g de yoduro de potasio consecutivamente, diluyendo la solución hasta 1 L con agua tridestilada.

Manténgase a temperatura ambiente por lo menos un día antes de utilizarla. Medir el pH y ajustarlo a 6.4 +/- 0.2 con NaOH o KH_2PO_4 , según sea necesario.

Esta solución puede ser guardada por varios meses en un recipiente de vidrio oscuro a temperatura ambiente. Nunca debe exponerse a luz del sol directa.

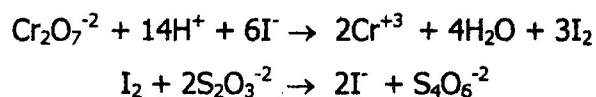
7.4.2.3 Preparación de la solución estándar de yodo (0.025 M de I_2)

7.4.2.3.1 Disolver 16 g de yoduro de potasio y 3.173 g de yodo sublimado sucesivamente, y diluir la mezcla hasta exactamente 500 mL con agua tridestilada. Manténgase a temperatura ambiente por lo menos un día antes de usarla. Se debe estandarizar justo antes de emplearla contra $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025 M. La solución de tiosulfato se estandariza contra dicromato de potasio como patrón primario.

7.4.2.4 Preparación de la solución de tiosulfato de sodio 0.025M:

7.4.2.4.1 Pesar aproximadamente 3.1022 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ y llevar a un volumen de 500 mL con agua tridestilada en un matraz aforado.

7.4.2.4.2 Estandarización : pesar aproximadamente 0.05 g de dicromato de potasio y agregar 40 mL de una solución de KI, preparada con anterioridad disolviendo 10 g de KI en 200 mL de agua tridestilada, en un vaso de precipitar. Agitar y adicionar 3 gotas de ácido sulfúrico 6F. Comenzar a valorar con la solución de tiosulfato de sodio hasta observar una disminución en el color de la solución. Agregar 3 gotas de indicador de almidón (solución de almidón al 5%, preparada en agua caliente el mismo día de su uso). Continuar la valoración hasta la desaparición del color azul, observándose una solución verde claro. Finalmente se calcula la concentración de tiosulfato en base a las siguientes reacciones:



7.4.2.5 Solución 0.001 M de yodo:

7.4.2.5.1 Pipetear con exactitud 2.00 mL (o el volumen necesario según se tuviera otra concentración) de la solución estándar de yodo 0.025 M en un matraz aforado de 50 mL y diluir hasta completar el volumen con solución absorbente de KI. Se obtiene una solución de concentración 0.001 M de yodo equivalente a 20 μ L de ozono/mL.

7.4.3 Solución de yodo para calibración:

7.4.3.1 Diluir 1.00 mL de la solución 0.0010 M de yodo con solución absorbente en un matraz aforado de 100 mL, justo antes de emplearla. La concentración final de esta solución equivale a 0.2 μ L de ozono por cada mililitro de solución.

7.4.4 Filtros absorbentes de dióxido de azufre:

7.4.4.1 Humedecer círculos de papel filtro, de 3.5 cms. de diámetro en una solución de ácido crómico, en la forma siguiente: se disuelven aproximadamente 2 g de cromato de potasio en 15 mL de agua y 15 gotas (0.75 mL) de ácido sulfúrico concentrado, empleando un gotero, se deja caer la solución anterior sobre los círculos de papel y luego se ponen a secar al horno a 40 °C durante 10 minutos. Deben guardarse

en un recipiente cerrado y protegidos de la humedad. Estos filtros, se colocan en la entrada de la corriente de aire a los burbujeadores, para retener el SO_2 que pueda estar presente en el lugar de muestreo.

7.5 PROCEDIMIENTO:

7.5.1 DISEÑO DE ESTUDIO:

Para el desarrollo de la investigación propuesta, se determinó la concentración de ozono y monóxido de carbono en tres puntos de muestreo por salón y comparar los datos obtenidos con datos teóricos.

7.6 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:

- Se ensamblan los dos sistemas de muestreo, consistentes en los impingers y bombas.
- Colocar 10 mL de solución absorbente dentro de cada uno de los impingers.
- Colectar a una velocidad de flujo de 1.5 litros/min, durante un lapso de 30 min, en las tres áreas de encamamiento y cada área en los puntos de: estación de enfermería, mitad del salón y fondo del salón.
- Calcular el volumen total de aire muestreado.
- Registrar la temperatura, humedad relativa y presión atmosférica
- La medición del color: si ocurre una apreciable evaporación de la solución absorbente durante el muestreo, se agrega agua destilada para llevar el volumen a 10 mL. Entre los 30 y 60 minutos después de la recolección de muestras, se leen sus

absorbancias en el espectrofotómetro, a una longitud de onda de 352 nm, empleando agua destilada como referencia.

7.6.1 PREPARACION DE ESTÁNDARES Y CURVA DE CALIBRACIÓN:

- Los estándares para calibración, se preparan en un volumen de 10 mL para facilitar los cálculos, y en un rango de 0 a 1.8 μL de ozono equivalente, por cada 10 mL de solución. Estos estándares se preparan individualmente, añadiendo 0.0, 1.0, 3.0, 5.0, 7.0 y 9.0 mL de solución de yodo para calibración, en matraces aforados de 10.0 mL. Cada matraz debe aforarse con solución absorbente.
- Se lee la absorbancia de cada una de las soluciones para calibración, como se describió anteriormente, y se grafican las absorbancias obtenidas, contra las concentraciones de ozono en $\mu\text{L}/10\text{ mL}$ de solución absorbente (la gráfica sigue la Ley de Beer).
- Se traza la mejor línea recta, ajustando por el método de mínimos cuadrados, sin extrapolar por encima de la concentración más alta, ni por debajo de la concentración más baja.

7.6.2 CÁLCULOS:

- El volumen molar de la muestra recolectada, se calcula bajo las condiciones reales, por medio de la ley de los gases ideales:

$$V_m = \frac{nRT}{p}$$

donde:

V_m = Volumen molar calculado para la muestra

P = Presión registrada (en atmósferas)

T = Temperatura registrada (grados Kelvin)

$R = 0.0821$

$N = 1 \text{ mol}$

- Se registra el volumen de muestra colectado en litros.
- Se lee directamente de la curva de calibración, la cantidad total de μL de $\text{O}_3/10 \text{ mL}$ de solución absorbente.
- La concentración de ozono cualificado en la fase gaseosa, expresada en μL o ppm, se obtiene del cociente:

$\text{Ppm de ozono} = \mu\text{L totales de } \text{O}_3 / \text{volumen de muestra de aire (litros)}$.

- la concentración de ozono, en términos de $\mu\text{L}/\text{m}^3$, se obtiene a partir de su valor en $\mu\text{L}/\text{L}$ o ppm:

$$\mu\text{LO}_3 / \text{m}^3 = \text{ppm O}_3 \times 48.00 / V_m \times 1000$$

donde :

ppm O_3 = partes por millón de ozono

V_m = volumen molar calculado para la muestra.

7.7

Análisis de resultados:

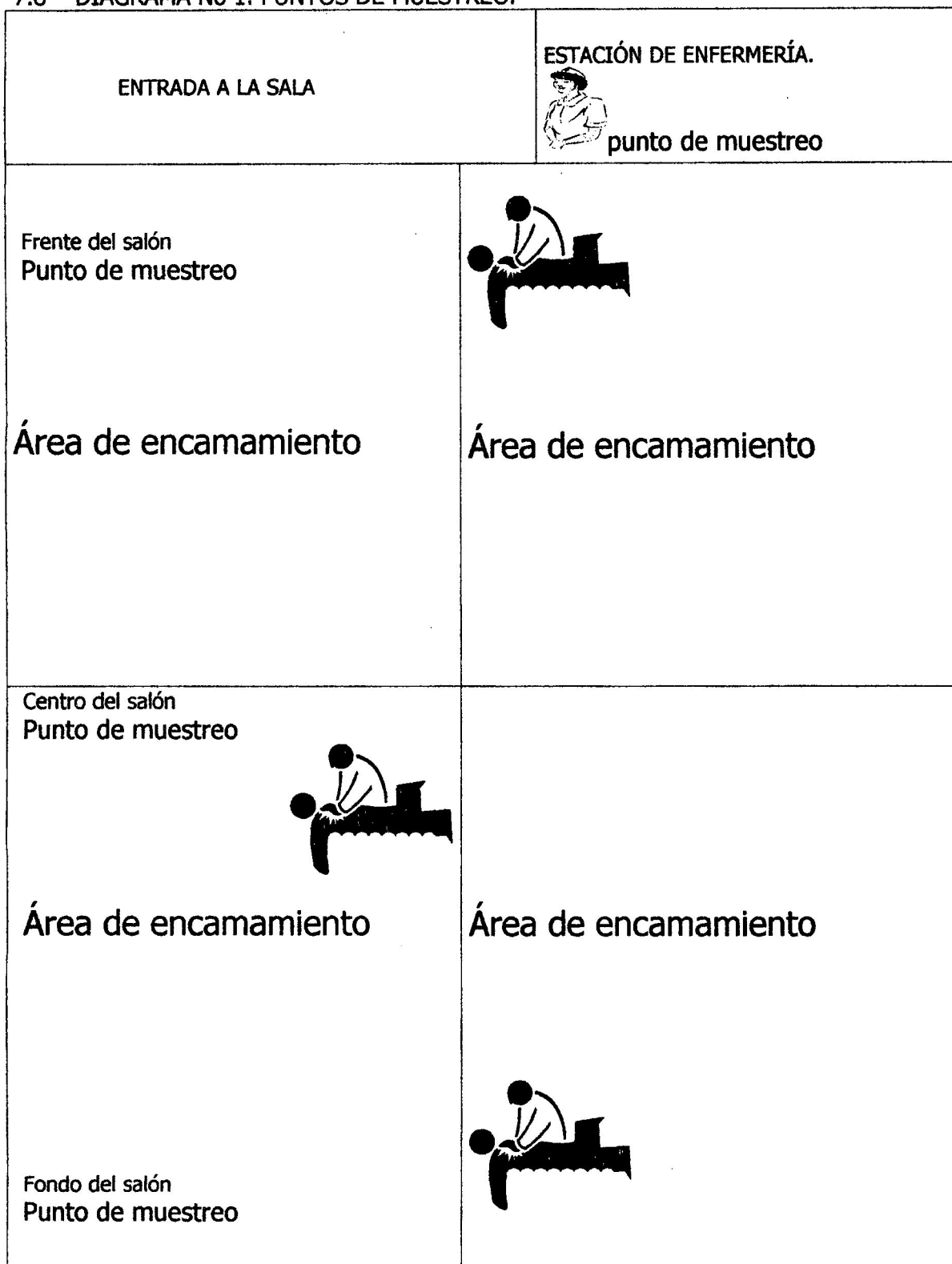
7.7.1

Linealidad: mediante regresión lineal con la concentración conocida en el eje X y respuesta analítica en el eje Y.

7.7.2

Determinación del grado de contaminación: El estudio utilizará estadística descriptiva, con gráficas y tablas, los resultados obtenidos para los niveles de concentración de ozono y monóxido de carbono en cada área de encamamiento, se compararán con los valores límite estipulados por la *Organización Mundial de la Salud OMS*.

7.8 DIAGRAMA No 1. PUNTOS DE MUESTREO.



8. RESULTADOS

Los datos obtenidos fueron comparados con los valores de referencia que especifica la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*, cuyo valor promedio es $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por hora.

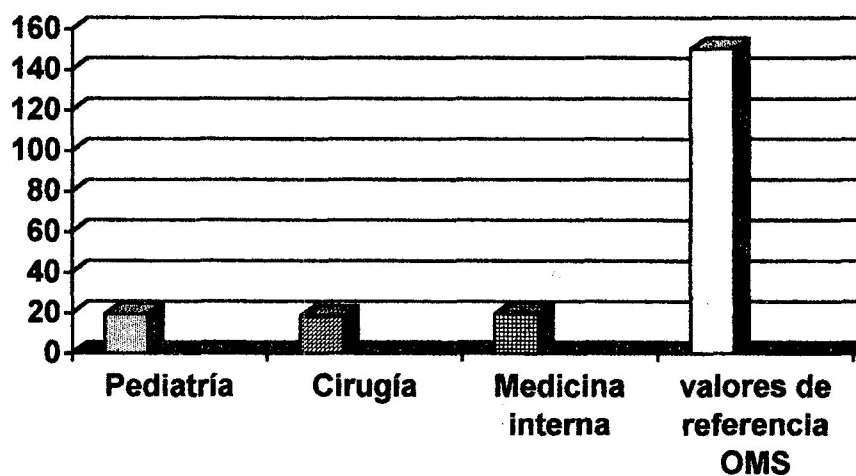
8.1 DETERMINACIÓN DE OZONO:

8.1.1 Hospital General San Juan de Dios.

Area	Temperatura °C	Presión en atmósferas	Concentración de ozono registrada en $\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$
Pediatría	18	0.8592	19.2303
Cirugía	20	0.8594	18.1046
Medicina Interna	20	0.8593	19.4040

GRÁFICO No. 1

CONCENTRACIÓN DE OZONO REGISTRADA EN $\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$ EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

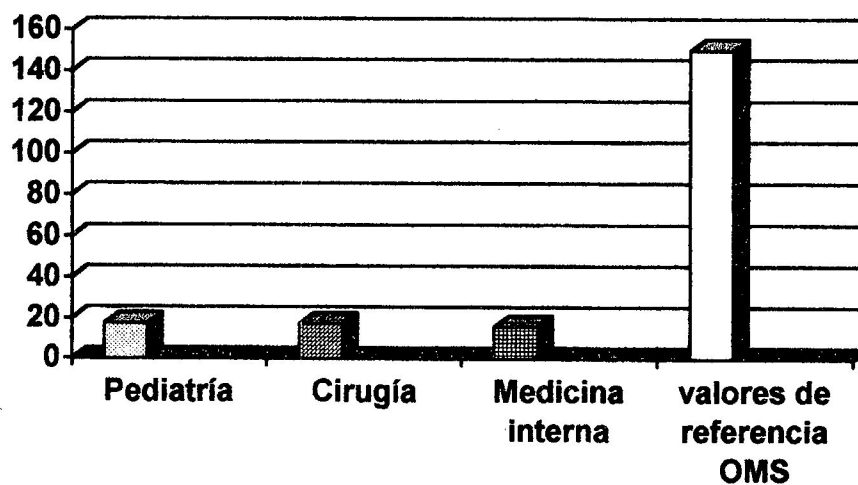


8.1.2 Hospital Roosevelt.

Area	Temperatura °C	Presión (atmósferas)	Concentración de ozono registrada en $\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$
Pediatría	23	0.8590	17.4130
Cirugía	23	0.8589	17.1746
Medicina Interna	21	0.8590	16.0333

GRÁFICO No. 2

CONCENTRACIÓN DE OZONO REGISTRADA EN $\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$ EN EL HOSPITAL ROOSEVELT



8.2 DETERMINACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO:

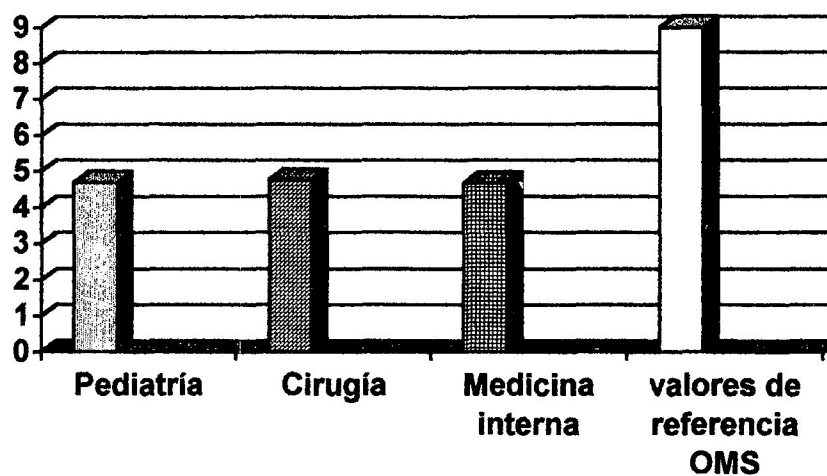
Los datos obtenidos fueron comparados con el valor de referencia que especifica la *Organización Mundial de la Salud (OMS)* cuyo valor promedio es de 9 ppm para 8 horas.

8.2.1 Hospital General San Juan de Dios

Area	Temperatura °C	Presión en atmósferas	Concentración de CO en ppm
Pediatría	23	0.8591	4.69
Cirugía	24	0.8593	4.75
Medicina Interna	23	0.8593	4.67

GRÁFICO No. 3

CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO REGISTRADA EN ppm EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

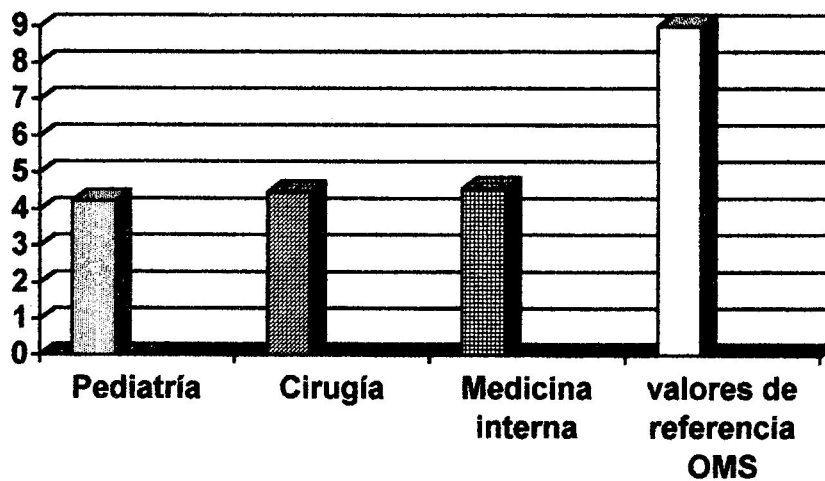


8.2.2 Hospital Roosevelt:

Area	Temperatura °C	Presión en atmósferas	Concentración de CO en ppm
Pediatría	22	0.8590	4.23
Cirugía	21	0.8590	4.47
Medicina Interna	23	0.8589	4.57

GRÁFICO No. 4

CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO REGISTRADA EN ppm EN EL HOSPITAL ROOSEVELT



Dr. J. J. C. C. C.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el análisis estadístico de los resultados para la curva de calibración se puede observar que tanto la pendiente como el coeficiente de correlación presentan valores de confianza para la comparación de datos experimentales. Los datos obtenidos del estudio muestran que las concentraciones de monóxido de carbono y ozono comparados con los valores límite establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), están por debajo de las concentraciones. En el Hospital General San Juan de Dios, los datos obtenidos experimentalmente de ambos contaminantes presentan mayores concentraciones comparados con los resultados del Hospital Roosevelt (tablas 8.1.1 – 8.2.2). En el Hospital General San Juan de Dios los datos obtenidos muestran mayor concentración en el fondo del salón de las tres áreas en estudio, esto se debe a la corriente de aire que pasa por la entrada, en el punto de muestreo de la estación de enfermería; en el punto de medio del salón y el fondo presentaron mayor concentración por la falta de ventilación o de corriente de aire natural, no obstante las concentraciones son menores a las establecidas por la OMS. Por el diseño de la estructura física, estos salones no cuentan con un sistema de entrada-salida de aire por lo que únicamente hay flujo de aire por la entrada, donde se ubica la estación de enfermería, teniendo movimiento los contaminantes por las corrientes de aire.

El Hospital Roosevelt presenta valores de concentración de ambos contaminantes menores comparados con los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud OMS; en comparación con los datos obtenidos en el Hospital General San Juan de Dios. Los datos del Hospital Roosevelt presentan una menor concentración de contaminantes en los salones; esto se debe al diseño de construcción que cuenta con un sistema entrada-salida de aire, proporcionando un flujo de aire que mantiene en movimiento los contaminantes ambientales evitando que se acumulen en cualquier punto del salón y que provoque efectos adversos a la salud. Los salones cuentan con lámparas de luz de neón, lo cual es un factor productor de ozono, y en algunos casos televisores, ya que la energía eléctrica promueve la ruptura del O_2 formando oxígeno radicalar el cual se une a otras moléculas de O_2 formando O_3 . En el caso del

Hospital General San Juan de Dios, el área de cocina se encuentra a una distancia aproximada de 100 metros de las áreas de encamamiento, por lo que la combustión incompleta genera monóxido de carbono y las corrientes de aire arrastran éste contaminante hacia las áreas de dicho hospital. Ambos hospitales se encuentran localizados en puntos con elevado flujo vehicular como la calzada Roosevelt y el Trebol para el Hospital Roosevelt; el centro histórico, y la avenida Elena para el Hospital General San Juan de Dios, en donde se ha detectado niveles de monóxido de carbono que pone en riesgo la salud. Las corrientes de aire pueden llevar bajas o medianas concentraciones de monóxido de carbono y ozono, introducirse a los hospitales y acumularse en ambientes cerrados ya que su sola presencia indica un leve grado de contaminación, principalmente el monóxido de carbono cuyos valores obtenidos son parecidos a los valores obtenidos en evaluaciones de la calle (12.7, 12.12).

Las muestras en cada salón se obtuvieron en las mismas condiciones de temperatura, presión, humedad relativa y hacinamiento, el cual fue el 100%.

El análisis de muestras, las cuales se obtuvieron con la misma solución absorbente y con la misma curva de calibración, tienen una confianza del 99.97%, el mismo tiempo de toma de muestra y misma velocidad de flujo, con lo que en cada toma de muestra se obtuvo un mismo volumen molar. Al comparar los datos y evaluarlos en comparación con las normativas de la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*, se pudo confirmar que la concentración de ozono registrada en los puntos de muestreo se encuentran por debajo de esta normativa ($150 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$), al igual que la de monóxido de carbono cuyo valor de referencia es 9 ppm.

10. CONCLUSIONES

- 10.1 La concentración de ozono cuantificado en las áreas de encamamiento de los hospitales General San Juan de Dios y Roosevelt, se encuentran por debajo de la normativa máxima establecida por la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*.
- 10.2 La concentración de monóxido de carbono cuantificado en las áreas de encamamiento de los Hospitales General San Juan de Dios y Roosevelt se encuentran por debajo de la normativa máxima internacional establecida por la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*.
- 10.3 Los valores de ozono presentes en las áreas de pediatría, cirugía y medicina interna del Hospital Roosevelt son menores que las concentraciones evaluadas en las áreas de pediatría, cirugía y medicina interna del Hospital General San Juan de Dios, debido al diseño de construcción con que cuenta el Hospital Roosevelt en el sistema entrada-salida, por el que circula un flujo de aire que evita la acumulación de los contaminantes en las áreas.
- 10.4 La concentración de monóxido de carbono presente en las áreas de pediatría, cirugía, medicina interna del Hospital Roosevelt es menor que en las áreas de pediatría, cirugía, medicina interna del Hospital General San Juan de Dios, debido al diseño de construcción con que cuenta el Hospital Roosevelt por el sistema entrada-salida, por el que circula un flujo de aire que evita la acumulación de los contaminantes en las áreas.
- 10.5 Los valores cuantificados de monóxido de carbono presentan riesgo para los pacientes y al personal que labora en los hospitales, ya que los valores son similares a concentraciones reportadas cuando se analizan estos compuestos en vías con flujo vehicular.

11. RECOMENDACIONES

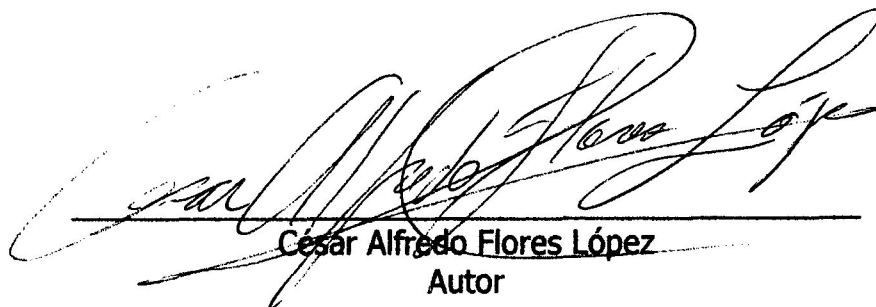
- 11.1 Continuar con estudios y evaluaciones periódicas de la calidad del aire en ambientes hospitalarios, en los que se incluya los demás contaminantes atmosféricos como los óxidos de nitrógeno Nox, partículas totales en suspensión -PTS-, dióxido de azufre atmosférico SO₂ , entre otros.
- 11.2 Que el Laboratorio de Monitoreo del Aire continúe con los estudios en ambientes exteriores e interiores, donde el personal y pacientes se encuentran expuestos a los contaminantes atmosféricos.
- 11.3 Que las autoridades de los hospitales General San Juan de Dios y Roosevelt presenten propuestas de diseño en sistemas de ventilación en las áreas de encamamiento, para evitar la acumulación de gases tóxicos .

12. BIBLIOGRAFIA.

- 12.1 Alfaro, Rosario Alvarado Thelma. MANUAL DE LABORATORIO PARA DETERMINAR EMISIONES VEHICULARES EN EL AMBIENTE. SWISSCONTACT/PROECO. San Salvador. Agosto 1998.
- 12.2 Gallardo Thelma, et. al . INFORME ANUAL 1995 PROYECTO MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA. USAC-SWISSCONTACT. GUATEMALA 1996.
- 12.3 Gallardo Thelma, et. al. INFORME ANUAL 1996 PROYECTO MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA. USAC- SWISSCONTACT. GUATEMALA 1997.
- 12.4 Gallardo Thelma, et. al INFORME ANUAL 1997 PROYECTO MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA. USAC- SWISSCONTACT. GUATEMALA 1998.
- 12.5 Gallardo Thelma, et. al INFORME ANUAL 1998 PROYECTO MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA. USAC- SWISSCONTACT. GUATEMALA 1999.
- 12.6 Oliva Soto, Pablo. INFORME ANUAL 1999 PROYECTO MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA. USAC- SWISSCONTACT. GUATEMALA 2000.
- 12.7 Oliva Soto, Pablo. INFORME ANUAL 2000 PROYECTO MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA. USAC- SWISSCONTACT. GUATEMALA 2001.
- 12.8 Baumbach, Günter. AIR QUALITY CONTROL. Berlin Springer 1996.

- 12.9 Goodman & Gilman. LAS BASES FARMACOLOGICAS DE LA TERAPEUTICA. 9ª.Edición,McGraw Hill Interamericana. 1996. Vol II
- 12.10 Katzung, Bertram. FARMACOLOGÍA BASICA Y CLINICA. 7ª. Edición. INTERAMERICANA México 1998.
- 12.11 Thomas, William Sodeman. FISIOPATOLOGIA CLINICA DE SODEMAN. MECANISMOS DE PRODUCCION DE LOS SINTOMAS. 7ª. Edición. Interamericana McGraw-Hill. México 1990.
- 12.12 Wadden, Richard. CONTAMINACION DEL AIRE EN INTERIORES. México Limusa 1987.
- 12.13 Butcher, Samuel. AN INTRODUCTION TO AIR CHEMISTRY. Academic Pres.USA1972.
- 12.14 American Chemistry Society. OZONE CHEMISTRY AND TECNOLOGY. United States Of America 1980.
- 12.15 Zuleta Cruz, Edwin Rodolfo. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO PROVOCADA POR EMISIONES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES, EN UN PUNTO DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Mayo 1998.
- 12.16 www.contaminacioninteriores.com
- 12.17 Balsells de Sechell, Marta del Rosario INFECCIONES NOSOCOMIALES EN EL DEPARTAMENTO DE PEDIATRIA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 1988

12.18 Skoog, Douglas. ANALISIS INSTRUMENTAL. 2ª. Edición McGraw-Hill. México 1989.



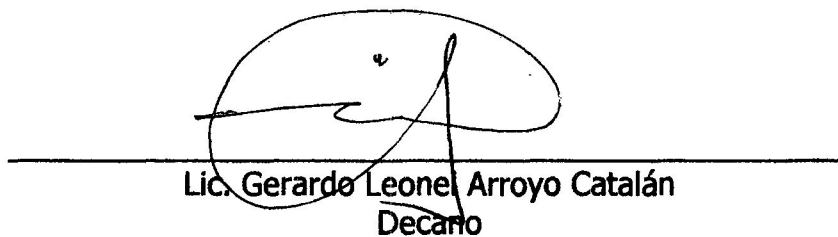
César Alfredo Flores López
Autor



Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto
Asesor



Licda. Lillian Irving Antillón
Directora



Lic. Gerardo Leone Arroyo Catalán
Decano