

155



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"DETECCION DE RADON, SUS DESCENDIENTES Y DETERMINACION DEL FACTOR DE EQUILIBRIO EN CASAS HABITACION EN LA DELEGACION ALVARO OBREGON."

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
JOSE LUIS OLIVARES HERNANDEZ



MEXICO, D. F.



2001

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente Prof. S. GUILLERMINA BURILLO AMEZCUA.

Vocal Prof. LUIS CABRERA MOSQUEDA.

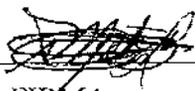
Secretario Prof. TRINIDAD MARTÍNEZ CASTILLO.

1er Suplente Prof. MARTÍN JESÚS SOBERÓN MOBARAK.

2o Suplente Prof. J. MANUEL NAVARRETE TEJERO.

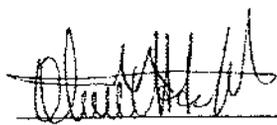
Sitio donde se desarrolló el tema:
FACULTAD DE QUÍMICA, EDIFICIO "D". SECCIÓN QUÍMICA NUCLEAR.

**Asesor del tema:
TRINIDAD MARTÍNEZ CASTILLO.**



FIRMA

**Sustentante:
JOSÉ LUIS OLIVARES HERNÁNDEZ.**



FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A nuestro señor por haberme permitido llegar hasta este momento muy importante para mí y mis familiares

A mis padres Sr. Pablo Olivares y Carmen Hernández por su paciencia y por el apoyo que siempre tuvieron para mí

A los que nunca han tenido siquiera una oportunidad para instruirse

A nuestra querida Universidad y en particular a mi facultad de Química donde me forme por un buen tiempo

A los profesores ya que siempre dan lo mejor para los alumnos.

A todos aquellos que tuvieron a bien brindarme su amistad.

A mis hermanos Estela, Javier, y Ernesto por aguantarme tanto y espero les sirva de impulso ya que el querer es poder.

A mis amigos (Rubén, Osvaldo, Omar, Alejandro, Eric, Carlos, Niko, Juan Rojas, Oscar Gómez, Norma Oropeza, Araceli Cárdenas, Sonia, Angélica, Carmen Hernández, Dimas Tafolla, Martín Bautista, Rosendo Mora, René Angeles, Julio Santiago, Salvador Camarillo, Gabriela Anguiano, Antonio Durán, Guadalupe, Estela, Rosario Gutiérrez, Mayra y Lorena Flores, Sra. Amelia).

A la M.C Trinidad Martínez Castillo quien siempre tuvo una solución y paciencia para cada problema en la elaboración de este tema.

A los de el área de química nuclear donde elabore este trabajo, por las facilidades otorgadas a los profesores Juan Lartigue, Luis Cabrera, Manuel Navarrete, y al Sr. Alberto.

Al Ing. Alejandro Ramírez por la valiosa ayuda que me proporciono en la operación del equipo utilizado.

Agradezco la ayuda incondicional que me proporcionaron Raquel Montes Rojas y Paola Nashelly Tercero Matos.

A ti.

Para ustedes.

INDICE

Capítulo 1.

Radiación

1.1 Definición de radiactividad.....	1
• Tipos de Radiación.	
• Rayos Alfa.....	1
• Rayos Beta.....	3
• Rayos Gamma.....	4
1.2 Series de decaimiento radiactivo.....	6
1.3 Radiación externa e Interna.....	10
1.4 Radiación producida por el ser humano.....	15
1.5 Unidades de medición.....	19
1.6 Distribución de la radiación de acuerdo a su origen.....	20

Capítulo 2.

Características del radón

2.1 Propiedades físicas y químicas del radón.....	21
2.2 Concentraciones en el aire libre.....	22
2.3 Concentraciones en edificios.....	22
2.4 Radón en materiales de construcción.....	22
2.5 Condiciones de ventilación.....	23
2.6 El radón como factor de riesgos a la salud.....	23
2.7 Riesgo de cáncer debido al gas radón.....	24
2.8 Thorón.....	26

Capítulo 3.

Delegación Alvaro Obregón

Algunas características de la delegación Alvaro Obregón

3.1 Situación geográfica.....	27
• Clima.	
• Hidrografía.	
3.2 Edafología.....	29
3.3 Geomorfología.....	30
• Vegetación.	
3.4 Población total.....	31
• Actividades agropecuarias y ganaderas	
• Actividad minera.	

Capítulo 4.

Parte Experimental

Métodos seleccionados

4.1 Descripción del método seleccionado para los descendientes del radón....	44
4.1.1 Confiabilidad de las mediciones.....	45
4.2 Descripción del equipo seleccionado para mediciones de radón.....	47
4.2.1 Construcción de los electretos.....	48
4.2.2 Ventajas y desventajas de utilizar electretos.....	48
4.3 Equipo utilizado para la Determinación del factor de equilibrio.....	50
4.4 Equipo utilizado para la medición de radón y torón.....	50
4.5 Dosímetros termoluminiscentes.....	50
4.6 Descripción del muestreo.....	53

Capítulo 5.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Cálculo del fondo gamma.....	55
5.2 Cálculos de las concentraciones de radón.....	59
5.2.1 Estimación de errores.....	65
5.3 Control de calidad del equipo para los descendientes del radón.....	76
5.4 Control estadístico para los datos obtenidos para los descendientes del gas radón.	79
5.5 Fórmulas empleadas para calcular los límites de control.....	80
5.6 Secuencia de cálculo para los límites de control.	81
5.7 Cálculo del factor de equilibrio.....	85
5.8 Calculo de las concentraciones de torón y radón utilizando las cámaras "S".....	88
5.9 Cuestionario estadístico de algunas costumbres y hábitos de los moradores de las viviendas monitorcadas.....	96
Conclusiones.	104
Bibliografía	106

RESUMEN

Las fuentes naturales de radiación internas o externas representan la más alta dosis de radiación que reciben las personas normalmente cuyo valor es aproximadamente de 2.4 mSv/año.

La población humana esta expuesta a la radiación proveniente de diversas fuentes ya sea internas o externas, estas radiaciones provienen principalmente del decaimiento de isótopos de Potasio y otros, así como de los miembros de la familia de las cadenas de decaimiento del Uranio, Torio y Actinio. Además de las dosis importantes que provienen de las radiaciones cósmicas que llegan a la tierra.

El objetivo de este trabajo es llevar acabo la medición de radón, sus descendientes, factor de equilibrio entre ambos y torón en el interior de 25 casas habitación, así como también efectuar controles de calidad.

En las casas elegidas aleatoriamente dentro de la delegación Alvaro Obregón, se va a determinar la concentración promedio de radón, sus descendientes y la búsqueda de su correlación con algunos parámetros relevantes. Para ello se tendrá además que llenar un cuestionario de las características de las casas monitoreadas, (principalmente los materiales de construcción) así como también algunos hábitos de los moradores. Como la influencia que tiene la condición climática (temperatura y humedad), el tipo de suelo y altura de esta demarcación.

CAPÍTULO 1

RADIACIÓN

1.1 DEFINICIÓN DE RADIATIVIDAD

La radiactividad es la emisión espontánea de energía que producen algunos núcleos atómicos. Los núcleos que pueden emitir radiación de manera espontánea se llaman radiactivos o inestables. Debido a que la energía se conserva, un núcleo debe tener un exceso de energía en su interior antes de poder emitirla. Esta energía "sobrante" es la que el núcleo comunica a partículas energéticas en el caso de emisión de partículas alfa y beta o radiación electromagnética, si se emiten rayos gamma.

RADIACIÓN ALFA (α) Partículas con carga positiva.

Al someter los rayos alfa a la acción de un campo electromagnético, y de un campo eléctrico, según el método clásico, se ha podido determinar la relación carga masa, además su velocidad. Se ha demostrado que los rayos alfa son átomos de helio que han perdido sus dos electrones exteriores.

Están constituidos por dos protones y dos neutrones. Su carga es igual a dos cargas elementales positivas y su número masa es cuatro. Su velocidad muy variable, ya que esta comprende de 14000 hasta 25000Km/seg y esto depende del emisor de la partícula

En efecto, cada elemento radiactivo, con una radiactividad alfa, emite esta partícula con una energía y velocidad característica, así el radio emite radiaciones con una velocidad de 19200 Km/seg, lo que corresponde a una energía 7.65 Mev (millones de electrón volt).

La radiación alfa es rápidamente absorbida por pequeños espesores de materia. La radiación del polonio, por ejemplo, se detiene bruscamente en el aire a 4 cm de su origen. Las trayectorias de partículas alfa son rectilíneas y de iguales longitudes si el elemento radiactivo ha sido depositado en una capa lo suficientemente delgada como para no producir la absorción parcial de los rayos. El recorrido de los rayos alfa depende naturalmente, de la velocidad y la energía de la partícula y del medio en el cual se vaya a depositar ya que el poder de penetración de los rayos alfa es muy débil.

Los rayos alfa son muy ionizantes ya que liberan a su paso a través de gases u otros materiales, una gran cantidad de pares iónicos formados por los electrones arrancados a los átomos y por los iones positivos residuales. La producción de un par iónico absorbe una energía alrededor de 35 eV, así que el frenado de las partículas alfa por la materia se debe a la ionización.

Las partículas alfa son emitidas principalmente por los núcleos radiactivos de elevado número atómico; procedentes de un determinado isótopo poseen energías cinéticas discretas y determinadas, cuya medida puede servir para la identificación del isótopo en cuestión.

Cuando una partícula pesada y cargada con un protón, una partícula alfa o un producto de fisión atraviesa la materia, interacciona fundamentalmente con los electrones atómicos sin sufrir desviación apreciable, debido a su gran masa; su trayectoria viene a ser, por lo tanto una línea recta. Si la sustancia atravesada es un gas monoatómico, prácticamente toda la energía de la partícula se emplea en ionizar dicho gas, en cambio con moléculas más complejas una parte apreciable de la energía se invierte en excitación o disociación de tales moléculas.

Estas partículas causan fluorescencia en algunas sustancias, la cual examinada estrechamente con un lente de aumento, se ve que consta de una serie de centelleos que son producidos por el impacto de las partículas en la pantalla fluorescente, lo cual prueba que son partículas discretas (no continuas).

Las partículas alfa siempre ionizan el gas que atraviesan, y en este proceso pierden energía y velocidad. Finalmente, después de alcanzar velocidades térmicas, cuando ya no ionizan más, entonces capturan electrones y se convierten en átomos neutros de helio.

RADIACIÓN BETA (β) Partículas con carga negativa.

Así como las partículas alfa describen una trayectoria prácticamente rectilínea al atravesar la materia, las partículas beta, por el contrario y debido a su pequeña masa, sufren desviaciones notables al chocar o interaccionar con electrones o núcleos atómicos. A causa de estas desviaciones, y aún en aquellas colisiones en las que no se llegue a producir ionización, las partículas beta pierden también una parte de su energía que se convierte en una radiación electromagnética llamada radiación de frenado o de bremsstrahlung. La radiación beta presenta un espectro energético continuo desde cero hasta un máximo igual a la energía de la partícula beta o electrones que la provocaron.

Por lo irregular de su trayectoria la profundidad de penetración en la misma sustancia, de varias partículas beta de la misma energía puede ser muy distinta. Sin embargo, se define el alcance de un haz de electrones de determinada energía como el espesor de sustancia necesario para observarlos prácticamente a todos.

Como las partículas alfa son frenadas por algunos milímetros de aire o algunas decenas de micrones, los rayos beta en el aire recorren varios metros y en el aluminio de varios milímetros. Estos rayos son mucho más penetrantes que los rayos alfa. Su absorción se debe como en los rayos alfa a la ionización y a la pérdida de energía que es aproximadamente de 35 eV por cada par de iones formado. Las partículas sufren sensibles cambios de dirección al pasar cerca de los núcleos y sus trayectorias se presentan en forma de líneas.

Este tipo de partículas también producen fluorescencia brillante, dependiendo su color, de la naturaleza de la sustancia y la cual observada detenidamente resulta compuesta de centelleos discretos. Por consiguiente, las partículas beta al igual que las partículas alfa tienen masas y cargas discretas. Producen menor ionización que las partículas alfa, pero son aproximadamente 100 veces más penetrantes. No son detenidas por hojas delgadas de papel pero sí lo son por delgadas hojas de aluminio.

Cuando chocan las moléculas de aire con las partículas beta, éstas cambian de dirección. Las velocidades varían hasta $0.99c$ donde c es la velocidad de la luz ($3 \cdot 10^{10}$ cm/seg). Un elemento radiactivo dado produce partículas beta de energías variables, cuyo valor máximo se denomina "Energía Máxima". Por lo tanto, las partículas beta no tienen velocidades ni energías homogéneas.

RADIACIÓN GAMMA (γ)

Los rayos gamma provienen de transiciones de los núcleos atómicos entre dos estados energéticos, mientras que los rayos X resultan de transiciones entre dos estructuras electrónicas de un mismo estado atómico. Como ambas son radiaciones electromagnéticas, desde cualquier otro punto de vista, lo que se diga en lo sucesivo de los rayos gamma es válido también para los rayos X.

Un haz de radiación gamma o X puede considerarse constituido por fotones que viajan a la velocidad de la luz, poseyendo cada uno una energía dada por la relación de Plank. La interacción de los rayos gamma es más compleja que la de las partículas alfa o beta; en general la interacción directa da lugar a la liberación de electrones secundarios. Esta primera interacción directa puede efectuarse por cualquiera de los tres procesos siguientes:

- Efecto fotoeléctrico.
- Efecto Compton.
- Creación de pares.

La radiación gamma no es desviada por el campo eléctrico ni por el campo magnético ya que esta formado por ondas electromagnéticas análogas a las de la luz y de los rayos X, pero sus longitudes de onda son muy cortas. Los rayos gamma provienen de la energía que se libera al pasar electrón en un núcleo de un nivel de excitación a un nivel inferior.

Este último puede muy bien no ser el nivel fundamental sino un nivel intermedio, lo cual puede dar lugar a varias emisiones sucesivas de rayos gamma diferentes.

Los rayos gamma, mucho más penetrantes que los rayos alfa o beta, no son completamente absorbidos, solo cuando el espesor de aluminio alcanza varios centímetros.

La radiación gamma también produce fluorescencia y ioniza el gas que atraviesa pero en un grado mucho menor que las partículas beta y alfa, siendo su poder de penetración aproximadamente 100 veces mayor que el de las partículas beta, ya que no es detenida por unos cuantos centímetros de aluminio, y que se necesitan varios milímetros de plomo para poder detener una gran parte de la radiación gamma. Debido a que no tiene carga eléctrica no es desviada por los campos eléctricos o magnéticos y tiene todas las características de ondas electromagnéticas.

De hecho, la radiación gamma y los rayos X de longitud de onda muy pequeña y debido a que son ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz en longitudes de onda entre $1.7 \cdot 10^{-10}$ y $4.1 \cdot 10^{-8}$ cm.

1.2 Series de decaimiento radiactivo.

Series del U-238, Th-232, U-235 (Fig. 1,2,3)

De las series de decaimiento radiactivo la del U-238 es sin duda la más representativa y significativa para la dosis por radón.

Es la principal cadena de 14 núclidos radiactivos, cuyo número de masa tiene una característica al ser divisibles entre 4 y dos sobrantes, es decir que es de la forma $(4n+2)$. El ^{238}U cuyo tiempo de vida media es de $4.5 \cdot 10^9$ años sufre un decaimiento radiactivo por partículas alfa hasta llegar a un elemento de esta serie que es estable, el ^{206}Pb .

El uranio es un elemento muy común en nuestro planeta ya que lo podemos encontrar en aproximadamente 60 minerales en los cuales la cantidad promedio de uranio es de 2.6 ppm y así se puede hacer una comparación con otros elementos casi igualmente presentes en los minerales tales como el arsénico y el boro.

Los radionúclidos que se forman dentro de las tres series naturales de decaimiento son principalmente radioisótopos de metales pesados (Ra, Po, Bi, Pb). En cada una de estas cadenas ocurre la formación del radón que es un gas noble, tiene una vida media de 3.8 días (Rn-222), y la del torón cuya vida es de 55seg (Rn-220).

SERIE DE DECAIMIENTO DEL URANIO-238

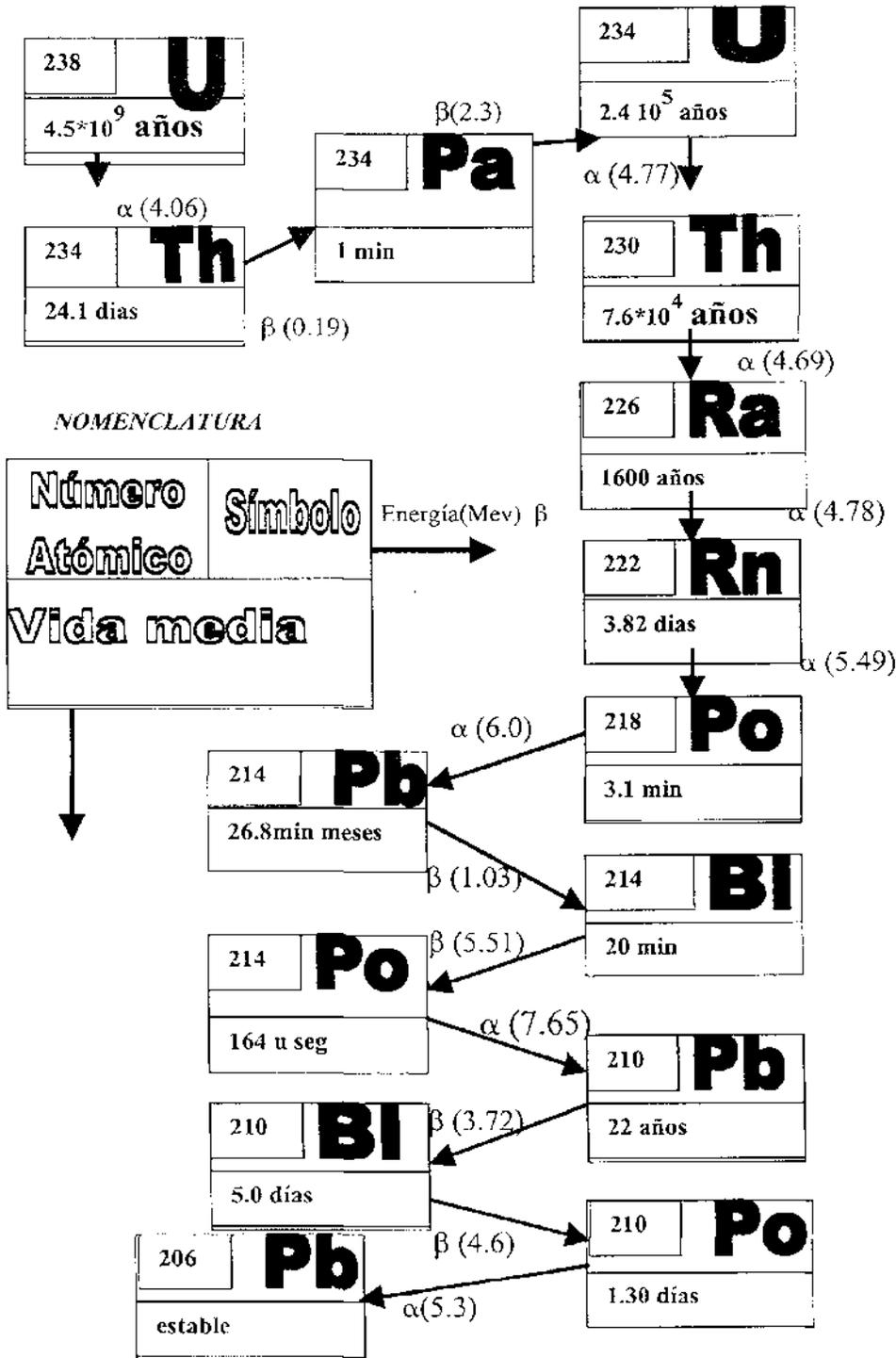


Figura 1

SERIE DE DECAIMIENTO DEL ACTINIO-235

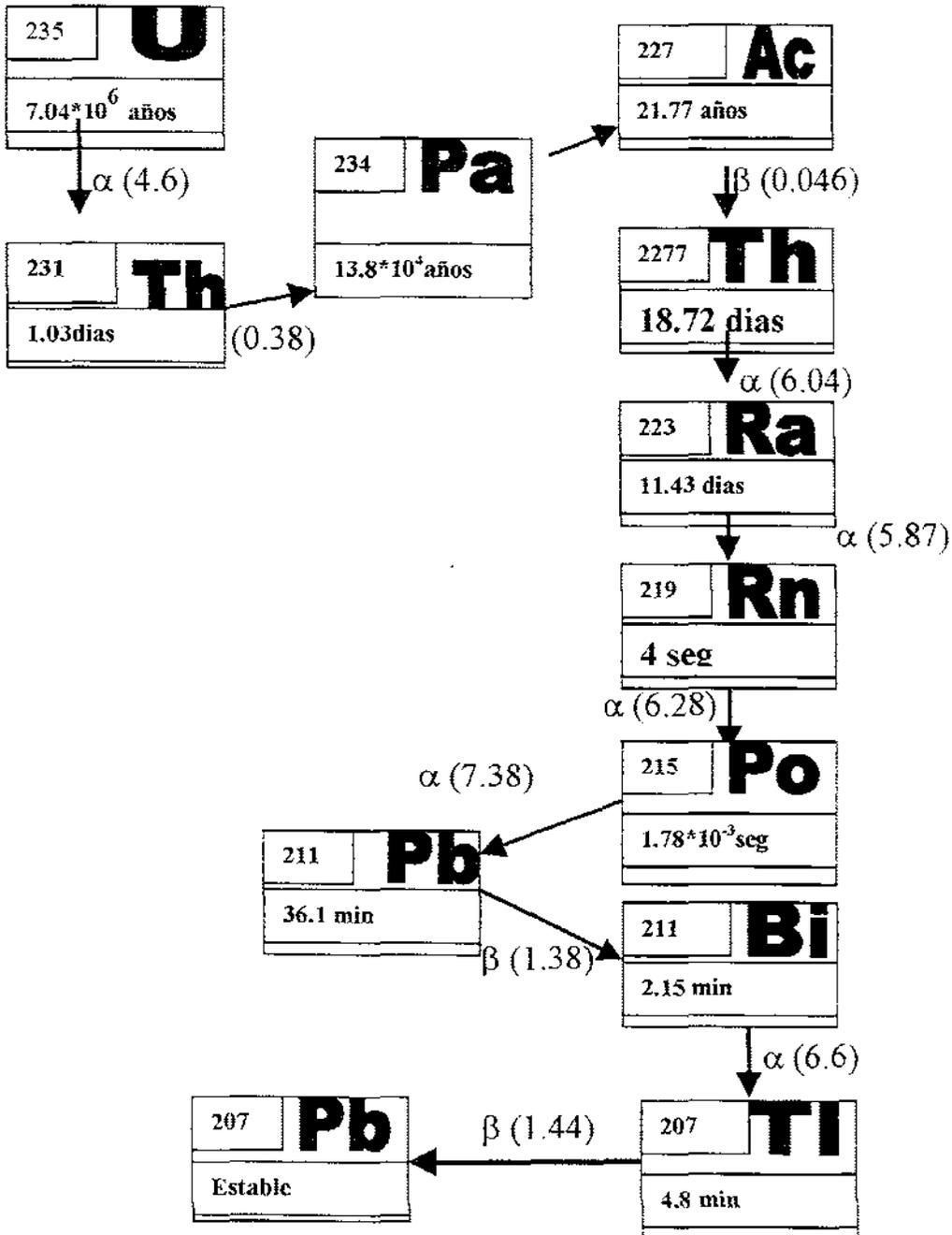


Figura 2

SERIE DE DECAIMIENTO DEL TORIO -232

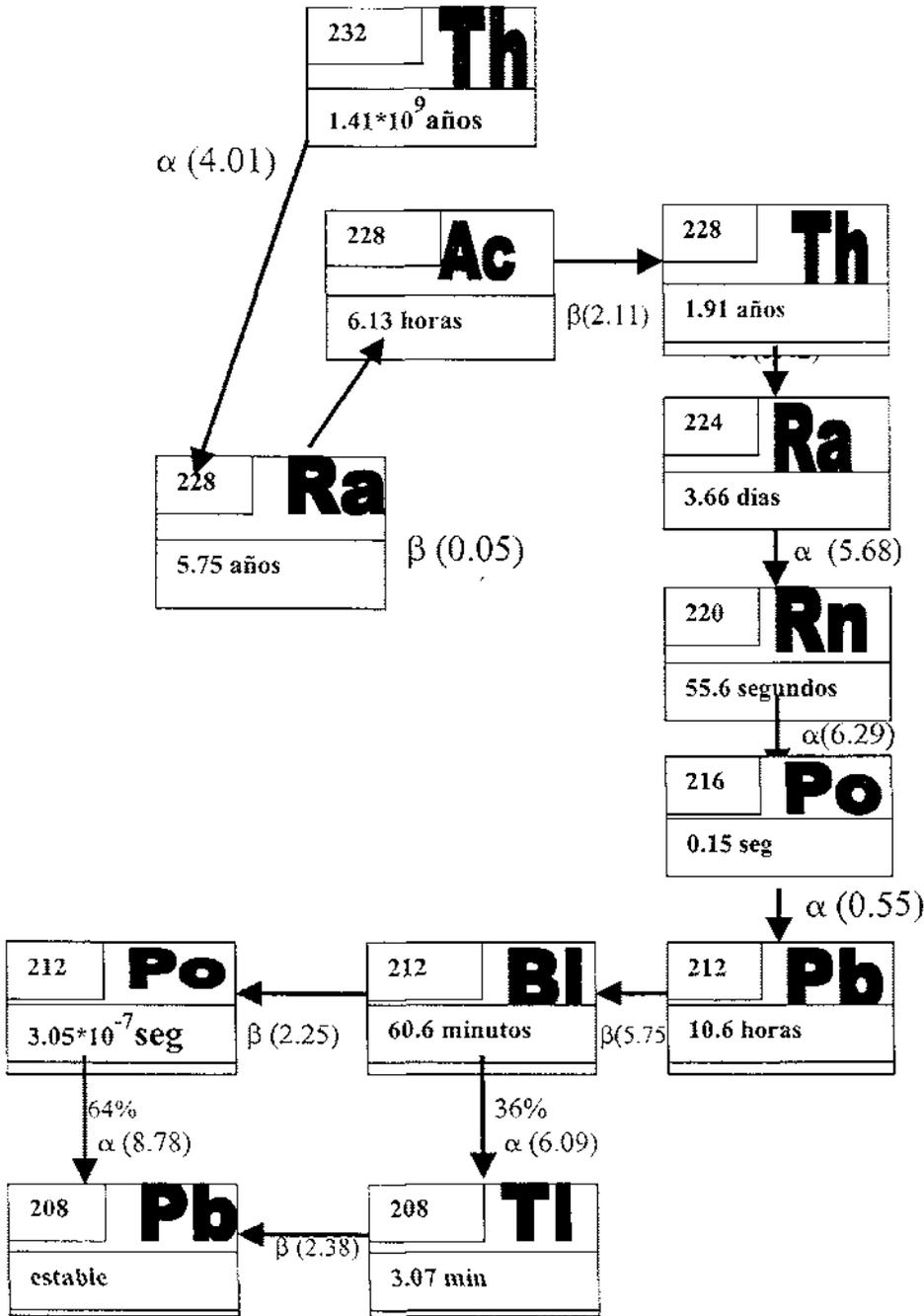


Figura 3

1.3 RADIACIÓN EXTERNA E INTERNA

La cantidad de radiación recibida por un ser humano es relativamente similar en todas las partes del planeta, y se estima que no ha variado mucho con el transcurso del tiempo. Se pueden distinguir dos mecanismos de irradiación los cuales son:

Externa e Interna, la externa es cuando la radiación proviene fuera del cuerpo, e interna cuando el elemento radiactivo emisor ha sido ingerido o inhalado por lo que se encuentra instalado dentro del cuerpo humano.

Los responsables de la radiación externa son los rayos cósmicos de origen extraterrestre que bañan la tierra. Esta radiación llega a nuestro planeta después de viajar miles de años desde una estrella lejana. Durante las diversas etapas de la evolución de una estrella, ésta emite rayos X, rayos gamma, ondas de radio, neutrones, protones o núcleos más pesados que viajan por vacío espacio interestelar a la velocidad de la luz, o cercana a ella, hasta chocar con alguna molécula o átomo. La probabilidad de chocar con la tierra es muy poca, pero en cambio la cantidad de radiación es inmensa; si se hace un poco de análisis se sabe que existen una cien millones de estrellas, y se calcula que existen unas cientos de miles de millones de galaxias en todo el Universo. Grandes cantidades de radiación, son producidas por ejemplo, durante la explosión de una supernova, hecho que le ocurre a unas 100 millones de estrellas durante los 10 mil millones de años que son la vida estimada de la galaxia.

Los rayos cósmicos que se dirigen hacia la tierra, principalmente protones y neutrones, encuentran primero en la atmósfera e interactúan con los núcleos de átomos presentes en la atmósfera. En este sentido, la capa de aire que está encima de nosotros actúa como un lecho protector. La interacción de las partículas cósmicas con los núcleos en el aire donde se lleva acabo reacciones nucleares en las cuales son creadas partículas que continúan su viaje hacia la superficie de la tierra. Las partículas con carga eléctrica van ionizando y excitando a las moléculas de aire ocasionando una

pérdida gradual de su energía inicial. Una fracción mínima de los rayos cósmicos primarios logra llegar hasta la superficie terrestre, y son principalmente las partículas llamadas muones, producidos en la alta atmósfera por los rayos primarios, que constituyen el espectro de radiación cósmica en la superficie.

Una consecuencia del efecto absorbente de la atmósfera es que la intensidad de los rayos cósmicos aumenta según la altura sobre la superficie. Al vivir en una ciudad como lo es la ciudad de México en donde la altura es de 2500 metros sobre el nivel del mar, se recibe una dosis que proviene de los rayos cósmicos que es casi el doble de la que se recibe si se toma como referencia la dosis que se recibe a nivel del mar, esto también se relaciona con otras ciudades que están por arriba de los 2000 metros como lo son la ciudad de la paz en Bolivia. También se ha encontrado que las personas que viajan en avión reciben cantidades muy elevadas de radiación solo que para este caso los periodos de exposición son relativamente cortos. El campo magnético terrestre desvía los rayos cósmicos hacia las regiones polares, por ello las dosis también aumentan con la latitud. Se estima que el promedio equivalente de dosis para un ser humano debida a los rayos cósmicos es de (0.30 mSv) cada año.

La otra fuente importante de radiación externa la constituyen los rayos gamma emitidos por núcleos radiactivos presentes en el suelo. Estos núcleos inestables pudieron ser formados por la interacción de rayos cósmicos con el aire o pudieron haber existido en la corteza terrestre desde sus orígenes.

La contribución de los rayos gamma a la dosis externa es insignificante. La cantidad de radiación al aire libre esta íntimamente relacionado con la presencia de núcleos radiactivos en el suelo. Las llamadas rocas ígneas presentan mayores niveles de actividad que las rocas sedimentarias, aunque entre estas últimas, las pizarras y fosforitas son sumamente radiactivas. Los núcleos que más contribuyen a la radiactividad de las rocas son el K-40, U-238, Th-232 todos estos se encuentran presentes en la tierra desde su formación.

Existen algunos países como lo son Francia, Italia, Brasil, India y Nigeria, donde los niveles de radiación al aire libre debido a fuentes terrestres son mucho mayores que los promedio observados en otros países. Esto es debido a que en los suelos de estos países tienen una concentración anormal de radioisótopos.

Debido a que las construcciones utilizan generalmente materiales similares en su composición a la de los del suelo del lugar, y a que la población pasa gran parte del tiempo dentro de las construcciones, se hace necesario hacer estudios en los cuales su principal objetivo sea conocer niveles de radiación debida a muros, suelos y techos de las construcciones. En las casas fabricadas con madera que emiten menos radiación y sirven de blindaje para proteger de la radiación proveniente del exterior, se estima que los niveles interiores de la radiación gamma son cercanos a 70% de aquellos al aire libre. En cambio en casas fabricadas de ladrillo hormigón o piedra, la irradiación en el interior es de 30 o 40% mayor que en el exterior.

Radiación Interna

La radiación interna se debe a la inhalación de polvo que contenga en suspensión partículas radiactivas, así como la ingestión de agua y alimentos que hayan incorporado algún elemento inestable en su composición. Como se mencionó antes los núcleos radiactivos responsables de la radiación natural terrestre pueden provenir de las reacciones de rayos cósmicos con el aire, o haber sido formados al comienzo de nuestro planeta. Entre los primeros pueden mencionarse el tritio, el C-14, el Be-7. El equivalente de dosis por irradiación interna de todos juntos apenas sobrepasa la cantidad anual. Entre los radioisótopos del segundo grupo, el K-40 y aquellos de las series de desintegración del uranio y el torio son responsables de una formación importante de la radiación interna.

El potasio es un elemento esencial para la vida, que se incorpora al organismo a través de la alimentación. Un 0.0117% del potasio natural es ^{40}K , emisor de radiación beta y gamma con una vida media de mil millones de años. El equivalente de dosis anual debido a sus emisiones se estima en 0.18mSv. Otros núcleos radiactivos que son ingeridos en los alimentos son el Ra-226, Pb-210 y el Po-210.

Entre los elementos que ingresan a nuestro cuerpo por medio de las vías respiratorias se encuentra el Uranio, el Torio y los isótopos Po-210, Pb-210. Se han hecho estudios en los cuales se ha demostrado que los pulmones de personas que fuman la concentración de estos radionúclidos es aproximadamente mayor en 50% a la de aquellos que no fuman.

Ya que todos estos elementos son sólidos su inhalación ocurre al respirar partículas de polvo a las cuales se han adherido. Pero la fuente principal de radiación interna la constituye sin lugar a dudas el gas radón. Este elemento se produce en los decaimientos del uranio y del torio; este gas es inestable ya que ocurre una transformación de este por emisión de una partícula alfa a un núcleo de polonio. Si el gas radón es inhalado y no decae dentro del tracto respiratorio, puede volver nuevamente a salir con las exhalaciones. Pero, si decae mientras se encuentra en los

pulmones, el núcleo de polonio, que es un elemento sólido, se puede quedar adherido al tejido pulmonar y desde dentro emitir radiación ya que también es radiactivo.

Grandes cantidades de radón se encuentran en el interior de las minas de uranio y en regiones con suelo que contienen uranio y torio. Las construcciones que emplean materiales particularmente radiactivos muestran niveles altos de radón en el interior. Para esta fuente de radiación natural existen grandes diferencias en la dosis, dependiendo del lugar de habitación, material y clima. En zonas templadas como México, la ventilación continua de las viviendas reduce las concentraciones de radón en el aire interior, mientras que lo opuesto ocurre con lugares donde las temperaturas son extremas, donde el uso de la calefacción en el invierno y el aire acondicionado en el verano tienden a disminuir la ventilación. Estimaciones de valores promedios mundiales indican equivalentes de dosis anuales de 1.20 mSv por irradiación interna debida a la ingestión e inhalación del uranio, torio y sus productos de decaimiento, incluido el gas radón, ya que esta es la fuente principal de radiación para toda la población mundial en la actualidad.

1.4 RADIACIÓN PRODUCIDA POR EL SER HUMANO.

A finales del siglo pasado el ser humano descubrió la manera de producir radiación. Primero fueron los rayos X y posteriormente con experimentos que se siguieron haciendo hasta llegar a la conclusión que había mas elementos que tenían otro tipo de radiaciones. Hoy a nuestros días son innumerables las aplicaciones que se les dan a estos descubrimientos hechos por personas como el matrimonio Curie y Roentgen que fueron los precursores y descubridores de la radiación.

Como una inmediata consecuencia del uso de la radiactividad existen en la actualidad muchas personas que reciben una gran cantidad de radiación además de las originadas por fuentes naturales, como son trabajadores en contacto continuo con equipo e instrumentos, fuentes de radiación constantes, así también la dosis de radiación entre una persona y otra depende de sus costumbres, alimentación, lugar de trabajo y hasta depende de alguna manera de su tipo de profesión o campo de trabajo.

La fuente de exposición más importante a radiación producida por el hombre son los estudios médicos que utilizan rayos X, por ejemplo, un paciente que se toma una radiografía puede recibir hasta (50 mSv). Los valores promedio para una población dependen de la frecuencia con la que los individuos se sometan a exámenes radiológicos si tomamos en cuenta que en los países desarrollados se tiene una mayor demanda de dichos estudios en comparación de países "en desarrollo", ya que la frecuencia es de diez veces menos.

Tomando en cuenta la distribución de población en el mundo se calcula que, en promedio, el ser humano hoy en promedio recibe unos 0.40 mSv anuales debido a fuentes artificiales de radiación.. Se hace una clara mención que es una medición promedio, ya que la dosis anual para una persona varía mucho de acuerdo a si se somete frecuentemente a exámenes radiológicos o nunca se los ha aplicado. Sin embargo, en la actualidad se hace uso de estos mas para poder atender a un mayor número de personas; así también las dosis recibidas por el empleo de estos métodos cada vez son menores ya que se han perfeccionado los equipos, con el fin de

disminuir los daños que ésto pudiese traer y, ahora el personal esta mejor capacitado y mejor protegido.

Otras prácticas médicas de diagnóstico, como la medicina nuclear, donde se utilizan núcleos radiactivos, producen dosis mucho menores que los exámenes radiológicos, y en general son utilizados en un número menor de pacientes. Por el contrario, la radio terapia irradia una zona bien localizada del paciente.

Debido a que esta gran cantidad de radiación es recibida por un paciente cuya vida esta en peligro por causa de un tumor maligno, se considera que cualquier efecto negativo que pudiera causar la irradiación es no muy significativo en comparación con el beneficio que pudiese tener de una curación. Así el cálculo de la dosis promedio recibida por una persona no incluye la dosis recibida por tratamiento de radioterapia.

En un grado de importancia en relación a radiación creada por el hombre siguen las dosis recibidas con los ensayos nucleares que se han hecho desde 1945, ya que desde ese año aproximadamente se han hecho 500 experimentos nucleares que son explosiones en la atmósfera y subterráneas; estas han sido realizadas por los países llamados del primer mundo y destacan por su importancia las Estadounidenses y las Soviéticas pero además de estas dos potencias las han realizado países como Inglaterra, Francia, India y China. Estos han inyectado toneladas de material radiactivo a las capas altas de la atmósfera. Estos núcleos inestables pueden permanecer en suspensión durante años en la atmósfera, distribuyéndose por todo el planeta, cuando se precipitan hacia la tierra este fenómeno se le conoce como "lluvia radiactiva" e irradian a todos los seres vivos, externamente desde el suelo, e internamente cuando son ingeridos o inhalados. Los núcleos más importantes entre los cientos que se producen durante la detonación de un artefacto nuclear resulta ser carbono-14, Cesio-137, Circonio-95 y el Estroncio-90.

En 1963 se firmó el tratado de prohibición de ensayos nucleares atmosféricos que limitan las pruebas a aquellas que ocurran en zonas subterráneas, sin escape de radiactividad al medio ambiente; ya que no todos los países firmaron el tratado, en

particular Francia Y China han realizado ensayos atmosféricos posteriores a 1963. Ya que el tiempo de vida media de algunos de los radioisótopos producidos por una explosión son de varios años, en la actualidad seguimos recibiendo las radiaciones de ensayos hechos hace 30 o 40 años. Los niveles máximos de dosis debidos a estas pruebas se registraron en 1962, cuando alcanzaron casi el 10% de los valores de la radiación natural, ahora han disminuido considerablemente los niveles de radiación hasta un valor de 0.02 mSv anuales; sin embargo, ha habido países como China y Francia que han hecho pruebas nucleares subterráneas en los últimos años. Este uso no ha sido benéfico para el hombre ya que las consecuencias se han manifestado con mutaciones y daños a la naturaleza que tardarán muchos años en recuperarse. Sólo ha sido benéfico para las empresas que se dedican a desarrollar armas nuevas y sofisticadas a costa de la vida en algunos casos.

La otra fuente de radiación importante se encuentra en la producción de energía nuclear. Hoy existen más plantas nucleares siendo Europa la que cuenta con el número mayor de ellas, existen más reactores de potencia en funcionamiento en 26 países, que producen aproximadamente el 16% de la electricidad utilizada en el mundo. La producción de energía nuclear en un reactor presupone la elaboración previa y el tratamiento posterior del combustible nuclear, y son estos procesos los que producen la mayor parte de la dosis relacionada con la energía nuclear. Las fases principales del ciclo del combustible nuclear son la minería y elaboración de minerales de uranio, el enriquecimiento del contenido de Uranio-235, la fabricación de los elementos combustibles, la operación del reactor, el reciclamiento de los núcleos combustibles recuperados y la eliminación de los desechos radiactivos. Durante todas estas etapas el material radiactivo se guarda en lugares "Controlados", por lo que la mayor irradiación ocurre en la cercanía de las minas, del reactor y de las plantas de reciclamiento o almacenamiento de los desechos. Debido a que algunos de los núcleos radiactivos producidos durante el ciclo del combustible tienen una vida sumamente larga y, a que son fácilmente dispersados en la naturaleza, las pequeñas cantidades liberadas al medio ambiente pueden tener consecuencias graves a nivel mundial durante muchos años.

Existen varios productos de consumo que utilizan fuentes radiactivas en su funcionamiento, como los relojes o aparatos científicos con esferas luminosas, en la que la radiación emitida por el material radiactivo es transformada en luz, dispositivos eléctricos de protección contra altos voltajes, dispositivos antiestáticos para reducir la acumulación de carga, detectores de humo, cerámicas que usan torio o uranio como pigmentos. Todos estos productos, durante su funcionamiento normal y sujetos a un mantenimiento adecuado producen niveles de radiación insignificantes, pero en caso de rotura accidental de un producto que contenga una fuente radiactiva ésta puede causar una irradiación anormalmente alta a las personas expuestas.

Tomando en cuenta todas las fuentes de radiación mencionadas, el promedio mundial de equivalente de dosis hoy en día se pueden estimar en 2.4 mSv anuales de los cuales 2.0 mSv, (83.33%) se deben a fuentes naturales y los 0.4 mSv restantes(16.66%) se deben a radiación producida por el ser humano.

1.5 Unidades de medición.

Unidad	Definición de la unidad
Curie(Ci) Pico curie (Pci)	= $3.7 \cdot 10^{10}$ des/seg = 10^{-12} Curies =2.22 des/min =0.037 Bq
Becquerel(Bq) Roentgen(R) Rad	=1 desintegración/seg = $2.58 \cdot 10^{-4}$ coulombs/Kg(en aire) 0.01 J/Kg = $62.4 \cdot 10^6$ Mev/g =100ergs/g
Gray	=1J/Kg =100 rads
1 Joule (J)	= $6.24 \cdot 10^{12}$ Mev (Millon de electron volts) =10,000,000 ergs
1 Working Level (WL) 1 WI	=100 pCi/l de Rn en equilibrio con su progenitor. =200pCi/l niveles de Rn en el aire con un factor de equilibrio de 0.5. = $1.3 \cdot 10^5$ Mev de energía potencial alfa por litro de aire.
100 pCi de Rn-222 1 Sievert	= $1.3 \cdot 10^5$ Mev =100 Rem =1 J/Kg
1 Cal 2 1eV	=4.18 J = $1.6 \cdot 10^{-19}$ J

1.6 Distribución de la radiación de acuerdo a su origen.

	%
Radón	43
Agua y alimentos	8
Rayos gamma suelo y materiales de construcción	15
otros	1
Rayos cósmicos	13
Médicos	20

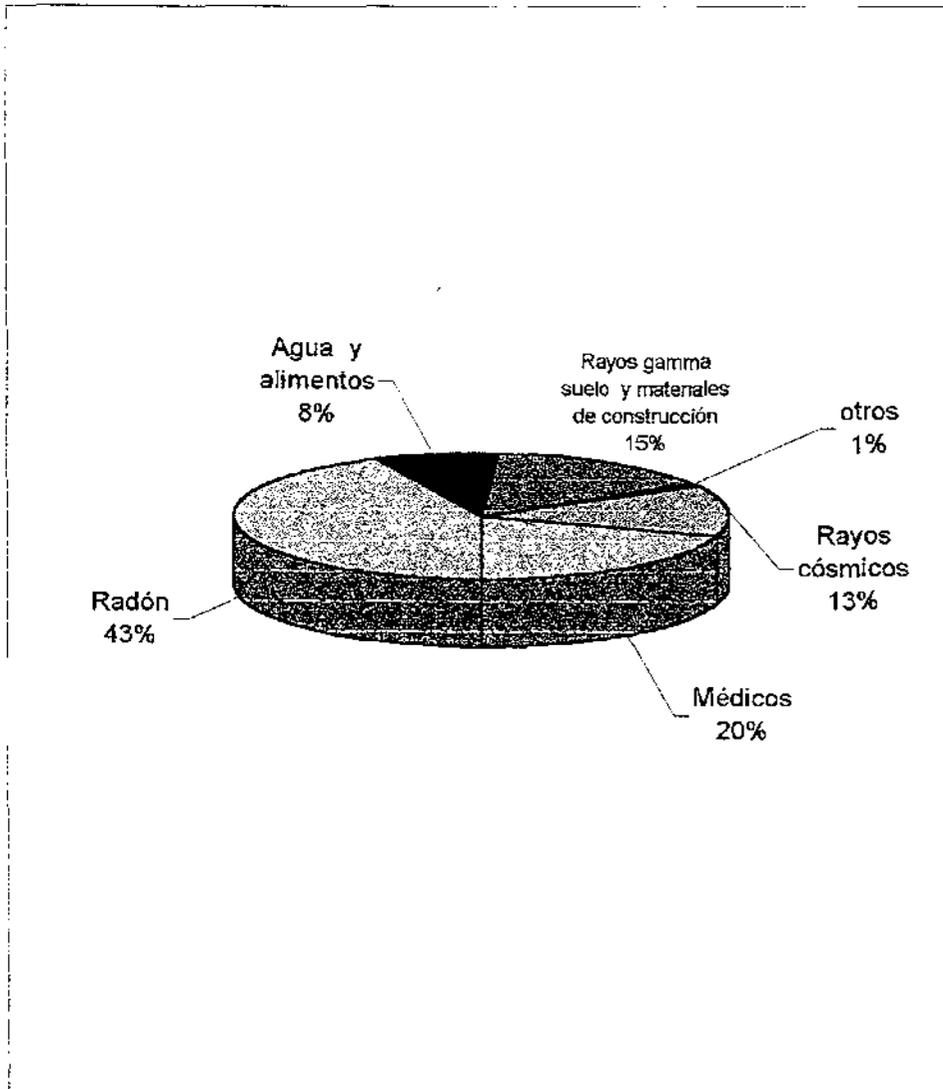


Figura 4

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS DEL RADÓN

2.1 Propiedades físicas y químicas del radón

El radón es un gas radiactivo químicamente inerte que se encuentra en la naturaleza, se encuentra principalmente en el suelo así como también en las rocas, el radón es un gas incoloro y no lo puede percibir el hombre; también es moderadamente soluble en el agua, esta depende de la temperatura de dicha agua, ya que mientras el agua tenga una temperatura menor la solubilidad será favorecida más que si se encontrara a una temperatura relativamente elevada

PROPIEDADES FÍSICAS DEL RADÓN

TABLA 2.1

Número Atómico	86
Símbolo	Rn
Grupo	8-B
Conductividad Eléctrica	Indefinida
Conductividad Térmica	0.000036W/cm ^{°K}
Estado	Gas
Calor de Vaporización	16.40KJ/mol
Calor de Fusión	2.89 KJ/mol
Punto de Fusión	202 °K
Punto de ebullición	211°K
Volumen Atómico	50.50 cm ³ /mol

2.2 Concentraciones en el aire libre.

El radón entra en la atmósfera principalmente al cruzar la interfase suelo-aire, aunque hay otras fuentes menores, como el océano, las aguas profundas, el gas natural y la combustión del carbón. Las concentraciones de radón en la atmósfera y el grado de equilibrio con sus productos de decaimiento a nivel del suelo, están determinados por un índice de emanación y por procesos de dilución atmosférica, ambos efectos determinados por condiciones meteorológicas.

2.3 Concentraciones en edificios.

Dentro de casas habitación se han efectuado estudios acerca de la influencia que tienen los materiales de construcción en la producción del gas radón y como el gas radón entra dentro de las casas; esto puede estar determinado por causas muy particulares como lo son:

- Introducción del gas radón vía materiales de construcción.
- Emanación continua del suelo.
- Introducción de radón mediante el aire que entra a las casas.
- Liberación por agua
- Fuentes vivas de radón.
- Habitar cerca de una planta nuclear.
- Cuando se quema gas natural que se usa para cocinar.

2.4 Radón en materiales de construcción

El contenido de Ra-226 y Th-232 en materiales de construcción es de gran interés en estudios de radiactividad en interiores. En la construcción de edificios públicos y privados son utilizados materiales como el cemento y tabique, el contenido de ^{226}Ra y ^{232}Th en los materiales de construcción es determinado por su origen de fabricación así como de donde fueron extraídos estos.

Los materiales que se usan para las estructura de una construcción y los utilizados para la decoración de las habitaciones, también tiene que ser considerados como posibles fuentes de radiación.

Los gases formados por el decaimiento radiactivo del Ra-226 y Ra-224 los cuales son el Rn-222 y Rn-220 son formados en el material de construcción. Estos gases se difunden de un lugar a otro por medio de los poros del material de construcción hasta que finalmente se mezcla con el aire de una construcción.

2.5 Condiciones de ventilación.

La condición de mantener una habitación ventilada es importante ya que así se evita una acumulación que puede ser muy elevada aunque también entre gas radón por este medio, ya que depende de la velocidad del viento, así como también de la diferencia de temperaturas entre el aire de entrada y salida en una habitación y de la diferencia de presión.

2.6 El radón como factor de riesgos para la salud.

Riesgos a la salud por causa del radón.

Los riesgos que se corre al estar en contacto con las emanaciones de radón son principalmente la de ser propensos a adquirir un cáncer de pulmón que resultará mortal en un tiempo determinado.

Debido a su falta de reactividad, el radón que se inhala no se une químicamente a los tejidos corporales. Y aunque es soluble en los tejidos corporales y en la grasa, las dosis resultantes son insignificantes en comparación con las que recibe el sistema respiratorio de los productos de su decaimiento.

Al inhalarse, los productos de decaimiento del radón se depositan en el tracto respiratorio. Debido a sus cortas vidas medias radiactivas, la mayoría de los átomos depositados (excepto el Pb-212) decaen en el tracto respiratorio, dando lugar a una dosis de radiación principalmente al epitelio bronquial de las vías respiratorias altas que es el lugar donde se presentan la mayoría de los cánceres pulmonares, sean o no inducidos por la radiación. Ya que algunos de estos descendientes son emisores alfa, también se considera la relativamente alta efectividad biológica de esta radiación.

El ICRP ha recomendado un factor de calidad de 20 para las partículas alfa, en comparación de un factor de calidad promedio de 1 para la radiación beta o gamma de estos núclidos hijos.

Debido al incremento en el nivel de los descendientes del radón en el aire dentro de los edificios, la dosis equivalente promedio estimado al epitelio bronquial por inhalación de los descendientes del radón dentro de los edificios, promediando para la población total en latitudes templadas, es aproximadamente diez veces mayor que la dosis equivalente total promedio a otros tejidos corporales procedente de fuentes naturales. Considerando la enorme variación de los niveles de estos descendientes en el aire dentro de los edificios, para los individuos que viven en casas en las que la concentración de radón es muy alta, la dosis bronquial puede alcanzar niveles considerablemente mayores.

2.7 Riesgo de cáncer debido al gas radón.

Entre diversos grupos de mineros que están expuestos al radón en su trabajo, se ha observado un incremento en la frecuencia de cáncer bronquial. En particular, los estudios epidemiológicos entre quienes trabajan en minas de uranio han mostrado una clara correlación entre la exposición y un incremento en la frecuencia de cáncer pulmonar, que no puede explicarse por otras influencias. Este estudio se ha confirmado en estudios hechos con animales.

Por el momento no pueden hacerse estimaciones del riesgo de cáncer pulmonar dentro de las casas a partir de los estudios de exposición al radón dentro de las minas; pero si pueden hacerse extrapolaciones si se toman en cuenta ciertas suposiciones, como la validez de los modelos desarrollados para los mineros en la población en general, la validez del modelo del riesgo relativo cuando las exposiciones ocurren durante la infancia o para exposiciones permanentes, y la suposición de que los efectos provocados por el radón y el tabaquismo son multiplicativos, de manera que el modelo de riesgo puede aplicarse de manera separada para fumadores y no fumadores.

Utilizando un modelo de riesgo derivado de cuatro extensos estudios de análisis de riesgo de cáncer entre mineros expuestos al radón se estima que hay entre 4900 y 17000 muertes anuales por cáncer pulmonar en Estados Unidos pueden deberse a la exposición al radón dentro de las casas, aunque ratifica que los modelos desarrollados para los mineros no han sido validados para la población expuesta al radón dentro de las construcciones.

Aunque para los individuos ocupacionalmente expuestos se aplica un límite de exposición de 0.4 WL/año, no se ha establecido ningún estándar para la población en general. Para las exposiciones a la radiactividad creada por el hombre (así como para muchos contaminantes no radiactivos) los límites para la población en general son una décima parte para los valores establecidos para los trabajadores. Para los descendientes del radón sería muy difícil establecer un límite pues las encuestas han mostrado que en algunas casas las concentraciones dan lugar a una exposición de más de 0.4WL/año, y por la enorme variabilidad que existe dependiendo del lugar y del tiempo, la Environmental Protection Agency (EPA) recomienda que los niveles de radón máximos para los descendientes del radón no debe sobrepasar los 0.04WL y para el radón las concentraciones para casas habitación no debe sobrepasar los 2pci/L.

En suma, aunque no existen suficientes datos epidemiológicos para cuantificar el riesgo posible de cáncer bronquial asociado a la exposición natural causada por la inhalación de los descendientes del radón, más sin embargo si se sabe que provoca el cáncer bronquial, por lo que es razonable suponer que las exposiciones en las casas contribuyen con una parte de los casos que se presentan. Por ello es necesario realizar extensos estudios para entender la magnitud y la variabilidad de estas exposiciones y para identificar a las personas o poblaciones que estén expuestas a concentraciones excesivas para ellos.

2.8 THORÓN

Este gas está presente también al igual que el ^{222}Rn constantemente, por ser su descendiente inmediato del ^{224}Ra de la cadena del ^{232}Th en el aire que entra a los pulmones en las mismas concentraciones que se encuentra en el aire inhalado, se disuelve parcialmente en el tejido pulmonar, su tiempo de vida es muy corto 55.5 segundos y no alcanza un equilibrio con otros tejidos. Entonces, el decaimiento del torón dentro de nuestro organismo da una dosis principal al pulmón, en cambio el ^{212}Pb se transfiere principalmente a células sanguíneas, riñones y superficie de los huesos.

Aunque se tienen pocos estudios del gas torón, se han hecho algunos en diversos países como: China, Japón, Rumanía, Italia, Austria. Las concentraciones que se han encontrado son en Alemania de 19.1 Bq/m^3 , en Austria de 19.61 Bq/m^3 , en Brasil 19 Bq/m^3 y aunque el UNSCEAR estimó (en 1993) que la concentración de torón en edificios fue de 3 Bq/m^3 .

Capítulo 3

ASPECTOS GENERALES DE LA DELEGACIÓN ALVARO OBREGÓN.

3.1 Situación Geográfica:

La delegación Alvaro Obregón está localizada en el poniente del Distrito federal, cuenta con una extensión de aproximadamente 96.17 Km. Limita al norte con la delegación Miguel Hidalgo; al oriente con la Delegación Benito Juárez y Coyoacán; al poniente con la Delegación Cuajimalpa y al sur con Magdalena Contreras, Tlalpan y con el municipio de Jalatlucó, Estado de México. Cabe destacar que por su tamaño es la quinta delegación de mayor extensión territorial, lo que representa el 6.28% del área total del Distrito federal. (Ver mapa 1)

Clima:

El clima templado es el que predomina en la región, con variaciones notables por cambios altitudinales que se presentan. En la parte baja, hasta los 2,400 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media anual es de 14.9 °C y la máxima de 17 °C; la temperatura mínima es de 10 °C y se presenta en los meses de diciembre a enero. En el área intermedia el promedio anual es de 15 °C y la máxima de 17 °C; las temperaturas mínimas alcanzan los 13 °C. En la parte sur el clima es semi frío alcanzando una temperatura mínima de 8 °C. (Ver mapa 2, 7 y tabla 3.6)

Hidrografía:

La delegación Alvaro Obregón cuenta con una densa red fluvial favorecida por abundantes precipitaciones que se producen en la parte alta de la montañas y por la constitución del piémonté cortado por los ríos. Debido a los múltiples escurrimientos que provienen de la sierra de las cruces y de una erosión remontante que se indica en la rívera lacustre, se originó el sistema hidrológico actual, consistente en ocho subcuencas fluviales correspondientes a los ríos (Ver mapa 3).

Tabla.3.1**Principales ríos en la delegación Alvaro Obregón.**

Tacubaya	Tequilazco
Becerra	Tetelpan
Mixcoac	Texcalatlaco
Tarango	Magdalena

Estos ríos son abastecidos por el agua de lluvia y por cinco manantiales de agua que se infiltra de las montañas. El agua de los manantiales es permanente durante todo el año y el agua de lluvia sólo se concentra de junio a septiembre.

Las 13 presas que se encuentran dentro de la demarcación sirven para contener las aguas pluviales que bajan en grandes cantidades por los ríos. Asimismo en época de lluvia las presas tienen la función vital de contener el deslave de los cerros.

Tabla.3.2**Presas localizadas en la delegación Alvaro Obregón.**

Anzaldo	Ruiz Cortines
Becerra "A"	Tacubaya
Becerra "B"	Tarango
Becerra "C"	Tequilazco
La Mina	Texcalatlaco
Las Flores	Golondrinas
Mixcoac	

Tabla 3.3

LOCALIDADES PRINCIPALES

NOMBRE	LATITUD NORTE		LONGITUD OESTE		ALTITUD (msmn)
	GRADOS	MINUTOS	GRADOS	MINUTOS	
Edificio sede delegacional	19	23	99	11	2300
San pedro de los pinos	19	23	99	11	2250
Santa Fe	19	23	99	14	2400
Lomas de Plateros	19	22	99	12	2330
Santa Lucía	19	21	99	15	2480
San Angel	19	21	99	12	2260
San Bartolo Arneyalco	19	20	99	16	2420
Santa Rosa Xochiac	19	20	99	17	2750

3.2 EDAFOLOGÍA.

Existen cuatro tipos de suelo en el territorio de la delegación Alvaro Obregón:

1. **Pheozem hápico y lúbico;** este tipo de suelo ocupa el 57% del total de la superficie delegacional, su espesor máximo es de 1 metro y se localiza entre 2 mil y 3 mil metros de altitud.
2. **Lítoles hápicos;** suelos de origen volcánico rocoso con un espesor máximo de 30cm, cubren el 28.8% de la delegación.
3. **Andosoles;** son suelos ricos en materiales volcánicos con horizontes superficiales oscuros, tienen un espesor máximo de 50cm, ocupan el 21.5% del suelo de la delegación.
4. **Regosol éutrico;** este tipo de suelo es muy escaso ya que solamente ocupa el 1.95% de la extensión delegacional. También es de origen volcánico o de procesos de acumulación cólica, poco compactos, tienen un espesor máximo de 30cm de profundidad presentan textura gruesa y son de color café

3.3 GEOMORFOLOGÍA.

El relieve de la delegación está dividida básicamente en dos regiones: llanuras, lomeríos y la región de las montañas y pedregales.

La primera región ubicada al oriente de la delegación colinda con las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, al poniente hasta la base de la sierra de las cruces. En esta área se localizan las tierras bajas y llanas, casi al nivel del antiguo lago de Texcoco. La segunda región que son los lomeríos que pueden considerarse hasta las faldas de las altas montañas del sur y el poniente. Esta región es la más adecuada para los asentamientos humanos e industriales. Es aquí donde se localizan los lugares más densamente poblados.

La región de las montañas es la parte más alta de la Delegación. Esta área se encuentra enclavada en la sierra de las cruces, con sus cumbres, calveros, mesetas, pequeños valles, cañadas y barrancas. La región de los pedregales se forma por las erupciones del volcán Xitle, el cual tiene una altura de 3,050 metros sobre el nivel del mar, su falda norte está cubierta por lava volcánica que se extendió por el mismo rumbo hasta las poblaciones de Tizapan, Chimalistac, Copilco y Coyoacán; por el oeste a San Jerónimo y Contreras, por el este a Tlalpan, Santa Ursula, entre otras zonas. La región de los pedregales tiene una superficie de 90 Km², abarcando varias delegaciones (ver mapa 4).

VEGETACIÓN

La delegación tiene una gran diversidad de vegetación, acorde con sus regiones. En la parte baja, se encuentran solamente arbustos y árboles que rodean las zonas urbanas. En la parte central, existen bosques mesófilos que cubren las barrancas y cañadas con vegetación epífita como: musgos, helechos y trepadoras leñosas. En la parte del pedregal, existen plantas endémicas como: palo loco, palo dulce, tabaquillo, tepozán y copal.

La parte de gran densidad de vegetación comprende a las partes elevadas, donde se ubican bosques de coníferas con abundancia de encinos y pinos (ver mapa 5 y 8).

3.4 POBLACIÓN TOTAL.

De acuerdo con los datos censales del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática(INEGI) en el año de 1990. La delegación Alvaro Obregón contaba con 642 mil 753 habitantes y de acuerdo con el conteo realizado por este instituto, para el año de 1995, la población es de 676 mil 930 habitantes de los cuales el 52.1% son mujeres y el 47.9% hombres distribuidos en 300 colonias.

ACTIVIDADES AGROPECUARIAS Y GANADERAS.

Las unidades de producción rurales de la demarcación contribuyen con el 1.3% respecto a la superficie destinada para estos fines en el Distrito federal. En el año 1991 existían 842 unidades de producción con una superficie de 325 hectáreas de las cuales en 1997 fueron cosechadas 123 hectáreas. Los cultivos principales fueron: maíz grano, avena forrajera y frijol.

ACTIVIDAD GANADERA.

El destino de la producción ganadera es fundamentalmente para el auto consumo, 83% de su producción, porcentaje superior comparado al Distrito federal, destinando el restante 17% de su producción al mercado interno.

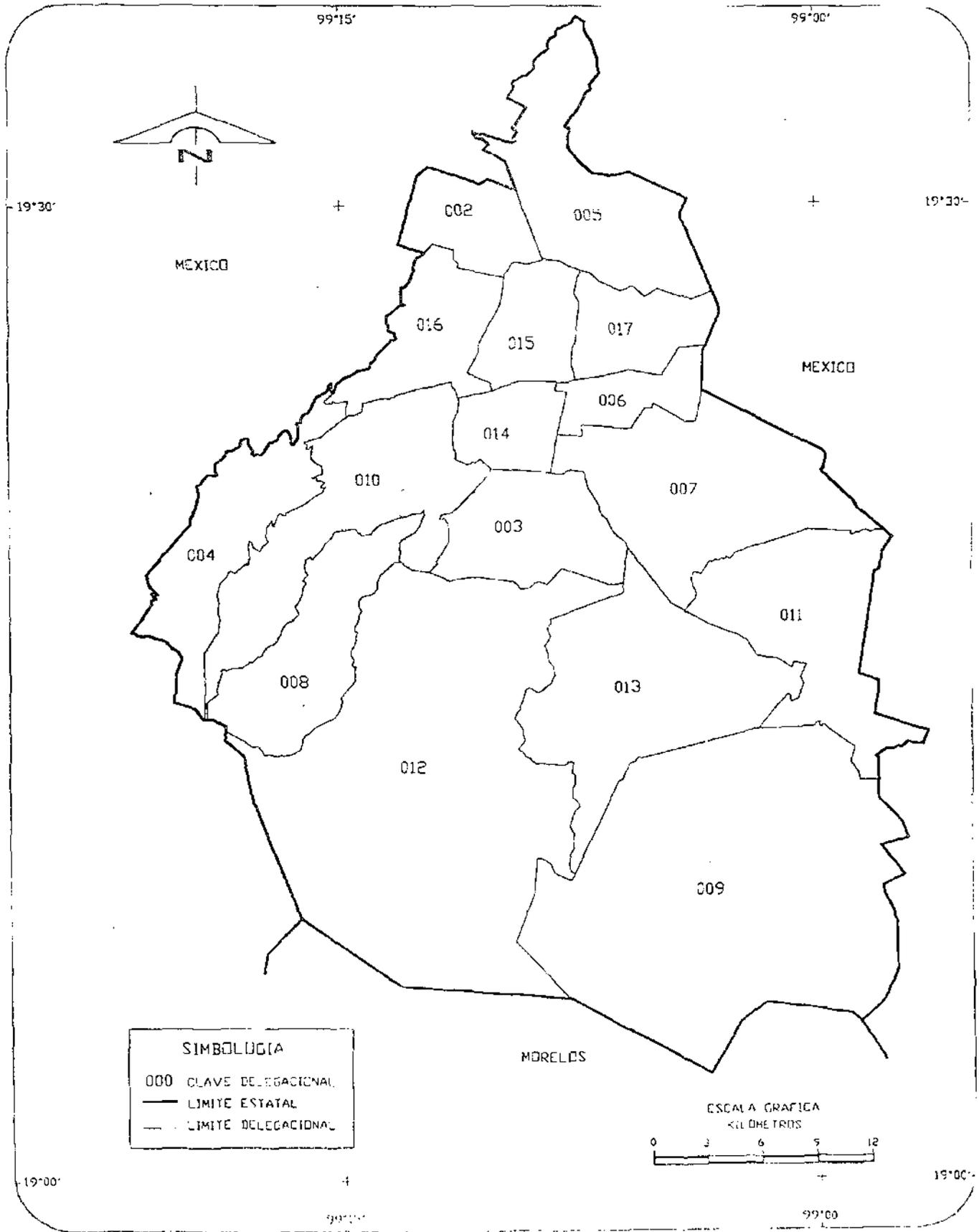
La producción ganadera se orienta básicamente a las especies de porcinos, ovinos y en menor medida de bovinos, cuyo valor de existencia no superaba en 1997 los 2.2 millones de pesos.

ACTIVIDAD MINERA

De acuerdo con los censos Económicos en la demarcación sólo se emplearon para esta actividad 39 personas, principalmente en la rama de explotación de minerales no metálicos, específicamente en minas de arena

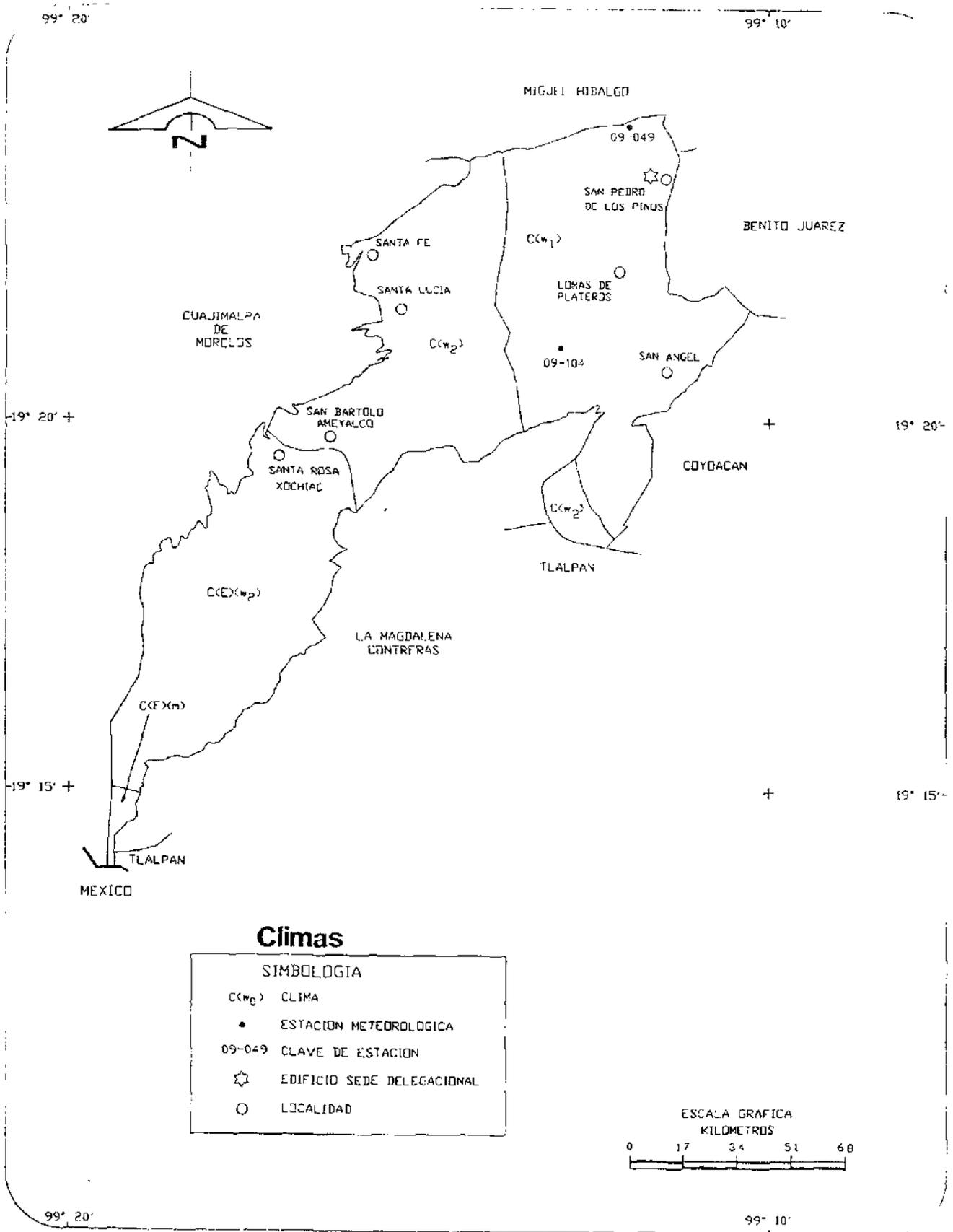
Esta actividad ha disminuido considerablemente tendiendo a desaparecer.

División Geoestadística Delegacional



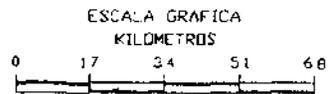
NOTA: Los límites fueron trazados por el INEGI con el fin de contar y presentar información estadística y no necesariamente como delimitación política administrativa.

FUENTE: INEGI. Marco Geoestadístico, 1995. Inédito.



Climas

SIMBOLOGIA	
C(w ₁)	CLIMA
•	ESTACION METEOROLOGICA
09-049	CLAVE DE ESTACION
☆	EDIFICIO SEDE DELEGACIONAL
○	LOCALIDAD

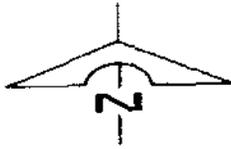


FUENTE: INEGI Carta de Climas, 1:1000 000.

Mapa No.2

99° 20'

99° 10'

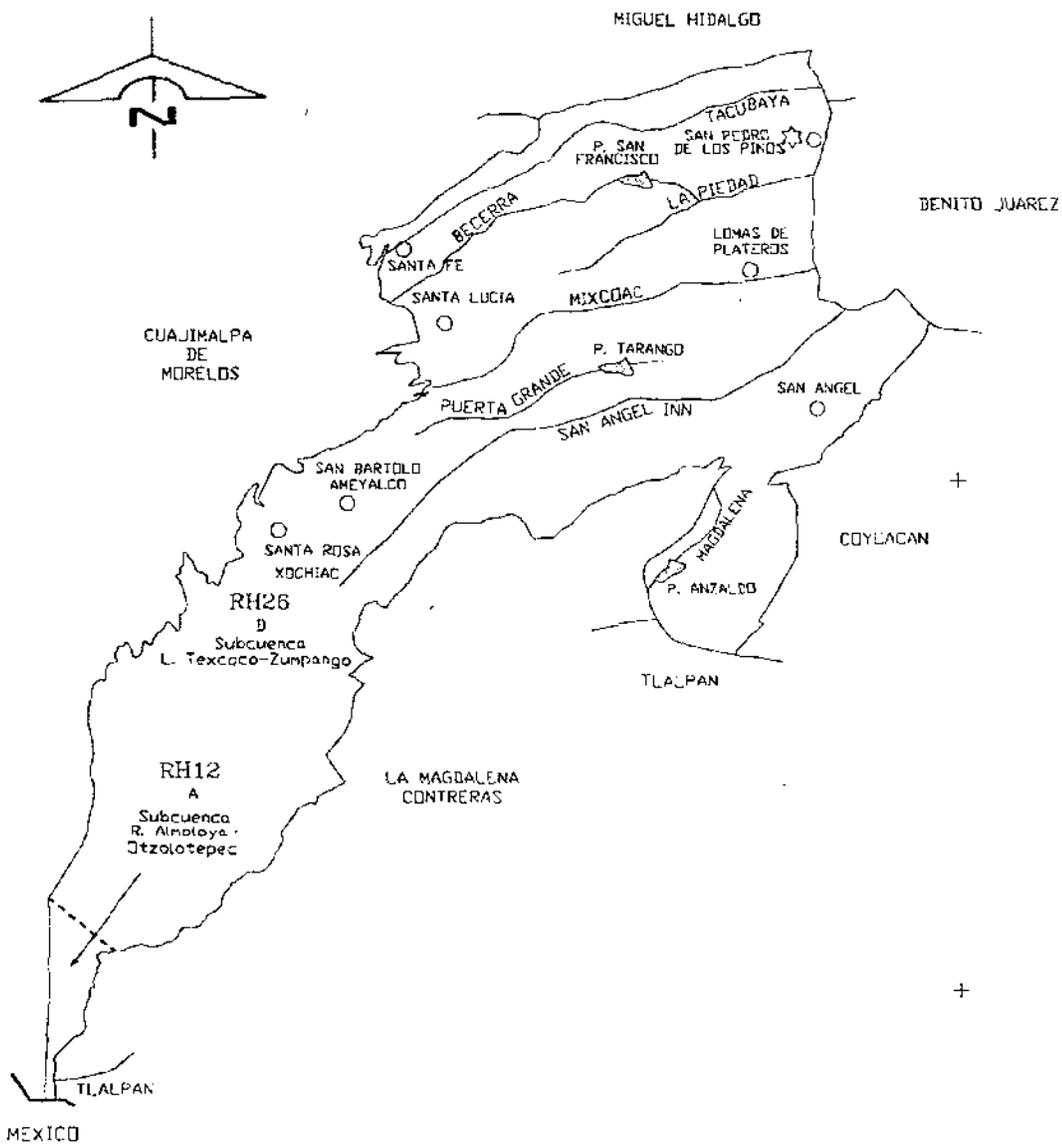


19° 20' +

19° 20' -

19° 15' +

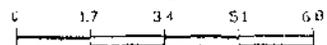
19° 15' -



Hidrografía

SIMBOLOGIA	
RH12	REGION HIDROLOGICA
D	CUENCA
---	LIMITE DE REGION
~~~~~	CORRIENTE DE AGUA
⬭	CUERPO DE AGUA
☆	EDIFICIO SEDE DELEGACIONAL
○	LOCALIDAD

ESCALA GRAFICA  
KILOMETROS



99° 20'

99° 10'

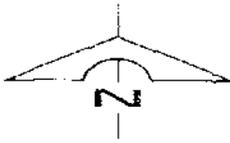
FUENTE: INEGI Carta Topográfica 1:50 000

INEGI Carta Hidrológica de Aguas Superficiales 1:250 000

Mapa No.3

99° 20'

99° 10'



MIGUEL HIDALGO

SAN PEDRO DE LOS PINES

BENITO JUAREZ

CUAJIMALPA DE MORELOS

STA FE  
SANTA LUCIA

2500

LOMAS DE PLATEROS

2300  
SAN ANGEL

19° 20' +

19° 20'

SAN BARTOLO AMEYALCO

2700

COYACAN

TLALPAN

LA MAGDALENA CENTRERAS

19° 15' +

19° 15'

TLALPAN

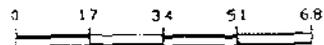
MEXICO

### SIMBOLOGIA

- CURVA DE NIVEL
- ELEVACION PRINCIPAL
- EDIFICIO SEDE DELEGACIONAL
- LOCALIDAD

- 1 CERRO EL TRIANGULO
- 2 CERRO SAN MIGUEL
- 3 CERRO LA CRUZ DE COLICA
- 4 CERRO TEMAMATLA
- 5 CERRO EL OCCYAL
- 6 CERRO ZACAZONTETLA

ESCALA GRAFICA  
KILOMETROS



99° 20'

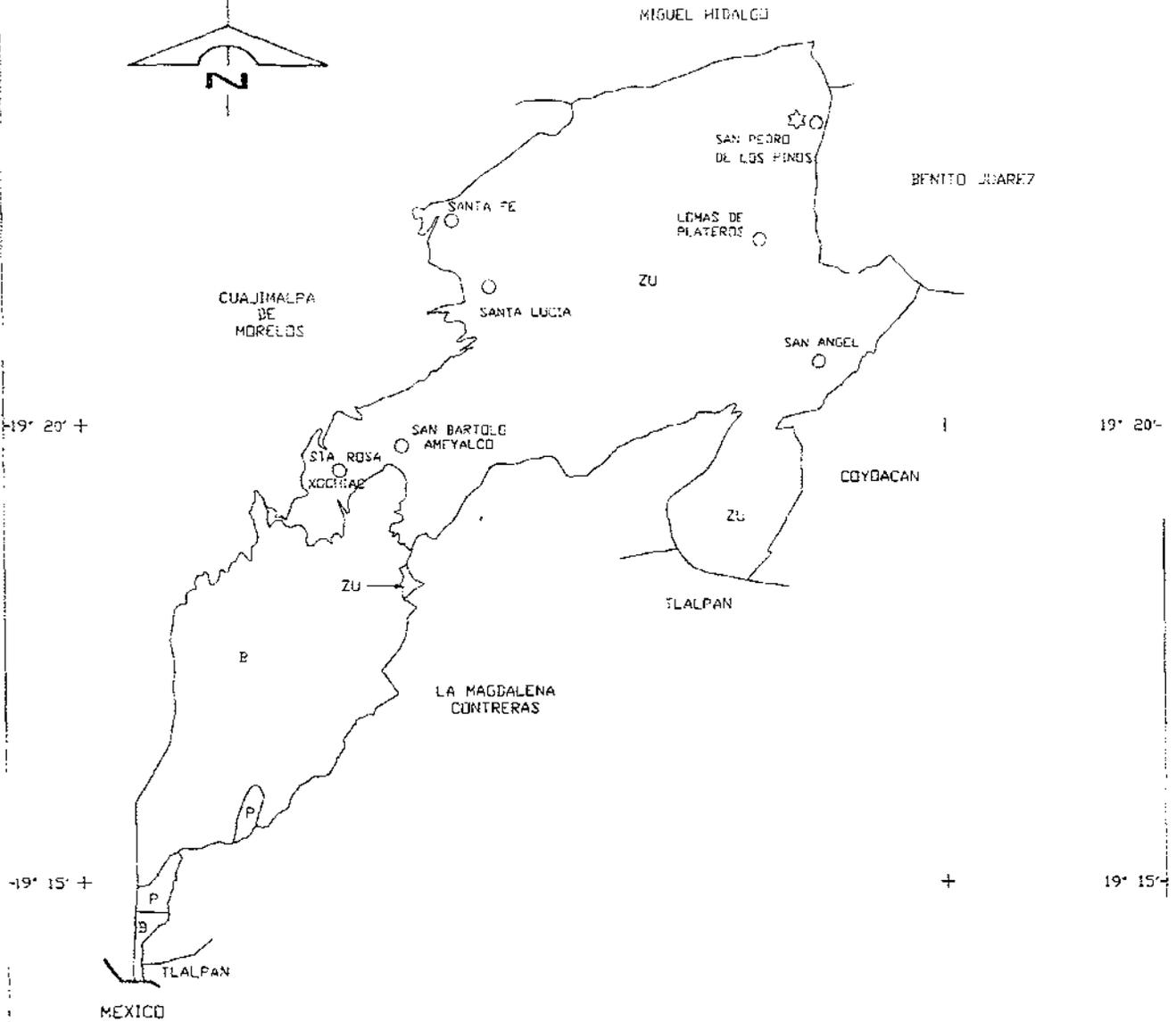
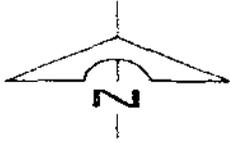
99° 10'

FUENTE: INEGI Carta Topografica, 1:50 000

Mapa No.4

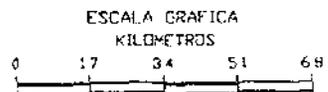
99° 20'

99° 10'



### Agricultura y Vegetación

SIMBOLOGIA	
B	BOSQUE
P	PASTIZAL
ZU	ZONA URBANA
☆	EDIFICIO SEDE DELEGACIONAL
○	LOCALIDAD



99° 20'

99° 10'

FUENTE: CGSNEGL. Carta de Uso del Suelo y Vegetación. 1:250 000

Mapa No.5

**Tabla 3.4**  
**ELEVACIONES PRINCIPALES.**

NOMBRE	LATITUD NORTE		LATITUD OESTE		ALTITUD (msnm)
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	
Cerro el triángulo	19	14	99	19	3820
Cerro San Miguel	19	16	99	19	3780
Cerro de la Cruz de cólica	19	16	99	19	3610
Cerro Temamatla	19	15	99	18	3500
Cerro el Ocotál	19	17	99	18	3520
Cerro Zacazontetla	19	18	99	17	3270

msnm= Metros sobre el nivel del mar

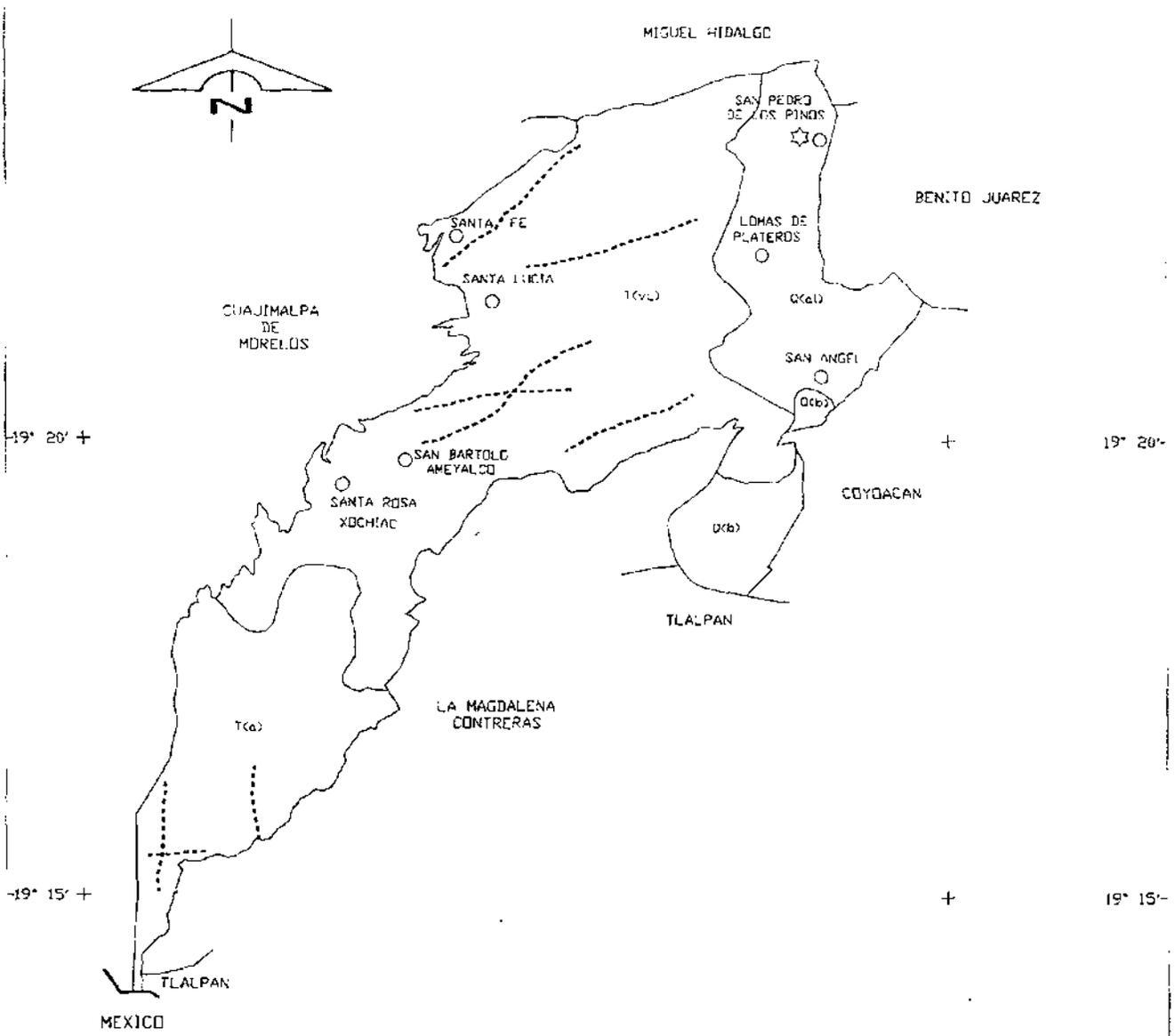
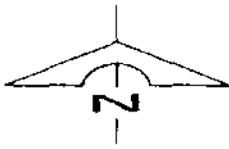
**Tabla 3.5**

**GEOLOGIA**

ERA		PERIODO		ROCA O SUELO	UNIDAD LITOLÓGICA		% DE LA SUPERFICIE
Clave	Nombre	Clave	Nombre		Clave	Nombre	
C	Cenozoico	Q	Cuaternario	Suelo	(al)	Aluvial	16.03
				Ignea Extrusiva	(b)	Basalto	5.82
				Ignea Extrusiva	(a)	Andesito	20.68
		T	Terciario	Volcano Clásica	(Vc)	Volcano clástico	57.67

99° 20'

99° 10'



### Geología

SIMBOLOGÍA	
Q	PERIODO GEOLOGICO
(ca)	UNIDAD LITOLÓGICA
—	LIMITE DE UNIDAD
- - -	FRACTURA
☆	EDIFICIO SEDE DELEGACIONAL
○	LOCALIDAD



99° 20'

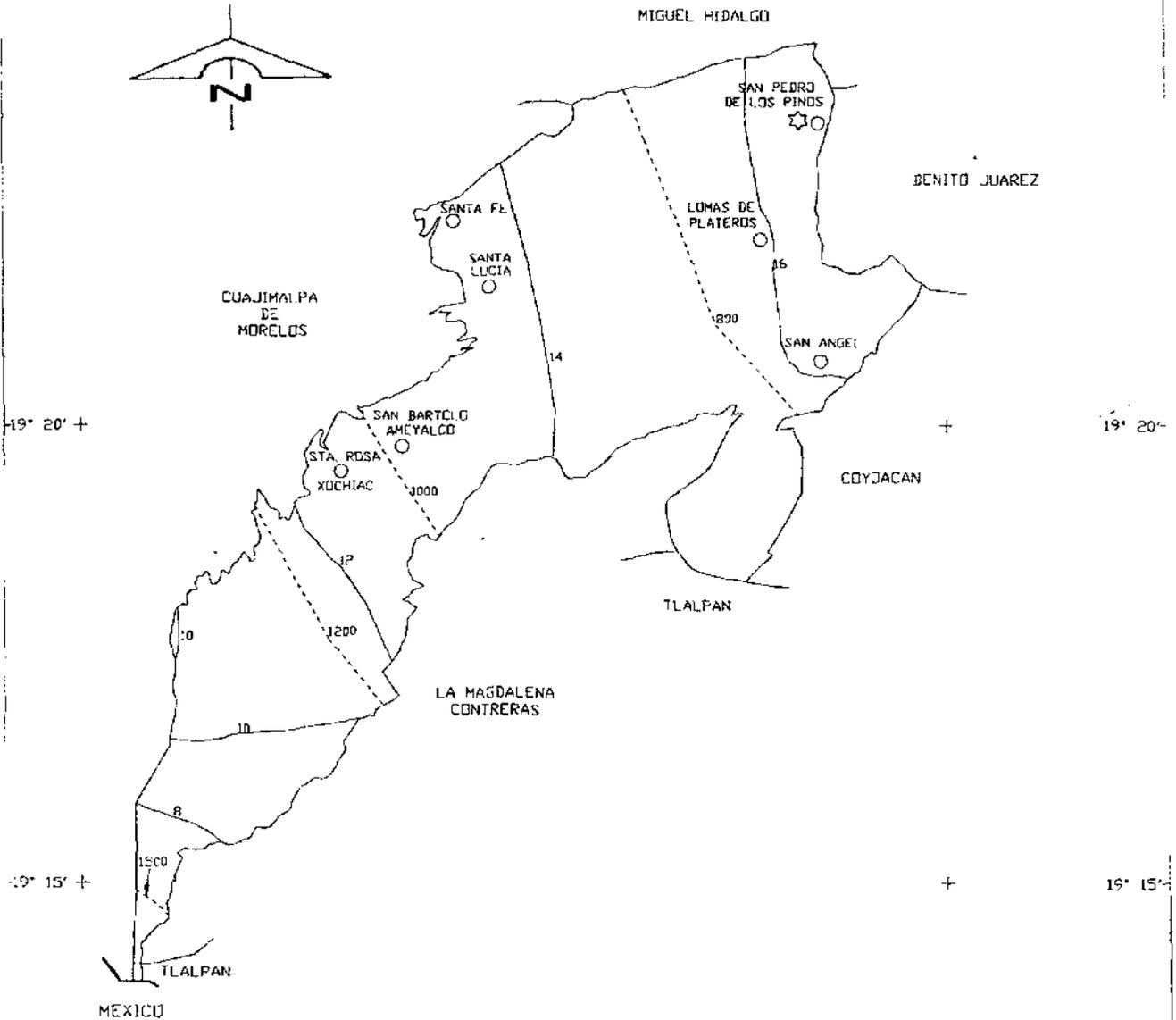
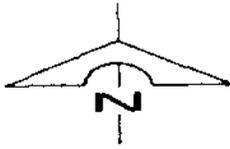
99° 10'

FUENTE: CGSNEG. Carta Geológica, 1: 250 000.

Mapa No 6

99° 20'

99° 10'



### Isotermas e Isoyetas

#### SIMBOLOGIA

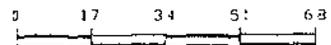
16 ISOTERMA EN °C

1000 ISOYETA EN mm

★ EDIFICIO SEDE DELEGACIONAL

○ LOCALIDAD

ESCALA GRAFICA  
KILOMETROS



99° 20'

99° 10'

FUENTE: INEGI Carta de Temperaturas Medias Anuales, 1:1000 000  
INEGI Carta de Precipitación Total Anual, 1:1000 000

Mapa No.7

Tabla 3.6

CLIMAS.

TIPO O SUBTIPO	SIMBOLO	% DE LA SUPERFICIE DELEGACIONAL
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad.	C(CW ₂ )	30.65
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media.	C(CW ₁ )	38.47
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad.	C(E)(W ₂ )	30.09
Semifrío húmedo con Abundantes lluvias en verano.	C(E)(m)	0.79

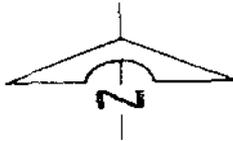
Tabla. 3.7

ESTACIONES METEOROLÓGICAS

CLAVE	ESTACION	LATITUD NORTE			LONGITUD OESTE			ALTITUD (msnm)
		Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundo	
09-049	Tacubaya	19	24	00	99	12	00	2308
09-104	Tarango	19	21	00	99	13	00	2340

99° 20'

99° 10'



MIGUEL HIDALGO

SAN PEDRO DE LOS PINOS

BENITO JUAREZ

SANTA FE

LOMAS DE PLATEROS

CUAJIMALPA DE MORELOS

SANTA LUCIA

SAN ANGEL

19° 20' +

19° 20'

SAN BARTOLO AMEYALCO

STA. ROSA

XOCHIAC

COYDACAN

PN DESIERTO DE LOS LEONES

TLALPAN

LA MAGDALENA CONTRERAS

19° 15' +

19° 15'

ZPF LOS BOSQUES DE LA CAÑADA DE CONTRERAS DEL RIO DE LA MAGDALENA (LOS DINAMOS)

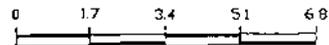
TLALPAN

MEXICO

### Areas Naturales Protegidas

SIMBOLOGIA	
	AREA NATURAL PROTEGIDA
	EDIFICIO SEDE DELEGACIONAL
	LOCALIDAD

ESCALA GRAFICA  
KILOMETROS



99° 20'

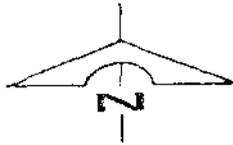
99° 10'

FUENTE: SEDUE. Información Básica sobre las Areas Naturales Protegidas de México. 1989.

Mapa No.8

99° 20'

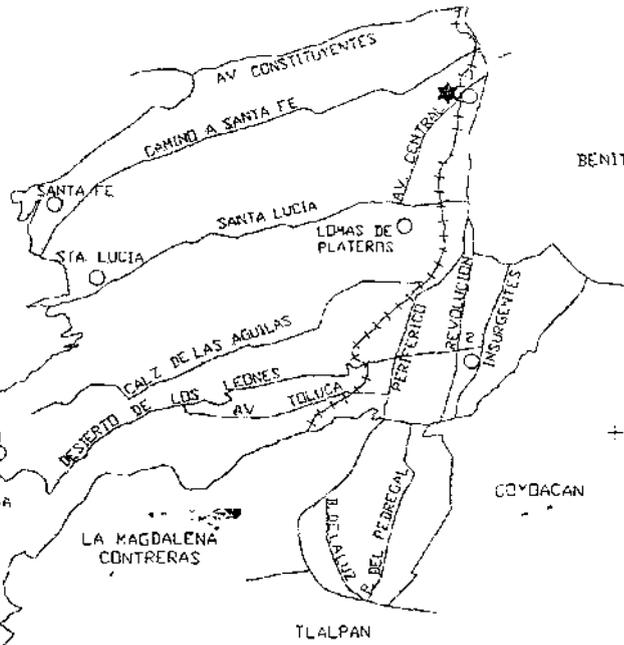
99° 10'



CUAJIMALPA DE MORELOS

MIGUEL HIDALGO

BENITO JUAREZ



19° 20' +

19° 20'

19° 15' +

19° 15'

TLALPAN

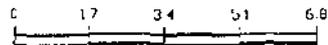
MEXICO

### Infraestructura para el Transporte

SIMBOLOGIA	
	VIAS PRINCIPALES
	FERROCARRIL
	ZONA URBANA
	EDIFICIO SEDE DELEGACIONAL
	LOCALIDAD

- |   |                        |
|---|------------------------|
| 1 | SAN PEDRO DE LES PINOS |
| 2 | SAN ANGEL              |
| 3 | SAN BARTOLO AMEYALCO   |

ESCALA GRAFICA  
KILOMETROS



99° 20'

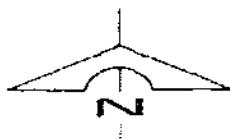
99° 10'

FUENTE: INEGI. Carta Topográfica 1:50 000

Mapa No.9

99° 20'

99° 10'



19° 20' +

19° 20'

19° 15' +

19° 15'

TLALPAN

MEXICO

MIGUEL HIDALGO

SAN PEDRO DE LOS PINOS

502

BENITO JUAREZ

SANTA FE

X

57

LOMAS DE PLATEROS

CUAJIMALPA DE MORELOS

SANTA LUCIA

220

SAN ANGEL

SAN BARTOLO AMEYALCO

COYACAN

SANTA ROSA XOCHIMAC

301

TLALPAN

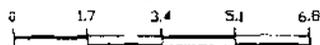
102

LA MAGDALENA CONTRERAS

### SIMBOLOGIA

- X PROVINCIA FISIOGRAFICA
- 57 SUBPROVINCIA
- 220 SISTEMA DE TOPOFORMAS
- ~ LIMITE DE SISTEMA DE TOPOFORMAS
- ☆ EDIFICIO SEDE DELEGACIONAL
- LOCALIDAD

ESCALA GRAFICA  
KILOMETROS



99° 20'

99° 10'

FUENTE: INEGI Atlas Cartográfico de la Ciudad de México y Área conurbada Inédito.

Mapa No.10

## Capítulo 4.

# PARTE EXPERIMENTAL

### Métodos seleccionados

#### *SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS*

- El método seleccionado para determinar las concentraciones de radón en casas habitación fue el llamado E-PERM (Electret Environmental Radon Passive Monitor.). Para la medición de los descendientes del radón se utilizó el sistema de monitoreo WL1-A, y para las mediciones que se hicieron del torón se utilizaron cámaras que originalmente son E-PERM solo que son modificadas y acondicionadas para medir la presencia de torón.

### Descripción del Equipo:

#### 4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE MONITOREO WL1-A PARA DESCENDIENTES DEL RADÓN

este equipo consta de la unidad muestreadora WLM-1A (Continuous Working Level Monitor CWLM), es operada por una fuente de poder (Batería), y una unidad lectora, además de un cargador de batería. La unidad muestreadora es capaz de trabajar hasta por un periodo continuo de una semana, previa programación mediante el uso de la unidad lectora WLR-1. La unidad muestreadora consta de una bomba que debe trabajar dentro de un rango de trabajo recomendada por el fabricante para tener un funcionamiento óptimo que va de 0.12 a 0.18 L/min. A través de un filtro que hace la función de separar las partículas de polvo de la muestra tomada, aquí las partículas alfa son detectadas por un detector de silicio y el microprocesador hace la función de controlar el flujo de la bomba así como también de apagar y encender la unidad muestreadora. El conteo de las partículas emitidas son almacenadas en la memoria, y una vez apagada la bomba el detector registra solo la actividad y la unidad lectora corrige la contribución del torón al tomar en cuenta su vida media.

#### 4.1.1 CONFIABILIDAD DE LAS MEDICIONES

La precisión de la medición esta limitada por:

- El tiempo de muestreo.
- El desequilibrio del aire
- La calibración de la velocidad de flujo del aire.
- La calibración de la eficiencia de conteo.

Este modo de conteo integrado es utilizado por EBERLINE teniendo ya un gran prestigio en este tipo de mediciones. El máximo error introducido bajo casos de desequilibrio es del 5%. Por lo que el error que presenta es mucho menor que al de otros métodos. La medición de un tiempo corto con otros métodos no refleja la variación de noche a día o de día a día de los niveles de trabajo(WL). Este método alfa de conteo es más sensible y más preciso que otros métodos. El límite inferior de detección establecido por el proveedor es de  $2 \cdot 10^{-5}$  y el límite superior es de  $10^2$  dado en unidades de WL.

Tabla 4.1

#### CARACTERISTICAS GENERALES DE LA UNIDAD MUESTREADORA

Modelo	WLM-1A
Peso	2.6 Kg
Dimensiones	14 cm de Altura, 20 cm de Largo
Energía de Consumo	6 V, 6 Amp
Tiempo de Recarga	24 horas
Tiempo de Uso	Máximo hasta 168 horas
Temperatura de uso adecuado	De 0 °C Hasta 43 °C
Flujo Ajustable	0.12 a 0.18 L/m
Detector	Silicio sólido

Tabla 4.2

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA UNIDAD LECTORA

Modelo	WLR-1
Peso	6.8 Kg
Dimensiones	35 cm Altura, 20cm de Ancho, 15 cm largo
Energías de Consumo	117 Volt, 60Hz, 0.25Amp
Temperatura	Desde 10 °C Hasta 49 °C

Tabla 4.3

CARACTERISTICAS GENERALES DEL CARGADOR DE BATERIAS

Modelo	BC-WLM 6750M
Peso	1 Kg
Dimensiones	15 cm de Largo, 10 cm Altura , 6 cm Ancho
Consumo de Energía	120Volt, 57-63 Hz
Temperatura de Operación	0°C a 49°C

## 4.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO SELECCIONADO PARA MEDICIONES DE RADÓN.

Existen 3 diferentes tipos de E-PERM. Todos ellos tienen la característica en común de la utilización de un electreto removible que va en la parte interior de cada cámara, los diferentes tipos de cámara pueden ser utilizadas en mediciones de corto y largo plazo utilizando igualmente electretos de corto y largo plazo respectivamente. Los tres modelos de E-PERM tienen diferentes capacidades en volumen, por ejemplo, la cámara "H" que tiene un volumen de 1L mientras que la cámara "L" tiene una capacidad de 50 mL.

El monitor pasivo de Radón con electreto (E-PERM) del tipo cámara "L" es un instrumento utilizado para la medición de la radiación alfa pero que también tiene respuesta a gamma. Este aparato consta de una pequeña cámara de ionización llamada "L" en cuyo interior se encuentra instalado un electreto. Esta cámara cuenta también con filtros, estos filtros se hicieron con la finalidad de que por allí se introduzca solo el gas que al ionizarse en el interior de la cámara sea recolectado por el electreto, después se mide la diferencia de potencial en la carga del electreto y esta es una medida integrada en el tiempo de exposición para determinar la concentración de  $^{222}\text{Rn}$ .

A diferencia de otros métodos de dosimetría, el E-PERM cámara "L" ofrece varias ventajas: por ser un aparato relativamente pequeño que prácticamente se puede transportar en un bolsillo, ser de precio no muy elevado y además de tener un margen de error pequeño haciendo que las mediciones sean muy confiables ya que estas pueden ser hasta por un año si se utiliza electreto de largo plazo, teniéndose la configuración LLT.

Los electretos son una pieza de material dieléctrico que tiene una carga eléctrica permanente, esta carga produce un campo electrostático que atrae a los iones de

signo contrario, los electretos tienen poco tiempo de estar en funcionamiento comercial ya que hasta que se comprobó que tienen propiedades de componentes electrónicos confiables capaces de mantener campos electrostáticos constantes incluso bajo altas temperaturas y altas condiciones de humedad ya que están hechos de materiales cuyas características permiten que adquieran estas propiedades dichos materiales son los polímeros de fluorocarbono altamente dieléctricos.

#### 4.2.1 CONSTRUCCIÓN DE LOS ELECTRETOS

Los electretos son discos construidos con un material de politetrafluoroetileno (PTFE) teflón de 0.152 cm de espesor, los cuales son utilizados como electretos de intervalos de tiempo corto 2-7 días. Existen también otros discos de politetrafluoroetileno (Teflón) con 0.0127 cm de espesor y son utilizados como electretos de intervalos mucho más largos. Estos electretos son conocidos como de largo plazo.

Este disco de teflon cargado eléctricamente que ha sido usado para mantener un potencial electrostático estable con iones de carga opuesta que se recolectan sobre la superficie del electreto, lo que mantiene constante la carga de superficie y reduce el potencial electrostático. El potencial de superficie se mide antes y después de cada exposición utilizando un lector de voltaje especial. La disminución que se observa en el potencial de superficie se relaciona directamente con la concentración de radón integrado sobre el tiempo a través de la ionización

#### 4.2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UTILIZAR ELECTRETOS

##### VENTAJAS

Las principales ventajas con las que se pueden contar son tales como:

- Su desempeño ya que tiene una gran cualidad que es la independencia de la humedad relativa en el rango encontrado en el medio ambiente

- La lectura de su potencial de superficie es muy sencilla de realizar y teniendo cierto cuidado rápida y además el aparato lector de dichos electretos es muy práctico.
- Son dispositivos pasivos que no requieren de partes móviles lo que los hace sencillos de manipular.
- Son ampliamente utilizados por otras razones entre las más importantes se encuentran su precio relativamente barato en comparación de otros métodos utilizados para la misma causa.
- Su confiabilidad.

#### DESVENTAJAS PRINCIPALES

- Son demasiado sensibles a la radiación ambiental en un tiempo de exposición corto, lo que puede provocar una lectura errónea.
- Requieren cierto cuidado ya que pueden ser echados a perder cuando no se utilizan adecuadamente principalmente cuando se toca con los dedos la fina lamina de teflón ya que esto implica la posible inutilidad del electreto o en el mejor de los casos cambio en el voltaje.

#### 4.3 EQUIPO UTILIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE EQUILIBRIO

El factor de equilibrio (F) nos proporciona la relación hijos del radón /radón presente en un sitio determinado. Para determinar este factor se uso una cámara tipo "H" (1000mL de volumen) y un electreto de corto plazo (5 días) para medir la concentración del radón y el CWLM para medir para medir la concentración de los hijos del radón.

En casas con condiciones normales el factor de equilibrio se encuentra entre un valor de 0.2 y 0.8 con un promedio de 0.5; con un factor de equilibrio de 0.5 200pCi/L de radón son equivalentes a 1WL.

#### 4.4 EQUIPO UTILIZADO PARA LA MEDICIÓN DE RADÓN Y TORÓN.

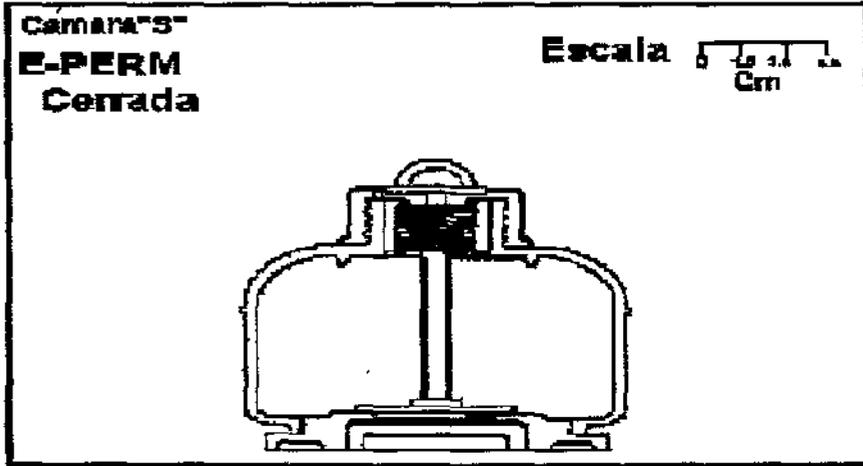
La cámara utilizada para la medición del radón y torón es la EPERM-"S", para radón y torón respectivamente; esta cámara tiene una capacidad de 200ml que es mayor que la cámara "I".

El EPERM-"S" para radón fue diseñada para tener 100% de respuesta al radón y mucho menor respuesta al torón; esta diseñada para minimizar la respuesta al torón restringiendo el tiempo de difusión. El área de la entrada del filtro en la cámara "S" es de  $0.3\text{cm}^2$ . Debido a su corta vida media, la mayoría del torón decae antes de entrar a la cámara. fig. No.5. La cámara E-PERM para torón fue diseñada para tener 100% de respuesta al torón y mucho menor respuesta al radón, para permitir esto se modifica para tener un área mayor de filtrado alrededor de  $30\text{cm}^2$  para permitir una rápida difusión de torón incrementando su respuesta a él. fig No.6.

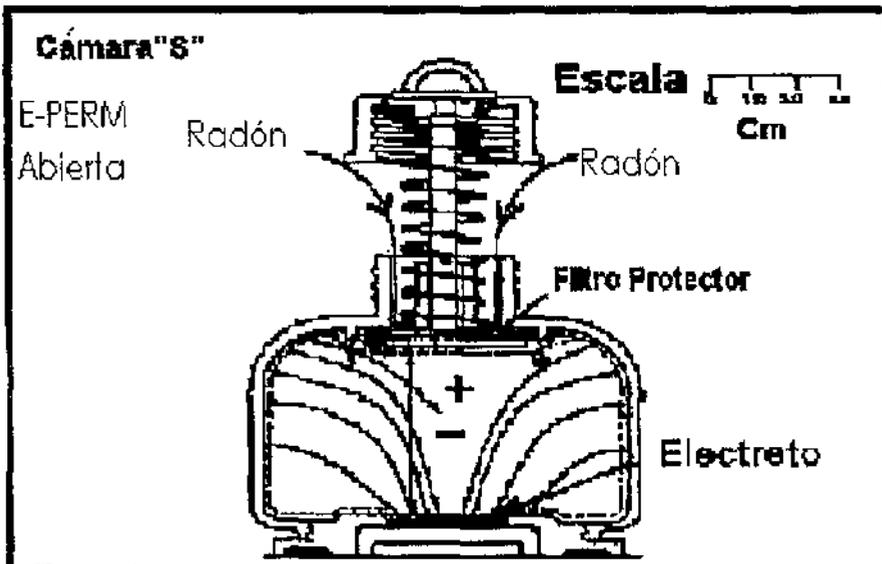
4.5 DOSIMETROS TLD. En las mediciones de radiación gamma se utilizaron dosímetros TLD, que consisten en pastillas de sulfato de calcio activadas con disprosio  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Dy} + \text{PTFE}$ . Una vez recolectados estos dosímetros después de su exposición se procedo a su lectura en el INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES (ININ) en un lector Harshow 4000 Este tipo de dosimetos son ligeros y muy confiables aunado a su corto precio.

**Cámara "S" E-PERM  
Electreto pasivo Monitor medidor de radón**

**ESQUEMA**



Cámara cerrada

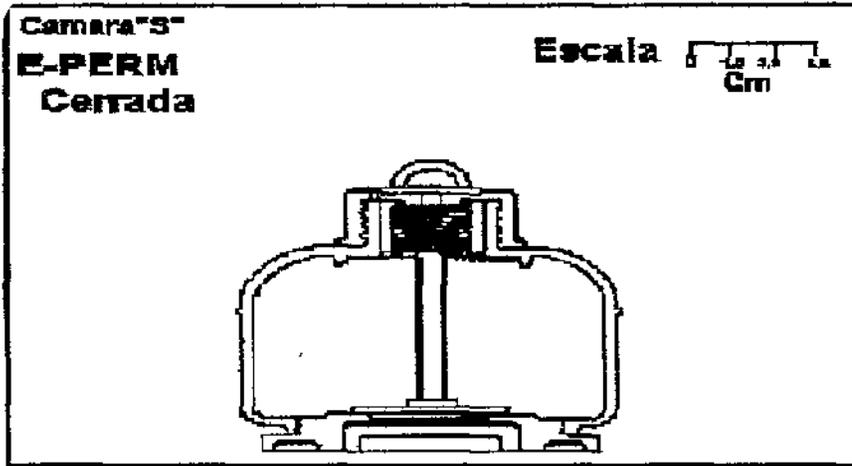


Cámara Abierta

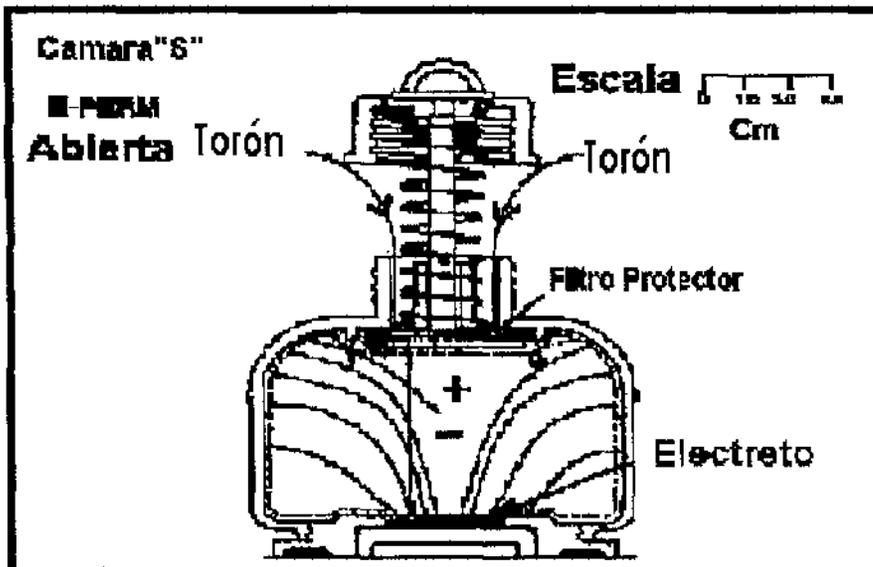
Fig.No.6

**Cámara "S" E-PERM  
Electreto pasivo Monitor medidor de torón**

**ESQUEMA**



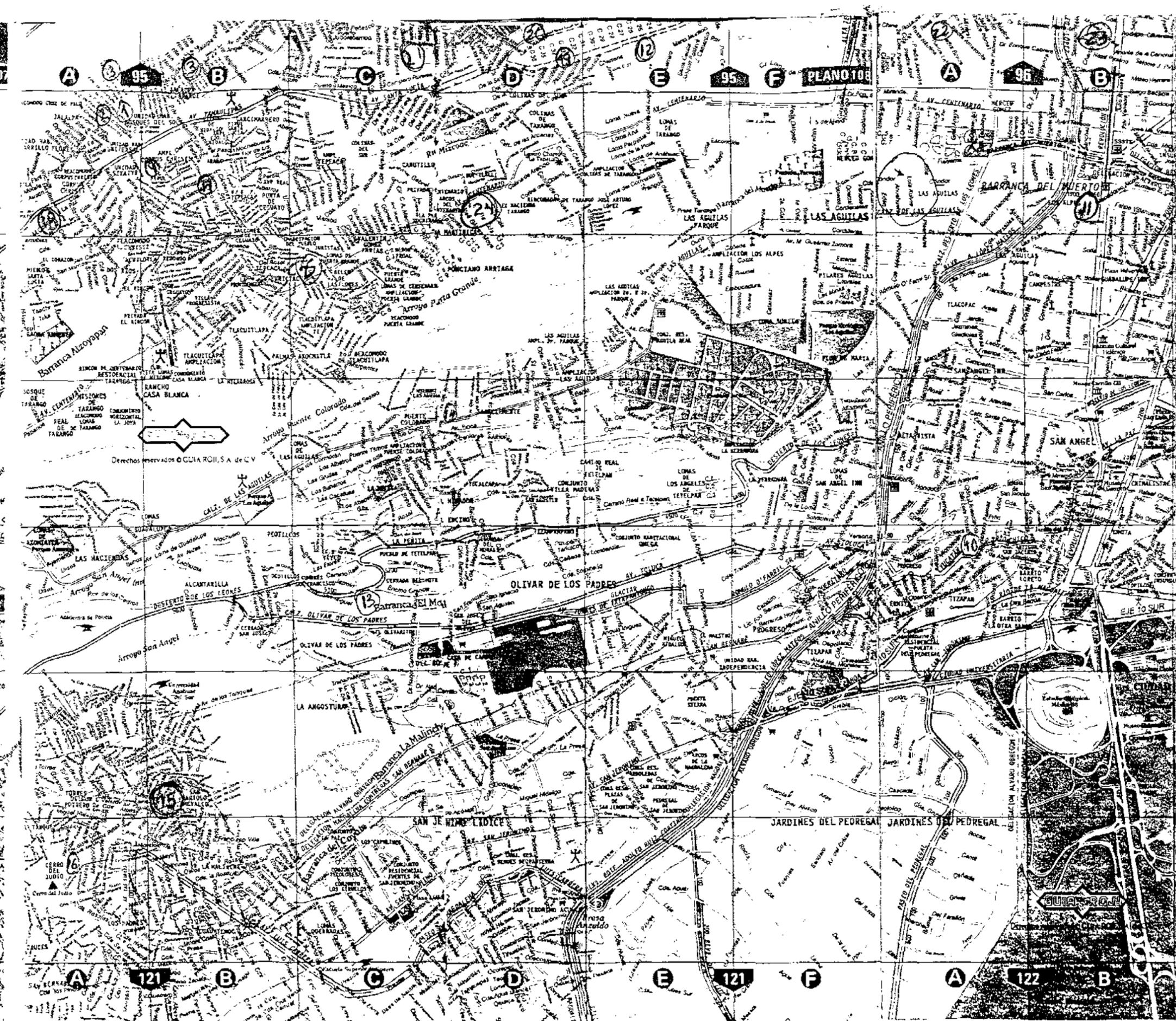
Cámara cerrada



Cámara Abierta

#### 4.6 DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO

1. Se eligieron 25 casas de la delegación Alvaro Obregón tratando de que abarcara la mayoría de las zonas de la delegación (Mapa con localización de las casas monitoreadas con las cámaras "L", "S", "H", TLD y WLM1-A (Mapa No.11).
2. El tiempo para el muestreo en que se programo el CWLM, fué de 120 horas con lecturas cada hora y 4 horas en condiciones de bomba apagada con mediciones cada 30 minutos para determinar los intervalos del extremo y estimar el % de torón, aquí incluye la cámara "H" por 120 horas.
3. El periodo de muestreo para el CWLM fué en la estación de primavera (Abril y Mayo) durante el verano (Junio, Julio).
4. Para el caso de la utilización de las cámaras "L" el periodo de muestreo fue de 1 año que correspondió del mes de enero del año 1999 al mes de enero del año 2000, de aquí se tiene solo una lectura ya que fue imposible realizar lecturas por estación periódicamente debido al tiempo en el que estuvieron suspendidas las actividades en nuestra universidad.
5. La altura a la que se colocaron las cámaras fue entre 80 cm y 1m del suelo dependiendo de las condiciones de cada casa.
6. Al realizar mediciones estas se efectuaron en condiciones normales, sin que se vieran afectadas las actividades que se desarrollan en cada casa seleccionada.
7. Se aplicó un pequeño cuestionario a los moradores de cada una de las casas seleccionadas para conocer las características de las construcciones y materiales con que fueron hechas estas, también para conocer algunos de sus hábitos y costumbres que pudieran influir en las concentraciones de radón.
8. En cada una de las 25 casas se instalaron dosímetros termoluminiscentes por un periodo de un año a una altura de 80 cm y 1m dependiendo de cada casa.
9. Para las mediciones de torón y radón se utilizaron cámaras tipo E-PERM tipo "S" para radón y torón respectivamente para este propósito estas cámaras fueron colocadas por un periodo de 5 días (ver fig 5 y 6)



MAPA No 11. CASAS SELECCIONADAS

## Capítulo 5

# RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Cálculo del fondo gamma

Para obtener el valor del fondo gamma que se hizo por un periodo de un año continuo de exposición, de Enero de 1999 al mes de Enero del año 2000. Para llevar a cabo este estudio se utilizaron dosímetros TLD Sulfato de calcio activado con disprosio. Estos dosímetros fueron colocados dentro de las 25 casas de la delegación Alvaro Obregón a una altura de un metro y libres de campos magnéticos que hubieran podido alterar las lecturas.

Una vez recolectados los dosímetros se procedió a realizar las lecturas correspondientes en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) en un lector Harshaw 4000. Los resultados que se encuentran en la tabla 5.1, en la cual se tiene un número de dosímetro y los valores calculados en una curva de calibración con las lecturas obtenidas.

Para obtener los resultados en micro roengent por hora se realizaron las conversiones para poder llegar a ello, ya que se conocen las horas a las que estuvieron expuestos dichos dosímetros. Después de haber hecho lo anterior se procedió a sacar la media de  $8.19\mu\text{R/h}$  y la desviación estándar que fue de  $0.766\mu\text{R/h}$ , la media geométrica fue de  $8.15\mu\text{R/h}$ , aquí se tomaron también en cuenta las dos medidas por duplicado ya que estas no tienen gran diferencia.

En la tabla 5.1 y gráfico 1 se muestran estos datos que se obtuvieron, pudiendo apreciar claramente que la menor lectura que se obtuvo fue de  $6\mu\text{R/h}$ . y el valor más alto que se obtuvo fue de  $10.164\mu\text{R/h}$ .

Para conocer la precisión de las medidas, los dosímetros 26 y 27 se colocaron en las mismas casas (medidas por duplicado), y así obtener el %RMD que fue el siguiente:  $\%R = (x - X) / X * 100$ ,  $\%R_1 = (2.49 + 18) / 2 = 10.24\%$

Dosímetro No.	Lectura promedio duplic.	Error (%)
26 dup 25	8.01	$D_{26} = (8.21 - 8.01) / 8.01 * 100 = 2.49\%$
27 dup 24	8.54	$D_{27} = (10.16 - 8.54) / 8.54 * 100 = 18\%$

Tabla 5.1

TLD	Lectura anual (mR)	(+/-)	Lectura anual ( $\mu$ R)	Horas de exposición	Lectura en ( $\mu$ R/Hr)
1	58.79	5.18	58790	8026	7.324943932
2	67.57	1.05	67570	7963	8.485495416
3	57.81	0.93	57810	7792	7.419147844
4	72.8	5.38	72800	7963	9.142283059
5	61.18	8.07	61180	7872	7.771849593
6	72.54	0	72540	7800	9.3
7	54.63	0	54630	7728	7.069099379
8	68.52	1.95	68520	7900	8.673417722
9	61.48	7.8	61480	7792	7.890143737
10	59.77	0.38	59770	7848	7.615953109
11	65.59	8.29	65590	7632	8.594077568
12	61.1	6.19	61100	7800	7.833333333
13	53.61	7.11	53610	7632	7.024371069
14	64.95	1	64950	7728	8.404503106
15	66.53	0.94	66530	7867	8.456845049
16	73.45	7.35	73450	7963	9.223910586
17	72.23	6.33	72230	7752	9.317595459
18	64.26	0.66	64260	7889	8.145519077
19	62.67	8.48	62670	8040	7.794776119
20	67.05	1.5	67050	7892	8.495945261
21	62.29	3.21	62290	7963	7.822428733
22	60.79	8.12	60790	7707	7.887634618
23	67.52	1.89	67520	8120	8.315270936
24	55.69	2.68	55690	8026	6.938699228
25	61.3	0.16	61300	7848	7.810907238
26 dup 25	64.04	0.71	64040	7848	8.21025641
27dup 24	79.28	1.97	79280	8026	10.16410256
				<b>Promedio=</b>	<b>8.190092968</b>
				<b>Desv.Est=</b>	<b>0.766</b>
				<b>Prom. Geom=</b>	<b>8.15</b>

MEDIA ARITMETICA  $X = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n$

MEDIA GEOMETRICA  $X = (a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \dots \cdot a_n)^{1/n}$

# DATOS DE LOS DOSIMETROS DE CaSO₄:Dy+PTFE EN LA DEL. ALVARO OBREGON

$$L_{scx} = ((8.19 + (2.12 * 0.945))) = 10.19$$

$$L_{icx} = ((8.19 - (2.12 * 0.945))) = 6.18$$

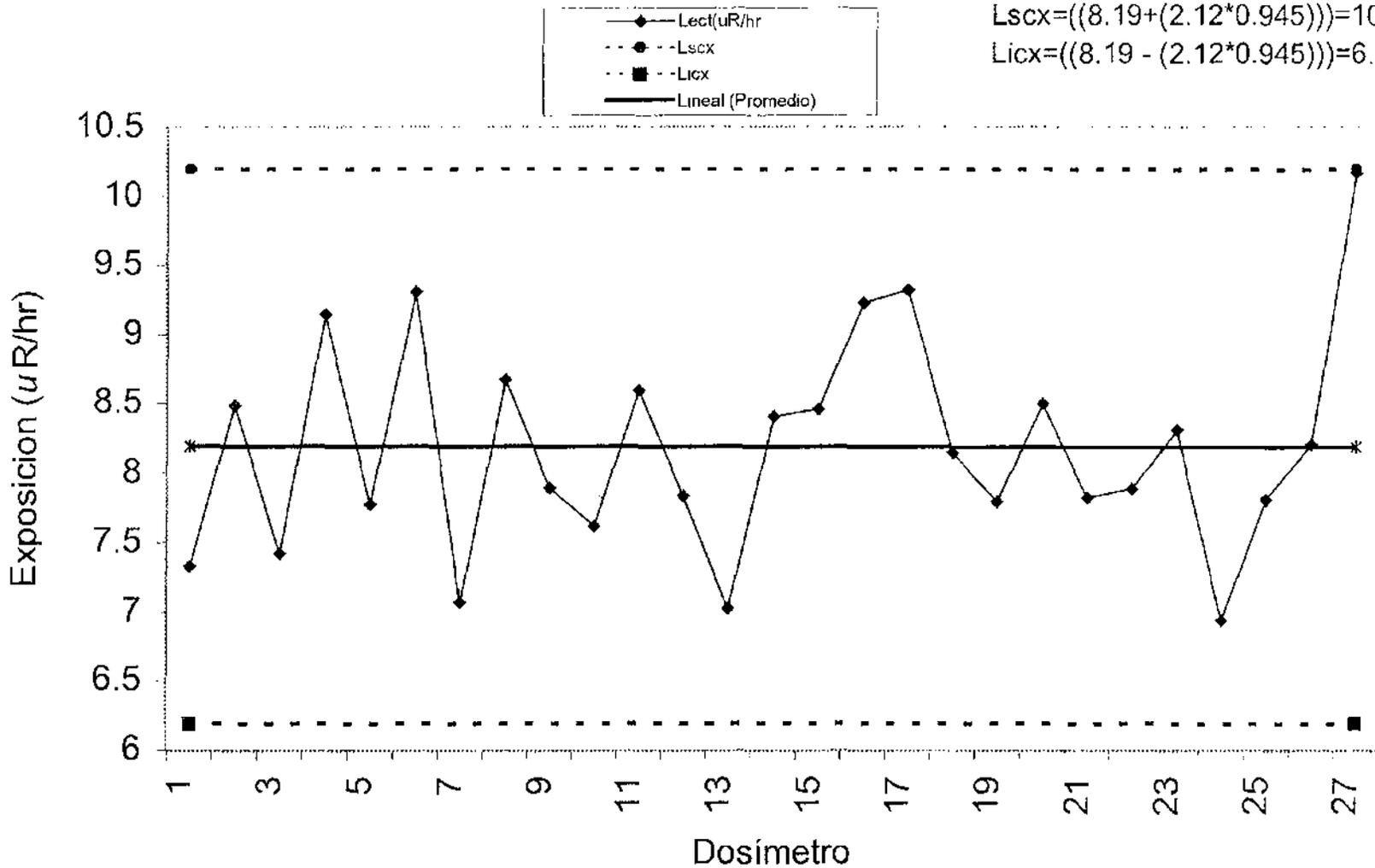


Gráfico 1

PROGRAMA EPERMDB PARA CALCULAR LAS CONCENTRACIONES DE RADON EN LA DELEGACIÓN ALVARO OBREGÓN.

Simbolo de MS-DOS - EPERMDB

Auto

EPERM DATA ENTRY FORM

Serial Number : 1 Date:

Customer Name :  
 St Address :  
 City, St, Zip :

Test Address :  
 Street :  
 City, St, Zip :

Analyst :  
 Electret # :

E-PERM Location:  
 BG (micro R/hr) : 10.0

Radon Conc. :

INITIAL Voltage: Time: Hr-Mn Date: mm/dd/yy  
 FINAL Voltage: Time: Hr-Mn Date: mm/dd/yy

F1: Help ESC: Clear F2: Clear All F3: Save F4: Radon Conc. F10: Main Menu

Inicio Simbolo de M... 1:49 AM

Figura 7

## 5.2 Cálculo de las concentraciones de radón.

Para conocer las concentraciones de radón se empleó la siguiente ecuación, en la cual tenemos necesariamente que conocer los siguientes datos para poder utilizarla

1. El voltaje inicial y final de los electretos (I,F)
2. El periodo de exposición. (D)
3. El fondo gamma ambiental. (pCi/L).
4. El factor de calibración. (CF)

Conocidos estos datos el programa que calcula la concentración de radón en la forma siguiente:

$$\text{Concentración de radón} = ((I-F) / (CF * D)) - BG$$

Así el factor de calibración se obtiene de:

$CF = a + b * MPV$ , a,b son constantes para cada tipo de configuración cámara-electreto de largo plazo en cámara

L (configuración LLT).

$a = 0.02723$

$b = 0.000012795$

$MPV = (V_1 + V_2) / 2$

$BG = 8.19 \mu R/h$  (ver tabla 5.1)

Una vez conociendo los datos anteriores podemos calcular las concentraciones de radón.

Para facilitar la forma de hacer este cálculo se recurrió a un programa de cómputo que funciona en modo MS-DOS que se llama EPERMDB (Ver figura 7) con el cual una vez conociéndose los datos necesarios para alimentar a la base de datos se obtienen los mismos datos que el ejemplo para la casa número 23 que veremos a continuación:

Para demostrar la efectividad del programa se da un ejemplo:

Conociendo los datos siguientes:

$$V_1=632$$

$$V_2=606$$

$$D=325 \text{ días}$$

$$CF=0.02723 + .000012795 * (632+606)/2 = 0.35150105V/pCi/L - \text{ día}$$

$$\text{Concentración de Radón} = (632-606)/(325 * 0.35150) - 0.9 = 1.3 \text{ pCi/L}$$

Así utilizando este programa se realizaron todos los cálculos pero además se hizo una corrección por altura ya que la de la ciudad de Delegación Alvaro Obregón corresponde en promedio a 2520 msnm y se tiene un factor por corrección de 1.39; entonces si multiplicamos el valor de  $1.3 * 1.39$  nos da un valor de 1.80 Pci/l.

Factor de corrección debido a la altura para las cámaras utilizadas.

Tabla 5.2

Altura en metros	Factor de corrección para la Cámara "S"	Factor de corrección para la Cámara "L"	Factor de corrección para la Cámara "H"
0.00	1.0	1.0	1
325	1.0	1.05	1
650	1.0	1.09	1
975	1.0	1.14	1
1300	1.03	1.18	1
1625	1.09	1.22	1
1950	1.15	1.28	1
2275	1.21	1.33	1
2600	1.27	1.39	1

La tabla 5.3 muestra las concentraciones de radón que se obtuvieron en las 25 casas monitoreadas durante un año que transcurrió de la fecha del mes de Enero del año 1999 al mes de Enero del año 2000.

De los datos aquí presentados determinamos la concentración promedio que fue de  $128.13 \text{ Bq/m}^3$ , con una desviación estándar de  $110.15 \text{ Bq/m}^3$ , una media geométrica de  $92.73 \text{ Bq/m}^3$  el valor más alto que se obtuvo fue de  $469 \text{ Bq/m}^3$ , y el menor valor que se obtuvo fue de  $22.2 \text{ Bq/m}^3$ . Gráfico No.3

Por lo que respecta a los errores en los duplicados tenemos que los errores varían de 0% hasta un 50% de error teniendo que el promedio de error de los duplicados fue de 24.44%.

En la casa donde se obtuvo el valor más alto se encontraron ciertas características que así lo favorecieron, una de ellas y que fue sin duda la más relevante es que prácticamente todo el día se mantiene cerrada dicha vivienda ya que las actividades de la familia que la habita así lo disponen, además de que las paredes no están cubiertas con aplanado o algún material es decir las paredes solo son de ladrillo por eso el aumento en la concentración del gas radón, así también pueden intervenir otros factores tales como el frío que hacen que las concentraciones aumenten en la atmósfera en comparación con otras viviendas en las cuales la forma de colocar las cámaras fue la misma de un metro sobre del nivel del piso y procurando siempre evitar campos magnéticos con el fin de no alterar las lecturas.

El gráfico No.2 muestra el histograma de frecuencias. Aquí podemos observar claramente que en el intervalo de  $22.2-133.2 \text{ (Bq/m}^3)$  se tiene un 72%, quiere decir que la mayoría se encuentra por debajo de los niveles que marca la EPA, cuyos valores son:  $4 \text{ pCi/L (148 Bq/m}^3)$  y por lo que respecta a los demás intervalos no rebasan las normas que son aceptables por la comunidad europea excepto en un caso.

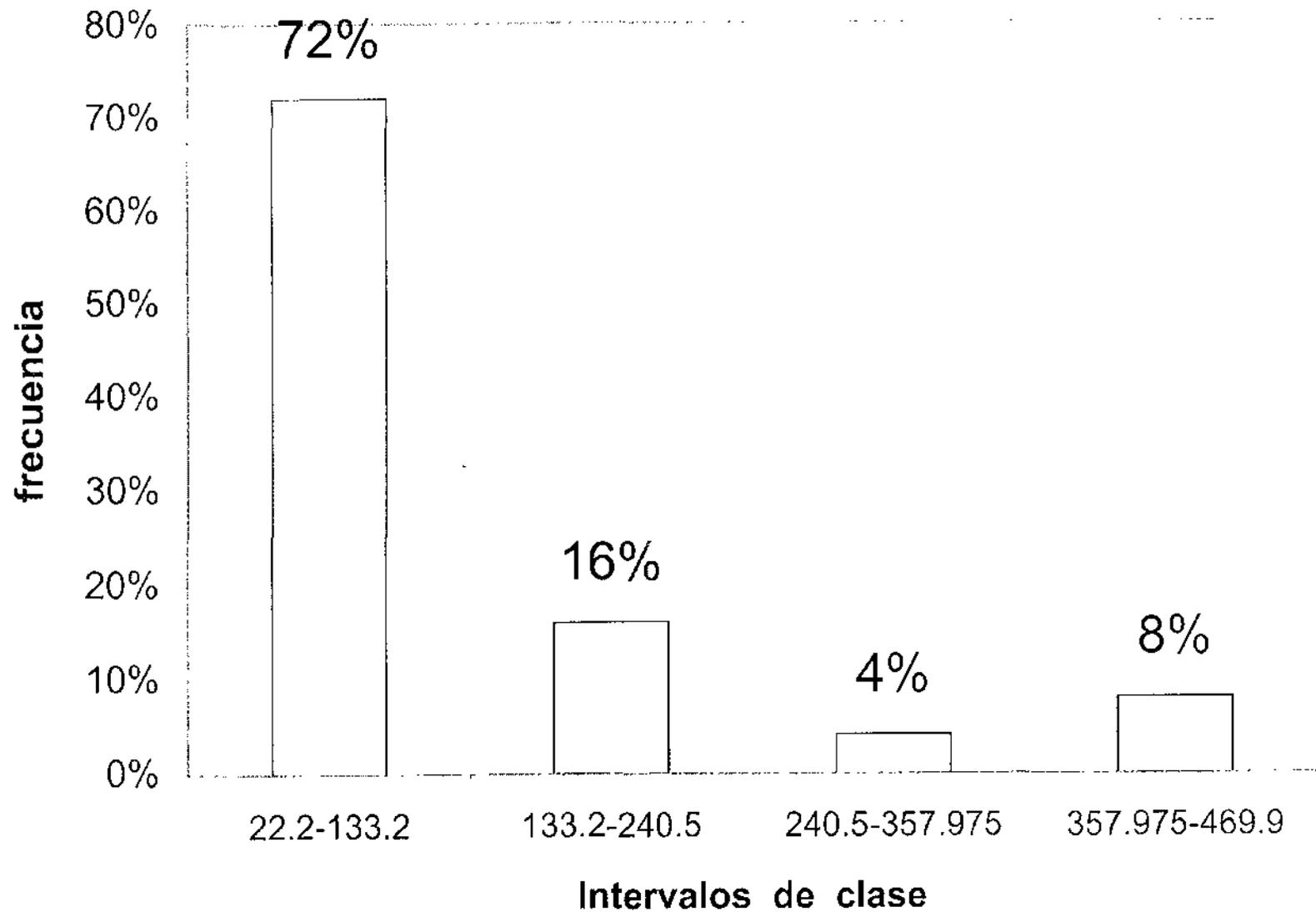
Tabla 5.3

Datos obtenidos luego de hacer los cálculos correspondientes para conocer las concentraciones de radón.

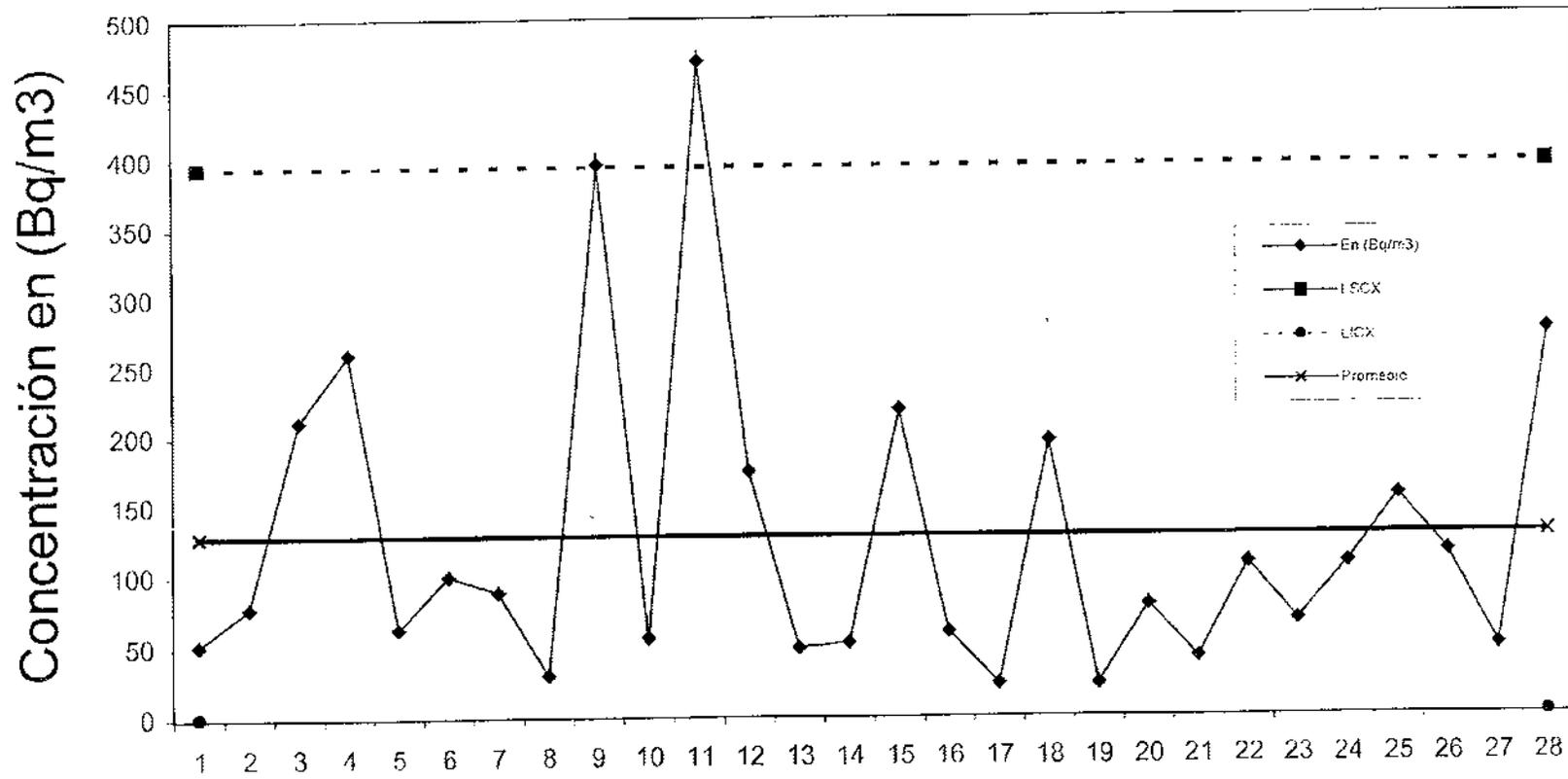
Casa	Concentración de radón en pCi/l	Concentración de radón en Bq/m ³
1	1.4	51.8
2	2.1	77.7
3	5.7	210.9
4	7	259
5	1.7	62.9
6	2.7	99.9
7	2.4	88.8
8	0.8	29.6
9	10.7	395.9
10	1.5	58.09
11	12.7	469.9
12	4.7	173.9
13	1.3	48.1
14	1.4	51.8
15	5.9	218.3
16	1.6	59.2
17	0.6	22.2
18	5.3	196.1
19	0.6	22.2
20	2.1	77.7
21	1.1	40.7
22	2.9	107.3
23	1.8	66.6
24	2.9	107.3
25	4.2	155.4
Promedio =		128.138 Bq/m ³
Desviación Estándar =		110.150 Bq/m ³
Med. Geometr =		92.73

Radón	Lectura	Promedio	%ERROR
Dup. de 1	107.3	$(107.3-51.8)/2 = 79.55$	$(107.3-79.55)/79.55 * 100 = 34.88\%$
Dup. de 3	273.8	$(273.8-210.9)/2 = 242.35$	$(273.8-242.35)/242.35 * 100 = 12.9\%$
Dup. de 14	48.1	$(48.1+48.1)/2 = 48.1$	$(48.8-48.1)/48.1 * 100 = 0\%$
Dup. de 15	155.4	$(51.8+155.4)/2 = 103.6$	$(155.4 - 103.6)/103.6 * 100 = 50\%$

**Histograma de frecuencias para el radón utilizando la cámara "L"**



# Concentración de Radón



Casa  
Gráfico No.3

### 5.2.1 Estimación de errores.

Los electretos son recomendados para su uso entre voltajes que van de 750 a 200 V. Esto porque la colección de iones por electret con voltajes menores a 200V muestran baja eficiencia y la multiplicación de electrones puede ocurrir con electretos por arriba de 750V. Este intervalo establece el rango dinámico de la concentración de Rn integrada (pCi/L-día) que cada tipo de e-PERM puede medir.

Estimación de errores:

Existen tres tipos de errores en los monitoreos de radón.

1. Error ( $E_1$ ) esta asociado con el volumen de la cámara, espesor del electret y otros parametros de la cámara. Este ha sido experimentalmente medido y es cercano a 5%.

$$(E_1) = \pm 0.05 * ((V_1 - V_2) / (CF * T))$$

2. Error ( $E_2$ ) este error esta asociado a la lectura de los electrets. Aquí puede existir una incertidumbre del volumen en la lectura inicial y final y esta representado por:

$$E_2 = \pm 1.4 / (CF * T)$$

3. Error ( $E_3$ ), esta asociado con la radiación gamma natural de fondo, esta es conocida con una incertidumbre del 10%. EL error de concentración es  $E_3$  es resultado de esta incertidumbre y es:

$$E_3 = 0.10 * BG * D$$

donde D= un factor de conversión para una concentración de Rn equivalente en unidades de Bq/m³ por pCi/L y BG es la radiación gamma de fondo en pCi/L, el error global se calcula así:

$$E_T = ((E_1)^2 + (E_2)^2 + (E_3)^2)^{1/2}$$

Tabla 5.4 Errores asociados al EPERM en relación a los datos obtenidos en la delegación Alvaro Obregón

T(días)	V1	V2	E1	E2	E3	ET (%)
334.42	517	490	4.44214	4.61E+00	3.6334	7.35
331.79	534	499	0.24065	4.62E+00	3.6334	5.88
324.67	631	555	0.51909	4.59E+00	3.6334	5.87
331.79	375	291	0.62034	4.96E+00	3.6334	6.18
331	564	534	0.20427	4.58E+00	3.6334	5.84
328	491	451	0.28305	4.76E+00	3.6334	5.99
322	423	386	0.27365	4.97E+00	3.6334	6.16
322	617	597	0.13703	4.60E+00	3.6334	5.86
327.79	579	449	0.90559	4.68E+00	3.6334	5.99
327	627	598	0.19527	4.52E+00	3.6334	5.8
327	506	358	1.06637	4.84E+00	3.6334	6.14
331.79	520	456	0.44481	4.67E+00	3.6334	5.93
325	442	418	0.17412	4.88E+00	3.6334	6.08
318	505	479	0.18825	4.87E+00	3.6334	6.07
327	573	496	0.53357	4.66E+00	3.6334	5.93
322	518	489	0.20647	4.78E+00	3.6334	6.01
329.17	477	430	0.33363	4.77E+00	3.6334	6
324.67	466	418	0.34699	4.86E+00	3.6334	6.07
328.71	560	230	2.39983	4.89E+00	3.6334	6.54
323	561	527	0.23768	4.70E+00	3.6334	5.94
321.13	468	446	0.15986	4.88E+00	3.6334	6.08
318	487	358	0.95932	5.00E+00	3.6334	6.25
324.67	590	558	0.22009	4.62E+00	3.6334	5.88
335	594	548	0.30696	4.48E+00	3.6334	5.77
327	616	558	0.39419	4.57E+00	3.6334	5.84

Para la muestra No.1 se tienen los siguientes datos:

T(días)	V1	V2	CF	BG
334.42	692	686	0.000909 VBq/m ³ *d	0.982pCi/L

$$E1 = \left( (0.05) * \frac{(517-490)}{9.09e-4 * 334.42} \right) = 4.44$$

El error fraccional asociado con la diferencia de las dos lecturas de voltaje es:

$$E2 = \frac{1.4}{9.09e-4 * 334.42} = 4.61$$

El error E3 asociado a la medida de fondo gamam encontrado con una incertidumbre máxima de 10% así que

$$E3 = 0.10 * 0.982pCi/L * \frac{37Bq/m^3}{1pCi/L} = 3.63E+00$$

Por lo que el error total en la concentración calculada para esta muestra es

$$Et = \sqrt{(4.4)^2 + (4.61)^2 + (3.63)^2} * 0.5 = 7.35E+00$$

En la tabla 5.4 se muestra el error total encontrado por muestra. El máximo % de error encontrado se presentó en la casa No.1 con un error de 7.35, por lo que respecta al % de error mínimo fue en la casa 24 con un error de 5.77 y así finalmente se tiene un error promedio global para EPERM de 6.05%.

En la tabla 5.5 está representados los datos leídos por la unidad muestreadora WL. En esta tabla se muestran los datos obtenidos para 120 horas continuas monitoreadas con y sin intervalos en el extremo, pudiendo verse claramente que los menores valores se obtuvieron entre las 15 y 18 horas, los valores más altos se leyeron durante la madrugada hasta las 8 horas pudiéndose observar en el gráfico No. 4.

En la tabla 5.6 se tienen los 12 datos que se obtuvieron para las doce casas monitoreadas en la delegación Alvaro Obregón, en esta tabla de los descendientes del radón en WL, se dan resultados de rango, promedio de X, Promedio de r, con y sin intervalos en el extremo, además también están los resultados de la desviación estándar y la varianza, estos datos son indispensables para calcular el factor de equilibrio

Tabla 5.3 Datos obtenidos en la medida de los descendientes del radón durante 120 horas

Número	Hora	Conc(WL)	Número	Hora	Conc(WL)	Número	Hora	Conc(WL)
0	06:00	6.16E-04	51	09:00	2.09E-03	102	12:00	1.77E-03
1	07:00	1.21E-03	52	10:00	1.80E-03	103	13:00	1.45E-03
2	08:00	1.15E-03	53	11:00	1.69E-03	104	14:00	1.07E-03
3	09:00	1.31E-03	54	12:00	1.39E-03	105	15:00	1.13E-03
4	10:00	1.26E-03	55	13:00	1.37E-03	106	16:00	1.42E-03
5	11:00	1.07E-03	56	14:00	1.29E-03	107	17:00	1.18E-03
6	12:00	1.23E-03	57	15:00	1.07E-03	108	18:00	9.38E-04
7	13:00	1.10E-03	58	16:00	7.50E-04	109	19:00	1.37E-03
8	14:00	1.07E-03	59	17:00	8.84E-04	110	20:00	1.15E-03
9	15:00	4.56E-04	60	18:00	9.65E-04	111	21:00	1.26E-03
10	16:00	6.43E-04	61	19:00	1.02E-03	112	22:00	1.37E-03
11	17:00	6.16E-04	62	20:00	9.65E-04	113	23:00	1.26E-03
12	18:00	1.04E-03	63	21:00	9.38E-04	114	00:00	1.66E-03
13	19:00	8.57E-04	64	22:00	9.38E-04	115	01:00	1.61E-03
14	20:00	7.23E-04	65	23:00	1.29E-03	116	02:00	1.55E-03
15	21:00	6.97E-04	66	00:00	1.02E-03	117	03:00	2.36E-03
16	22:00	8.04E-04	67	01:00	9.38E-04	118	04:00	2.22E-03
17	23:00	9.38E-04	68	02:00	1.21E-03	119	05:00	2.92E-03
18	00:00	1.34E-03	69	03:00	1.15E-03	120	06:00	1.45E-03
19	01:00	1.39E-03	70	04:00	1.55E-03	121	6:30:00 AM	1.29E-03
20	02:00	1.29E-03	71	05:00	1.63E-03	122	07:00	1.29E-03
21	03:00	2.22E-03	72	06:00	2.12E-03	123	07:30	1.02E-03
22	04:00	1.80E-03	73	07:00	1.93E-03	124	08:00	8.57E-04
23	05:00	1.82E-03	74	08:00	2.28E-03	125	08:30	7.50E-04
24	06:00	2.04E-03	75	09:00	1.82E-03	126	09:00	3.22E-04
25	07:00	1.80E-03	76	10:00	1.63E-03	127	09:30	5.36E-04
26	08:00	1.80E-03	77	11:00	1.29E-03			
27	09:00	2.04E-03	78	12:00	1.02E-03			
28	10:00	1.45E-03	79	13:00	1.18E-03			
29	11:00	1.31E-03	80	14:00	9.11E-04			
30	12:00	1.69E-03	81	15:00	1.58E-03			
31	13:00	1.82E-03	82	16:00	8.31E-04			
32	14:00	1.37E-03	83	17:00	9.11E-04			
33	15:00	1.21E-03	84	18:00	9.11E-04			
34	16:00	1.13E-03	85	19:00	5.89E-04			
35	17:00	8.31E-04	86	20:00	1.02E-03			
36	18:00	1.23E-03	87	21:00	9.65E-04			
37	19:00	1.26E-03	88	22:00	6.70E-04			
38	20:00	1.23E-03	89	23:00	1.23E-03			
39	21:00	1.39E-03	90	00:00	1.45E-03			
40	22:00	7.23E-04	91	01:00	1.61E-03			
41	23:00	1.26E-03	92	02:00	1.55E-03			
42	00:00	9.65E-04	93	03:00	2.04E-03			
43	01:00	1.42E-03	94	04:00	2.44E-03			
44	02:00	1.72E-03	95	05:00	2.41E-03			
45	03:00	1.98E-03	96	06:00	2.28E-03			
46	04:00	2.04E-03	97	07:00	2.17E-03			
47	05:00	2.14E-03	98	08:00	2.55E-03			
48	06:00	2.97E-03	99	09:00	2.01E-03			
49	07:00	2.73E-03	100	10:00	1.93E-03			
50	08:00	3.00E-03	101	11:00	1.63E-03			

# Monitoreo continuo por 120 horas para los descendientes del radón en (WL)

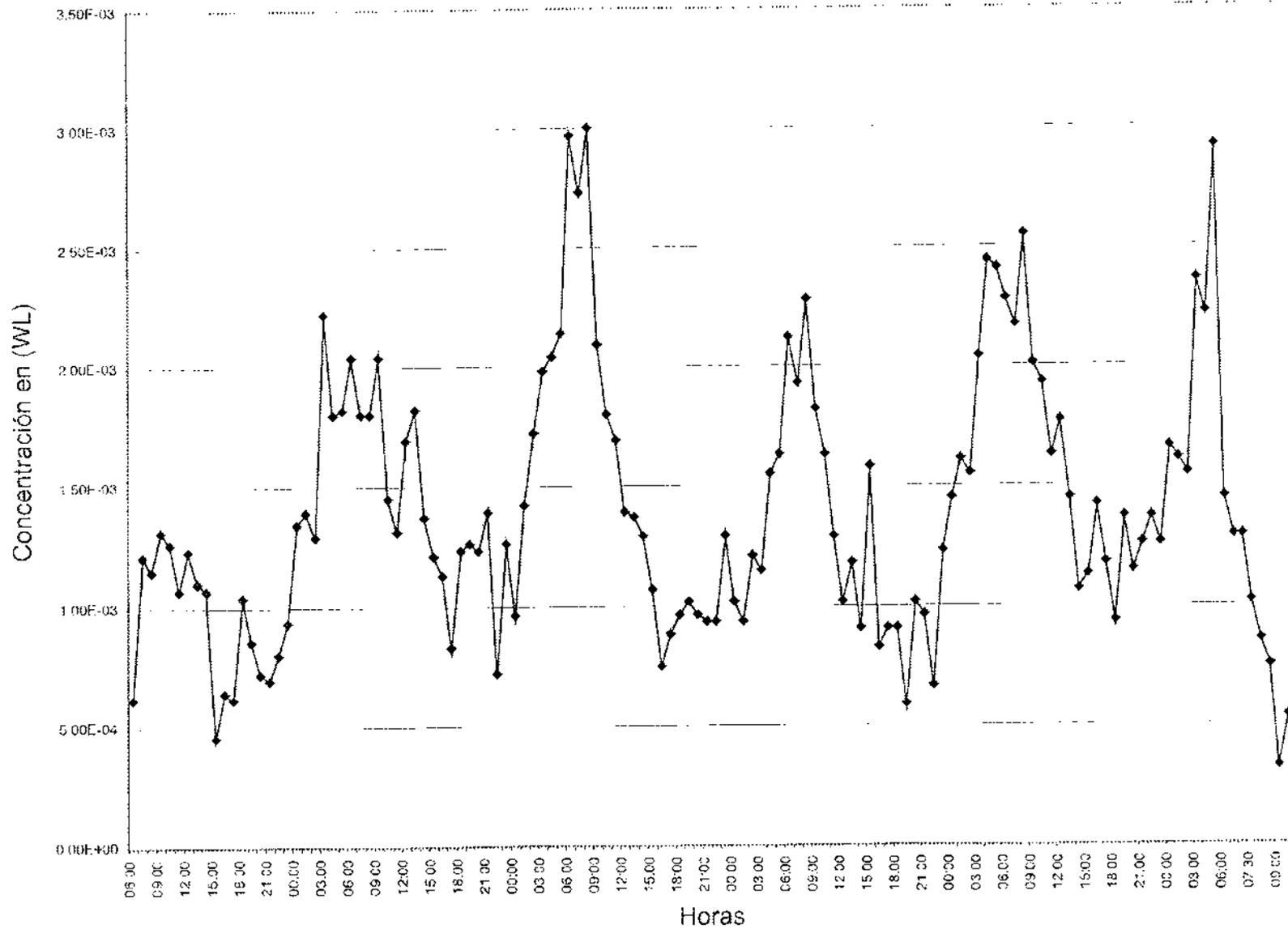


Gráfico. No.4

Tabla 5.4 Conc en WL en las 12 casas monitoreadas para descendientes del radón

Casa	No.1		No.2		No.3		No.4			
	BKG	164E-04	BKG	107E-04	BKG	208E-05	BKG	208E-05		
AVERAGE WL =	149'3M	2'604	AVERAGE WL =	9'82E-03	AVERAGE WL =	3'29E-03	AVERAGE WL =	3'29E-03	(#)	71%
Nota	Lectura	RANGO	Lectura	RANGO	Lectura	RANGO	Lectura	RANGO		
1	6 16E-04		2 60E-03		2 68L-05		1 77E-03			
2	1 21E-03	5 91E-04	2 81E-03	2 10E-04	1 07E-04	8 02E-05	4 05E-03	7 28E-03	# 1	0 0005413
3	1 15E-03	6 00E-05	2 49E-03	3 20E-04	5 36E-05	5 34E-05	3 37E-03	8 80L-04		0 0005436
4	1 31E-03	1 00E-04	2 63F-03	1 40E-04	1 07E-04	5 34F-05	2 81L-03	5 53E-04		
5	1 26E-03	5 00F-05	3 16E-03	5 30E-04	5 38E-04	4 29E-04	1 90L-03	9 10E-04		
6	1 07E-03	1 90E-04	2 55E-03	6 10E-04	1 34E-03	8 04E-04	2 38E-03	4 80E-04	# 2	0 0039722
7	1 23E-03	1 60F-04	2 71E-03	1 80E-04	1 23E-03	1 10E-04	1 34E-03	1 04E-03		0 0039885
8	1 10E-03	1 30E-04	4 56E-03	1 85E-03	1 37E-03	1 40F-04	1 63F-03	2 90E-04		
9	1 07E-03	3 00F-05	8 06E-03	1 50E-03	1 20E-03	8 00F-05	0 00163	0 00E+00		
10	4 56E-04	6 14E-04	8 41E-03	2 35F-03	1 88E-03	5 90E-04	0 00131	3 20E-04	# 3	0 0011651
11	5 43F-04	1 87E-04	1 06E-03	7 35F-03	2 12E-03	7 40E-04	0 00104	2 70E-04		0 0011659
12	6 18E-04	7 70E-05	9 88E-03	8 93E-03	2 05E-03	0 00E-05	0 00120	2 50E-04		
13	1 04E-03	4 24L-04	1 10E-02	1 01E-03	2 69E-03	8 30E-04	0 00123	6 00E-05		
14	6 57E-04	1 83E-04	1 22E-02	1 20E-03	2 14L-03	7 50E-04	0 00137	1 40E-04		
15	7 23E-04	1 34E-04	1 36E-02	1 40E-03	2 60E-03	4 30E-04	0 00126	1 10E-04	# 4	0 0014431
16	6 97E-04	2 80E-05	1 44E-02	8 00E-04	2 60E-03	0 00E+00	0 00111	1 80E-04		0 0014452
17	8 34E-04	1 07E-04	1 30E-02	8 00E-04	2 80L-03	0 00L+00	0 00147	3 70E-04		
18	9 38E-04	1 34E-04	1 42E-02	6 00E-04	3 27E-03	8 70E-04	0 00115	1 20E-04		
19	1 34E-03	4 02E-04	1 31E-02	1 10E-03	3 22L-03	5 00E-05	0 00163	4 80E-04		
20	1 39E-03	5 00E-05	1 35E-02	4 00E-04	2 89E-03	3 30E-04	0 00174	1 10E-04		
21	1 29E-03	1 00E-04	1 33E-02	2 00E-04	2 95E-03	6 00F-05	0 00281	1 07F-03		
22	2 22E-03	9 30E-04	1 26L-02	7 00E-04	3 87E-03	7 20E-04	0 00386	1 05E-03		
23	1 83E-03	4 20L-04	1 53E-02	2 80E-03	3 43E-03	2 40E-04	0 00445	6 40E-04		
24	1 82F-03	2 90E-05	1 60E-02	8 00E-04	3 30F-03	1 30E-04	9 30512	6 20L-04		
25	2 04E-03	2 20E-04	1 56F-02	4 00E-04	3 72E-03	4 20F-04	0 00533	2 10F-04		
26	1 50E-03	2 40E-04	1 71E-02	1 50E-03	3 32F-03	4 00E-04	0 00619	8 80E-04		
27	1 60E-03	0 09F+00	1 56F-02	1 50E-03	3 51E-03	1 80E-04	0 00477	1 42E-03		
28	2 04E-03	2 40E-04	1 54L-02	2 00E-04	3 58F-03	5 10E-05	0 00332	1 45E-03		
29	4 90E-03	5 80E-04	1 33E-02	2 10E-03	3 48E-03	8 30E-05	0 00238	9 80E-04		
30	1 31E-03	1 40E-04	9 18E-03	4 14E-03	4 20E-03	8 10E-04	0 00208	2 80E-04		
31	1 80E-03	3 80E-04	1 07E-02	1 54E-03	3 89E-03	4 00E-04	9 00303	9 40E-04		
32	1 62E-03	1 30E-04	1 02E-02	5 00E-04	3 80E-03	1 00E-04	0 00247	5 60E-04		
33	1 57E-03	4 50E-04	1 05F-02	3 00E-04	4 39E-03	4 00E-04	0 00244	3 00E-05		
34	1 21E-03	1 60E-04	1 04E-02	1 00E-04	4 26E-03	1 30E-04	0 00183	5 10E-04		
35	1 13E-03	8 00E-05	8 33E-03	2 07E-03	4 68E-03	4 00E-04	0 00183	0 00E+00		
36	8 31E-04	7 99E-04	9 11E-03	7 80E-04	4 58L-03	1 00E-04	0 00188	5 00E-05		
37	1 23E-03	3 88E-04	8 28E-03	8 30E-04	4 37E-03	1 90E-04	0 00163	3 50E-04		
38	1 29E-03	3 00E-05	7 90E-03	3 80E-04	4 59E-03	1 80E-04	9 00121	3 20E-04		
39	1 23E-03	3 00E-05	8 80E-03	9 20E-04	4 47E-03	9 00E-05	0 00129	8 00E-05		
40	1 39E-03	1 80E-04	1 03E-02	1 48E-03	5 17E-03	7 00E-04	0 00183	3 40E-04		
41	7 23E-04	6 67E-04	1 12F-02	9 00E-04	4 74E-03	4 30E-04	0 00193	3 00E-04		
42	1 29F-03	5 37F-04	1 12E-03	1 01L-02	5 04E-03	3 00E-04	0 00222	2 80E-04		
43	9 05E-04	2 95E-04	1 35E-02	1 24E-02	5 39E-03	3 50E-04	0 00263	4 10E-04		
44	1 42E-03	4 55E-04	1 55E-02	2 00E-03	4 98E-03	4 10E-04	0 00261	1 80E-04		
45	1 74E-03	3 20L-04	1 47L-02	8 00E-04	5 20E-03	2 20E-04	0 00384	8 30E-04		
46	1 88L-03	2 40E-04	1 84E-02	1 70E-03	4 90E-03	3 00E-04	0 00384	0 00E+00		
47	2 04E-03	8 00E-05	1 73E-02	9 00E-04	4 86E-03	6 00E-05	0 00367	3 00F-05		
48	2 14E-03	1 00E-04	1 70E-02	3 00E-04	4 77L-03	1 80E-04	0 00418	5 10E-04		
49	2 87E-03	8 30E-04	1 75L-02	1 00E-04	3 80E-03	8 70E-04	0 00434	1 60E-04		
50	2 73F-03	2 40E-04	1 56E-02	1 90L-03	4 26E-03	4 80E-04	0 00389	4 50E-04		
51	3 00E-03	2 70L-04	9 40F-03	6 20E-03	4 02E-03	2 40E-04	0 00428	3 70L-04		
52	2 09E-03	9 13E-04	8 28L-03	1 15E-03	4 85F-03	6 30E-04	0 00384	6 20E-04		
53	1 80L-03	2 80E-04	9 14E-03	8 80E-04	4 69E-03	1 80E-04	0 00323	1 34E-03		
54	1 69E-03	1 10E-04	9 10E-05	5 00E-05	4 50F-03	1 90E-04	0 00225	5 00E-05		
55	1 39E-03	3 00E-04	8 65F-03	5 40E-04	4 74E-03	2 40E-04	0 00181	8 40E-04		
56	1 37E-03	2 00E-05	1 05E-02	1 85E-03	5 01E-03	2 70E-04	0 00126	3 50E-04		
57	1 28E-03	8 30L-05	1 02E-02	3 00E-04	4 23E-03	7 80E-04	0 00158	3 20E-04		
58	1 07E-03	2 20E-04	9 06E-03	1 14E-03	4 13L-03	1 00E-04	9 00107	5 10E-04		
59	7 50E-04	3 20E-04	6 40F-03	2 68E-03	4 23E-03	1 00E-04	0 00129	2 20E-04		
60	6 64E-04	1 24E-04	5 52E-03	8 80E-04	4 20E-03	3 00E-05	0 00171	4 20E-04		
61	9 65E-04	8 10E-05	5 04E-03	4 80E-04	4 53E-03	2 40E-04	0 00171	0 00E+00		
62	1 02L-03	5 50E-05	4 80E-03	2 40E-04	4 88E-03	4 60E-04	0 00188	2 70E-04		
63	9 85E-04	6 50E-05	4 93E-05	1 30E-04	4 89F-03	6 00E-05	0 00188	0 00E+00		
64	9 38E-04	2 70E-05	4 89E-03	2 40E-04	3 97E-03	9 30E-04	0 00214	1 60F-04		
65	9 38E-04	0 00E+00	3 91E-05	7 80E-04	4 13E-03	1 60E-04	0 00281	6 70E-04		
66	4 29E-03	3 57E-04	3 86F-03	8 00E-05	3 99E-03	1 40E-04	0 00324	4 30E-04		

$$\sum x^* D + \text{prom.}x.s = \text{Prom.}x.c$$

$$\sum r^* D + \text{Prom.}r.s = \text{Prom.}r.C$$

67	1 02E-03	2 70E-04	4 23E-03	2 40E-04	3 91E-03	8 00E-05	0 30375	5 10L-04
68	9 38E-04	-8 20E-05	4 90E-03	6 70E-04	3 68E-03	5 62E-05	0 30297	7 80E-04
69	1 21E-03	-2 77E-04	5 31E-03	4 10E-04	4 15E-03	2 90E-04	0 30378	8 10E-04
70	1 15E-03	6 00E-05	6 48E-03	1 17E-03	3 05E-03	1 10E-03	0 30362	1 60E-04
71	1 65E-05	4 00E-04	7 77E-03	1 28E-03	3 13L-03	8 00E-05	0 30338	2 40E-04
72	1 63E-03	8 00E-05	8 07E-03	3 02E-04	3 00E-03	1 30E-04	0 0034	4 20E-04
73	2 12L-03	4 00E-04	8 68E-03	6 10E-04	3 75E-03	7 50E-04	0 0034	4 00E-04
74	1 93E-03	1 60E-04	8 19E-03	5 10E-04	3 43E-03	3 20E-04	0 00369	4 90E-04
75	2 28E-03	3 50E-04	5 52E-03	3 67E-03	3 59E-03	1 60E-04	0 00297	8 20E-04
76	1 82E-03	4 60E-04	4 69E-03	7 20E-04	2 81E-03	7 80E-04	0 00198	9 40E-04
77	1 33E-03	1 90E-04	7 15E-03	2 35E-03	2 49E-03	3 20E-04	0 00264	8 60E-04
78	1 29E-03	3 40E-04	8 04E-03	9 90E-04	2 79E-03	3 00E-04	0 00255	2 80E-04
79	1 02E-03	2 70E-04	7 45E-03	5 80E-04	2 84E-03	5 00E-05	0 00188	6 70E-04
80	1 18E-03	1 80E-04	8 47E-03	1 62E-03	3 05E-03	2 10E-04	0 00128	6 20E-04
81	9 11E-04	-2 69E-04	9 32L-03	4 53E-04	2 81E-03	2 40E-04	0 00126	0 00E+00
82	1 58E-03	-6 69E-04	8 65E-03	6 70E-04	3 38E-03	5 70E-04	0 00115	5 00E-05
83	8 31E-04	-7 48E-04	1 01E-02	1 85E-03	2 84E-03	5 40E-04	0 00128	1 40E-04
84	9 11L-04	8 00E-05	1 20E-02	1 70E-03	2 31E-03	3 00E-05	0 00911	7 82E-03
85	9 11E-04	0 00E+00	1 39E-02	1 60E-03	2 89E-03	8 00E-05	0 00192	8 00E-03
86	5 69E-04	3 22E-04	9 30E-03	4 60E-03	3 54L-03	8 50E-04	0 00123	2 10E-04
87	1 02E-03	-4 31E-04	7 88E-03	1 42E-03	2 79E-03	7 50E-04	0 00147	2 40E-04
88	9 66E-04	-5 50E-05	7 58E-03	3 20E-04	3 19E-03	4 00E-04	0 00244	9 70E-04
89	6 70E-04	2 95E-04	7 90E-03	3 40E-04	2 55E-03	9 40E-04	0 00349	1 02E-03
90	1 23E-03	5 60E-04	8 09E-03	1 60E-04	2 60E-03	5 00E-05	0 00327	1 80E-04
91	1 45E-03	2 20E-04	8 04E-03	5 00E-05	2 95E-03	3 50E-04	0 00421	8 40E-04
92	1 01E-03	1 60E-04	7 88E-03	1 60E-04	2 38E-03	5 70E-04	0 00479	8 00E-05
93	1 58E-03	6 00E-05	8 39E-03	5 10E-04	2 38E-03	0 00E+00	0 00568	1 30E-03
94	2 04E-03	4 90E-04	9 09E-03	6 70E-04	2 14L-03	2 40E-04	0 00525	4 30E-04
95	2 44E-03	4 00E-04	1 01E-02	1 04E-03	2 80E-03	4 60E-04	0 00523	0 00E+00
96	2 41E-03	3 00E-05	9 73E-03	3 70E-04	2 52E-03	8 00E-05	0 00496	2 70E-04
97	2 28E-03	1 30E-04	1 06E-02	1 07E-03	2 69E-03	8 00E-05	0 00447	5 10E-04
98	2 17E-03	1 10E-04	8 12L-03	2 68E-03	3 27E-03	6 70E-04	0 00334	1 07E-03
99	2 55L-03	3 80E-04	5 55E-03	2 67E-03	2 84E-03	4 30E-04	0 00287	4 20E-04
100	2 01E-03	5 40E-04	5 90E-03	3 50E-04	2 20E-03	6 40E-04	0 00324	2 70E-04
101	1 93E-03	8 00E-05	6 69E-03	1 08E-03	1 61E-03	5 00E-04	0 00225	9 80E-04
102	1 83E-03	3 00E-04	7 77E-03	7 60E-04	2 04E-03	4 30E-04	0 0026	3 50E-04
103	1 77E-03	1 40E-04	7 53E-03	2 40E-04	2 49E-03	4 50E-04	0 00265	3 50E-04
104	1 45E-03	3 20E-04	7 32E-03	2 10E-04	2 52E-03	3 00E-05	0 0023	6 50E-04
105	1 07E-03	3 80E-04	5 20E-03	2 12E-03	2 22E-03	3 00E-04	0 00183	6 70E-04
106	1 13E-03	6 00E-05	4 77E-03	4 38E-04	2 87E-03	6 50E-04	0 00188	2 50E-04
107	1 42E-03	2 80E-04	4 88E-03	1 10E-04	2 57E-03	3 00E-04	0 00115	3 20E-04
108	1 16E-03	2 40E-04	5 41E-03	5 30E-04	2 89E-03	3 20E-04	0 00138	2 10E-04
109	9 38E-04	2 42E-04	5 31E-03	1 00E-04	2 25E-03	5 40E-04	0 00142	3 00E-05
110	1 37E-03	4 32E-04	5 87E-03	5 60E-04	2 38E-03	1 30E-04	0 00145	3 00E-05
111	1 15E-03	2 20E-04	5 84E-03	3 00E-05	2 84E-03	4 60E-04	0 00174	2 80E-04
112	1 28E-03	1 10E-04	5 98E-03	1 60E-04	2 65E-03	1 60E-04	0 00212	3 80E-04
113	1 37L-03	1 10E-04	6 51E-03	8 30E-04	2 26E-03	3 70E-04	0 00284	7 20E-04
114	1 28E-03	1 10E-04	6 27L-03	2 40E-04	2 49E-03	2 10E-04	0 00453	1 89E-03
115	1 60E-03	4 60E-04	6 89E-03	6 20E-04	2 67E-03	1 80E-04	0 00498	4 30E-04
116	1 61E-03	5 00E-05	8 25E-03	1 38E-03	2 63E-03	4 00E-05	0 00549	5 30E-04
117	1 55E-03	-6 00E-05	8 82E-03	5 70E-04	2 33E-03	3 00L-04	0 00584	3 50E-04
118	2 36E-03	8 10E-04	9 81E-03	9 80E-04	2 52E-03	1 60E-04	0 00584	0 00E+00
119	2 22L-03	1 40E-04	1 14E-02	1 58E-03	2 28E-03	2 40E-04	0 00584	0 00E+00
120	2 82E-03	7 00E-04	1 19E-02	3 00E-04	2 49E-03	2 10E-04	0 00584	0 00E+00
SUMA	1,75E-01	2,45E-02	1,18E+00	1,54E-01	3,94E-01	3,86E-02	1,34E+00	7,72E-02
PROMEDIO	1,46E-03	2,06E-04	9,82E-03	1,29E-03	3,29E-04	3,23E-04	1,54E-02	5,98E-04

Intervalo en el extremo

121	1 45E-03	---	8 20E-03	-----	2 41E-03	-----	5 20E-03	-----
121 30 00	1 29E-03	1,60E-04	4 98E-03	3 22E-03	1 29E-03	1 21E-03	3 16E-03	2 04E-03
122	1 29E-03	0 00E+00	3 80E-03	1 18E-03	1 53E-03	2 70E-04	2 30E-03	8 80E-04
122 30 00	1,02E-03	2 70E-04	3 38E-03	4 20E-04	1,42E-03	1,19E-04	2 08E-03	2 10E-04
123	8 67E-04	1,83E-04	2 95E-03	4 30E-04	1 09E-03	2 70E-04	1 34E-03	7 50E-04
123 30 00	7 50E-04	1,07E-04	2 57E-03	3 80E-04	1 47E-03	2 20E-04	1 13E-03	2 10E-04
124	3,22E-04	4 26E-04	2 03E-03	6 00E-05	1 21E-03	2 80E-04	1,02E-03	1 10E-04
124 30 00	5 36E-04	2 14E-04	2,41E-03	2 20E-04	1 53E-03	3 20E-04	1,02E-03	0 00E+00
x			x		x		x	
f			f		f		f	
SUMA	7,52E-03	1,34E-03	3,09L-02	5,91L-03	1,26E-02	2 66E-03	1,73E-02	4,18E-03

Para el intervalo en el extremo

D=(B/A8)

S=2 426982

# 5			# 6			# 7			# 8		
DRG	64MF-05		DRG	630E-05		DRG	630E-05		DRG	630E-05	
AVERAGE WL-	1.14E-03 (17) 7.16K		AVERAGE WL-	1.06E-03	(17) 3.08	AVERAGE WL-	1.02E-03 (17) 3.10		AVERAGE WL-	1.14E-03 (17) 2.45K	
Hora	Lectura	RANGO	Lectura	RANGO		Lectura	RANGO		Lectura	RANGO	
1	5.30E-05		2.14E-04			3.22E-04			4.02E-04		
2	2.85E-04	2.41E-04	3.46E-04	1.34E-04		6.87E-04	3.75E-04		1.31E-03	8.08E-04	# 5
3	6.38E-04	6.43E-04	4.55E-04	1.08E-04		9.81E-04	7.84E-04		1.63E-03	3.20E-04	0.0005979
4	1.15E-03	2.12E-04	5.09E-04	5.30E-05		1.15E-03	1.56E-04		1.50E-03	1.30E-04	0.0005005
5	1.13E-03	2.00E-05	7.23E-04	2.14E-04		1.37E-03	2.20E-04		1.15E-03	3.50E-04	
6	8.84E-04	2.46E-04	5.36E-04	1.87E-04		1.63E-03	2.80E-04		1.15E-03	0.03E+00	# 6
7	1.15E-03	2.66E-04	5.83E-04	2.70E-05		1.71E-03	8.00E-05		0.70E-04	4.80E-04	0.0097058
8	4.59E-04	6.94E-04	6.16E-04	5.30E-05		1.47E-03	2.40E-04		7.77E-04	1.07E-04	
9	6.18E-04	1.80E-04	5.09E-04	1.07E-04		1.80E-03	3.30E-04		6.70E-04	1.07E-04	
10	6.18E-04	0.00E+00	7.50E-04	2.41E-04		1.47E-03	3.30E-04		1.13E-03	4.60E-04	# 7
11	3.22E-04	2.94E-04	7.77E-04	2.70E-05		1.71E-03	2.40E-04		0.91E-04	1.38E-04	0.0005933
12	5.36E-04	2.14E-04	4.29E-04	3.48E-04		1.77E-03	6.00E-05		6.91E-04	0.00E+00	
13	5.38E-04	0.00E+00	5.09E-04	6.00E-05		1.63E-03	1.40E-04		4.82E-04	6.09E-04	
14	7.23E-04	1.87E-04	5.63E-04	5.40E-05		1.07E-03	5.60E-04		7.23E-04	2.41E-04	
15	5.36E-04	1.87E-04	4.82E-04	8.10E-05		1.53E-03	4.80E-04		5.36E-04	1.87E-04	# 8
16	6.11E-04	3.75E-04	5.89E-04	1.07E-04		1.71E-03	1.80E-04		7.77E-04	2.41E-04	0.0004538
17	9.65E-04	5.40E-05	5.09E-04	6.00E-05		1.93E-03	2.20E-04		9.11E-04	1.34E-04	0.0034557
18	1.23E-03	2.65E-04	4.58E-04	6.30E-05		1.98E-03	5.00E-05		8.57E-04	6.40E-05	
19	1.02E-03	2.10E-04	4.02E-04	5.40E-05		2.22E-03	2.40E-04		8.84E-04	2.70E-05	
20	9.11E-04	1.03E-04	4.02E-04	0.00E+00		2.71E-03	4.90E-04		9.38E-04	5.40E-05	
21	2.01E-03	1.10E-03	6.70E-04	2.88E-04		2.44E-03	2.70E-04		1.16E-03	2.42E-04	
22	1.86E-03	3.50E-04	4.02E-04	2.88E-04		2.44E-03	5.00E-05		1.51E-03	4.30E-04	
23	1.35E-03	1.90E-04	5.36E-04	1.34E-04		2.81E-03	3.20E-04		1.47E-03	1.40E-04	
24	1.80E-03	5.00E-05	6.43E-04	1.07E-04		3.08E-03	2.70E-04		1.45E-03	2.00E-05	
25	1.93E-03	1.80E-04	6.70E-04	2.70E-05		3.67E-03	6.90E-04		1.80E-03	3.50E-04	
26	2.38E-03	4.00E-04	4.82E-04	1.88E-04		3.58E-03	8.00E-05		1.98E-03	1.80E-04	
27	2.76E-03	4.10E-04	6.43E-04	1.51E-04		3.38E-03	2.10E-04		2.71E-03	7.30E-04	
28	2.36E-03	4.30E-04	5.89E-04	5.40E-05		2.78E-03	8.20E-04		2.17E-03	5.40E-04	
29	2.90E-03	2.40E-04	5.89E-04	0.00E+00		2.81E-03	5.00E-05		1.85E-03	3.20E-04	
30	1.50E-03	1.10E-03	6.43E-04	5.40E-05		2.83E-03	1.80E-04		1.18E-03	6.70E-04	
31	1.58E-03	6.00E-05	6.16E-04	2.70E-05		2.60E-03	3.00E-05		1.18E-03	0.03E+00	
32	2.25E-03	7.00E-04	4.82E-04	1.34E-04		2.22E-03	3.80E-04		1.28E-03	8.00E-05	
33	1.63E-03	3.20E-04	6.97E-04	2.15E-04		2.44E-03	2.20E-04		1.47E-03	2.10E-04	
34	2.04E-03	1.10E-04	5.63E-04	1.34E-04		2.38E-03	8.00E-05		1.23E-03	1.80E-04	
35	2.14E-03	1.00E-04	5.63E-04	0.00E+00		1.68E-03	6.70E-04		1.51E-03	3.20E-04	
36	1.74E-03	4.00E-04	6.57E-04	2.84E-04		1.86E-03	3.00E-05		1.55E-03	6.00E-05	
37	1.47E-03	2.70E-04	9.65E-04	1.06E-04		2.30E-03	6.40E-04		1.28E-03	2.80E-04	
38	1.63E-03	1.60E-04	5.36E-04	4.29E-04		1.68E-03	7.20E-04		1.28E-03	3.00E-05	
39	1.21E-03	4.70E-04	5.09E-04	2.70E-05		1.96E-03	3.80E-04		1.34E-03	5.00E-05	
40	1.98E-03	7.70E-04	5.83E-04	5.40E-05		1.82E-03	1.40E-04		1.50E-03	1.60E-04	
41	1.50E-03	4.80E-04	9.38E-04	3.75E-04		1.35E-03	4.30E-04		1.29E-03	2.10E-04	
42	1.42E-03	8.00E-05	5.09E-04	4.29E-04		1.37E-03	2.00E-05		9.65E-04	3.25E-04	
43	1.88E-03	2.40E-04	6.43E-04	1.34E-04		1.47E-03	1.00E-04		1.68E-03	6.85E-04	
44	1.21E-03	4.50E-04	8.87E-04	5.40E-05		1.98E-03	5.10E-04		1.37E-03	2.80E-04	
45	1.61E-03	4.00E-04	6.16E-04	8.10E-05		1.90E-03	6.00E-05		1.77E-03	4.00E-04	
46	2.04E-03	4.30E-04	6.43E-04	2.70E-05		1.68E-03	6.00E-05		1.83E-03	1.40E-04	
47	1.28E-03	7.50E-04	9.11E-04	2.88E-04		2.36E-03	3.80E-04		1.47E-03	1.60E-04	
48	1.53E-03	2.40E-04	6.04E-04	1.07E-04		1.63E-03	7.30E-04		1.42E-03	5.00E-05	
49	1.98E-03	4.30E-04	1.13E-04	6.91E-04		2.41E-03	7.80E-04		1.08E-03	2.40E-04	
50	1.65E-03	4.10E-04	1.31E-04	1.80E-06		3.68E-03	6.70E-04		2.14E-03	4.80E-04	
51	1.80E-03	3.50E-04	9.65E-04	6.34E-04		2.68E-03	4.00E-04		2.47E-03	3.30E-04	
52	2.04E-03	1.40E-04	7.23E-04	2.42E-04		2.71E-03	3.00E-05		1.98E-03	4.80E-04	
53	1.71E-03	3.30E-04	6.70E-04	5.30E-05		3.19E-03	4.80E-04		2.22E-03	2.40E-04	
54	1.71E-03	0.00E+00	9.81E-04	3.21E-04		2.49E-03	7.00E-04		2.06E-03	1.60E-04	
55	1.88E-03	5.00E-05	9.11E-04	8.00E-05		1.63E-03	6.80E-04		1.50E-03	6.80E-04	
56	1.50E-03	1.60E-04	7.23E-04	1.88E-04		1.68E-03	2.70E-04		1.18E-03	3.20E-04	
57	1.45E-03	5.00E-05	1.13E-04	5.10E-04		1.61E-03	2.88E-04		1.23E-03	8.00E-05	
58	1.53E-03	8.00E-05	5.09E-04	5.37E-04		1.47E-03	1.40E-04		1.21E-03	5.00E-05	
59	1.31E-03	2.20E-04	7.23E-04	2.70E-05		1.77E-03	3.00E-04		1.15E-03	8.00E-05	
60	1.80E-03	4.90E-04	9.38E-04	2.15E-04		1.10E-03	6.70E-04		1.23E-03	8.00E-05	
61	1.31E-03	4.80E-04	8.31E-04	1.07E-04		1.04E-03	6.00E-05		1.81E-03	3.80E-04	
62	1.13E-03	1.80E-04	5.89E-04	2.42E-04		1.26E-03	2.20E-04		1.42E-03	1.80E-04	



Casa	No 9	1 2E-03 (+) 2 51%		No 10	1 6E-03 (+) 2 36%		No 11	1 5E-03 (+) 2 60%		No 12	1 3E-03 (+) 2 57%	
AVERAGE WL- Hora	Lectura	RANGO		AVERAGE WL- Lectura	RANGO		AVERAGE WL- Lectura	RANGO		AVERAGE WL- Lectura	RANGO	
1	8 31E-04			5 88E-04			4 02E-04			5 08E-04		
2	1 07E-03	2 39E-04		1 28L-03	7 01E-04		6 70E-04	2 68E-04		7 50L-04	2 41F-04	# 9
3	1 96L-03	6 20E-04		1 47E-03	1 86E-04		7 23E-04	5 30E-05		9 38E-04	1 88E-04	
4	1 23E-03	4 60E-04		1 47E-03	0 00E-00		0 97E-04	2 60E-05		1 39E-03	4 52E-04	
5	1 34E-03	7 01E-04		1 15E-03	3 20E-04		9 65E-04	2 68L-04		1 18E-03	2 10E-04	
6	1 18E-03	7 50E-04		1 23E-03	6 00E-05		0 43E-04	3 22L-04		1 26E-03	8 00E-05	# 10
7	7 50E-04	4 30L-04		1 37E-03	1 40E-04		9 65E-04	3 22E-04		1 80E-03	5 40E-04	
8	1 02E-03	2 70E-04		5 89E-04	7 81F-04		6 43E-04	3 22E-04		2 04E-03	2 40E-04	
9	7 50E-04	2 70E-04		5 89E-04	0 00E+00		8 95E-04	3 22E-04		1 80E-03	1 40E-04	
10	6 97E-04	5 30E-05		5 89E-04	0 00E+00		1 04E-03	7 50E-05		2 08E-03	1 80E-04	# 11
11	6 70E-04	2 70E-05		8 04E-04	2 15E-04		8 04E-04	2 36E-04		1 50E-02	1 69E-02	
12	9 91E-04	3 21E-04		8 57E-04	6 30E-05		7 50E-04	5 40E-05		8 11E-04	1 81E-02	
13	1 02E-03	2 90F-04		1 02E-03	1 63E-04		5 89E-04	1 61L-04		6 43E-04	2 88E-04	
14	9 91E-04	2 90F-04		1 50E-03	4 80E-04		6 97L-04	1 06E-04		5 63E-04	8 00E-05	
15	8 64E-04	1 07E-05		1 47E-03	3 00E-05		8 04L-04	1 87E-04		5 89E-04	2 60E-05	# 12
16	1 02E-03	1 38L-04		1 28E-03	2 10E-04		1 07E-03	1 88E-04		6 16E-04	2 70E-05	
17	1 18E-03	1 80E-04		8 34L-04	4 56E-04		8 31E-04	2 38E-04		7 77E-04	1 61E-04	
18	1 26E-03	8 00E-05		1 18E-03	3 76E-04		7 77E-04	5 40E-05		6 70E-04	1 07E-04	
19	1 26E-03	0 00E+00		1 13E-03	5 05E-05		1 26E-03	4 83E-04		9 11E-04	2 41E-04	
20	1 34L-03	8 00E-05		9 38E-04	1 82E-04		1 45L-03	1 90L-04		6 70E-04	2 43E-04	
21	1 71E-03	3 70E-04		1 16E-03	2 42E-04		1 50E-03	5 00E-05		1 34E-03	6 70E-04	
22	1 77E-03	6 00E-05		1 16E-03	0 00E+00		1 47E-03	3 00E-05		1 47E-03	1 30E-04	
23	2 36E-03	6 10E-04		1 34E-03	1 80E-04		1 63E-03	1 60E-04		1 53E-03	8 00E-05	
24	2 20E-03	1 80E-04		1 31E-03	3 00E-05		2 14E-03	5 10E-04		1 37E-03	1 60E-04	
25	2 00E-03	4 00E-04		1 13E-03	1 63E-04		2 41E-03	2 70E-04		1 53E-03	1 60E-04	
26	2 41E-03	1 90E-04		1 47E-03	3 40E-04		1 47E-03	9 40L-04		1 71E-03	1 80E-04	
27	2 38E-03	3 00E-05		1 68E-03	1 10E-04		2 14E-03	6 70E-04		1 34E-03	3 70E-04	
28	2 30E-03	6 00E-05		1 68E-03	1 10L-04		2 06E-03	8 00E-05		1 10E-03	2 40E-04	
29	2 41E-03	1 00E-04		1 26E-03	4 30E-04		1 45E-03	6 10E-04		1 42L-03	3 20F-04	
30	1 93E-03	4 80E-04		1 53E-03	2 70L-04		1 68E-03	7 40E-04		1 16E-03	2 70E-04	
31	1 83E-03	0 00E+00		1 13E-03	4 00E-04		1 13E-03	4 80E-04		1 26E-03	1 10E-04	
32	1 82E-03	1 10E-04		9 85E-03	6 52E-03		1 28E-03	5 00E-05		1 13E-03	1 30E-04	
33	1 28E-03	1 82F-03		7 23E-04	6 83E-03		1 07E-03	1 90E-04		1 80L-03	6 70E-04	
34	1 42E-03	1 42E-03		1 10E-03	3 77E-04		1 21F-03	1 40E-04		1 85E-03	5 00E-05	
35	1 34E-03	6 00E-05		1 74E-03	6 40E-04		1 31E-03	1 00E-04		1 50E-03	3 50L-04	
36	1 47E-03	1 30E-04		2 20E-03	4 60E-04		1 10E-03	2 10E-04		1 21E-03	2 80E-04	
37	1 31E-03	1 60E-04		3 15E-03	6 30E-04		8 84E-03	7 74E-03		8 31E-04	3 79E-04	
38	1 59E-03	2 40E-04		2 28E-03	8 50E-04		1 26E-03	7 58E-03		8 65E-04	1 34E-04	
39	1 37E-03	1 80E-04		1 68E-03	5 00E-04		1 26E-03	0 00E+00		6 70E-04	2 95E-04	
40	1 55E-03	1 80E-04		2 04E-03	3 50E-04		1 13E-03	1 30E-04		1 02E-03	3 80E-04	
41	1 37E-03	1 80E-04		1 82E-03	2 20E-04		7 50E-03	6 37E-03		8 84E-04	1 36E-04	
42	1 29F-03	8 00E-05		1 82E-03	0 00E+00		6 97E-03	5 30L-04		1 04E-03	1 56E-04	
43	1 66E-03	3 70E-04		1 53E-03	2 80E-04		1 60E-03	5 28E-03		1 45E-03	4 10E-04	
44	1 31E-03	3 50E-04		1 34E-03	1 80E-04		1 58E-03	1 10L-04		2 01E-03	5 60E-04	
45	1 42E-03	1 10E-04		1 34E-03	0 00E+00		1 38E-03	1 90E-04		1 53E-03	4 80E-04	
46	1 90E-03	4 80E-04		1 53E-03	1 80E-04		1 69E-03	3 00E-04		1 82E-03	2 80E-04	
47	1 90E-03	0 00E+00		1 29E-03	2 40E-04		1 08E-03	2 90E-04		2 14E-03	3 20E-04	
48	1 77E-03	1 50E-04		1 55E-03	2 80L-04		1 88E-03	1 00E-04		1 93E-03	1 60E-04	
49	2 14E-03	3 70E-04		2 14E-03	5 80E-04		1 98E-03	1 00E-04		2 60E-03	6 20E-04	
50	2 33E-03	1 80E-04		2 01E-03	1 30E-04		1 93E-03	5 00E-05		2 33E-03	2 70E-04	
51	1 98E-03	3 70E-04		1 47E-03	5 40E-04		2 22E-03	2 80E-04		1 88E-03	3 50E-04	
52	1 55E-03	4 10E-04		1 66E-03	1 60E-04		2 16F-03	1 20E-04		2 44E-03	4 60E-04	
53	1 77E-03	2 20L-04		1 66F-03	0 00E+00		2 47E-03	3 70E-04		2 20E-03	2 40E-04	
54	1 00E-03	-7 70E-04		1 31E-03	3 50E-04		1 68E-03	7 80F-04		1 31E-03	8 80E-04	
55	1 74E-03	-7 40E-04		1 28E-03	2 00E-05		1 85E-03	1 80E-04		1 36E-03	8 00E-05	
56	1 61E-03	1 30E-04		1 55E-03	2 80E-04		1 88E-03	3 00E-05		1 02E-03	3 70E-04	
57	1 47E-03	1 40E-04		1 34E-03	2 10E-04		1 85E-03	3 00E-05		6 97E-03	5 85L-03	
58	1 39E-03	8 00E-05		2 08E-03	7 50E-04		1 47E-03	3 80E-04		1 07E-03	5 90E-03	
59	1 23E-03	1 60E-04		3 05L-03	8 60E-04		1 74E-03	2 70E-04		1 21E-03	1 40E-04	
60	1 18E-03	5 00E-05		3 03E-03	2 00E-05		1 69E-03	5 00E-05		1 28E-03	8 00E-05	
61	1 56E-03	4 00E-04		2 76L-03	2 70F-04		1 58E-03	1 10E-04		1 86E-03	5 80E-04	
62	1 31E-03	2 70E-04		3 16E-03	4 00E-04		1 68E-03	1 10L-04		2 12E-03	2 40E-04	
63	1 36E-03	6 00E-05		1 86E-03	1 20E-03		1 37E-03	3 20E-04		1 66E-03	4 60E-04	
64	1 26E-03	1 30E-04		1 82E-03	1 40E-04		1 53E-03	1 80E-04		1 58E-03	8 00E-05	
65	1 31E-03	5 00E-05		1 74E-03	8 00L-05		1 85E-03	3 20E-04		1 77E-03	1 90E-04	
66	1 39E-03	8 00E-05		2 22E-03	4 80E-04		1 55E-03	3 00E-04		1 23F-03	5 40E-04	

67	1.41E-03	8.09E-05	2.4E-03	2.20E-04	1.49E-03	3.09E-05	1.01E-03	3.99E-04
68	1.31E-03	1.09E-04	2.4E-03	3.18E-04	1.4E-03	1.10E-04	1.29E-03	3.20E-04
69	1.74E-03	4.39E-04	1.90E-03	2.2E-04	1.0E-03	4.00E-04	1.09E-03	5.01E-04
70	1.56E-03	1.09E-04	2.1E-03	2.40E-04	2.90E-03	1.10E-04	2.04E-03	1.60E-04
71	2.20E-03	6.20E-04	1.80E-03	3.20E-04	2.90E-03	2.00E-05	1.09E-03	3.80E-04
72	1.85E-03	3.50E-04	2.00E-03	2.40E-04	2.20E-03	1.00E-04	1.1E-03	2.00E-05
73	2.45E-03	6.40E-04	2.4E-03	3.50E-04	2.20E-03	0.00E+00	1.09E-03	1.90E-04
74	2.45E-03	6.00E-05	2.90E-03	1.10E-04	2.10E-03	1.00E-04	2.55E-03	6.60E-04
75	2.57E-03	2.00E-05	1.00E-03	6.00E-04	2.10E-03	2.00E-05	2.14E-03	4.10E-04
76	2.24E-03	2.60E-04	1.7E-03	6.00E-05	2.4E-03	2.70E-04	2.22E-03	8.00E-05
77	2.26E-03	8.00E-05	1.6E-03	1.30E-04	1.40E-03	9.00E-04	1.50E-03	7.20E-04
78	1.80E-03	4.00E-04	1.9E-03	2.70E-04	1.50E-03	1.60E-04	1.34E-03	1.00E-04
79	1.74E-03	6.00E-05	1.90E-03	1.90E-04	1.80E-03	5.00E-05	1.04E-03	3.00E-04
80	1.55E-03	1.80E-04	1.7E-03	5.80E-04	1.40E-03	1.60E-04	1.21E-03	1.70E-04
81	1.84E-03	3.30E-04	1.60E-03	5.00E-05	1.20E-03	1.00E-04	1.10E-03	1.10E-04
82	1.45E-03	4.30E-04	1.60E-03	3.00E-05	1.6E-03	5.50E-04	8.84E-04	2.16E-04
83	1.31E-03	1.40E-04	1.20E-03	3.40E-04	1.20E-03	3.00E-04	6.11E-04	2.74E-05
84	1.77E-03	4.80E-04	1.3E-03	8.00E-05	1.60E-03	4.00E-04	8.91E-04	8.00E-05
85	1.31E-03	4.80E-04	8.60E-03	8.20E-03	1.7E-03	1.40E-04	1.10E-03	1.00E-04
86	1.45E-03	1.40E-04	1.2E-03	8.40E-03	1.2E-03	5.00E-04	5.30E-04	5.00E-04
87	1.28E-03	1.90E-04	1.4E-03	2.40E-04	1.2E-03	0.00E+00	8.57E-04	3.2E-04
88	1.18E-03	1.30E-04	1.5E-03	6.00E-05	1.20E-03	2.00E-05	8.97E-04	1.00E-04
89	1.80E-03	6.70E-04	1.7E-03	2.10E-04	1.20E-03	0.00E+00	6.65E-04	2.60E-04
90	1.30E-03	4.10E-04	1.7E-03	3.00E-05	1.20E-03	0.00E+00	6.43E-04	3.20E-04
91	2.00E-03	7.00E-04	1.80E-03	5.00E-05	1.10E-03	5.00E-05	6.65E-04	3.20E-04
92	1.1E-03	8.40E-04	1.00E-03	1.00E-04	1.20E-03	8.00E-05	6.43E-04	2.20E-04
93	1.20E-03	1.40E-04	1.3E-03	3.20E-04	1.80E-03	4.00E-04	6.65E-04	3.2E-04
94	2.20E-03	9.10E-04	1.80E-03	3.20E-04	2.20E-03	5.60E-04	1.04E-03	7.60E-05
95	1.80E-03	3.90E-04	1.2E-03	4.30E-04	1.00E-03	2.90E-04	6.04E-04	2.70E-04
96	2.14E-03	2.80E-04	1.20E-03	3.00E-05	2.00E-03	1.80E-04	7.52E-04	5.40E-05
97	2.25E-03	1.10E-04	1.5E-03	2.70E-04	2.00E-03	5.00E-05	5.89E-04	1.61E-04
98	2.7E-03	4.80E-04	1.7E-03	2.10E-04	2.4E-03	4.30E-04	6.97E-04	1.00E-04
99	2.90E-03	2.40E-04	1.9E-03	4.00E-04	2.90E-03	9.00E-06	5.84E-04	1.90E-04
100	2.47E-03	4.80E-04	1.20E-03	8.00E-05	1.7E-03	6.70E-04	6.65E-03	8.70E-03
101	2.99E-03	4.20E-04	1.7E-03	4.50E-04	1.4E-03	2.40E-04	1.23E-03	8.40E-03
102	2.40E-03	4.20E-04	1.6E-03	5.00E-05	1.70E-03	2.70E-04	1.47E-03	2.4E-04
103	2.30E-03	1.70E-04	2.1E-03	4.00E-04	1.30E-03	4.20E-04	1.53E-03	6.00E-05
104	1.74E-03	5.30E-04	1.6E-03	1.00E-04	1.10E-03	2.40E-04	1.74E-03	2.10E-04
105	1.90E-03	1.90E-04	2.5E-03	5.00E-04	1.20E-03	1.80E-04	1.77E-03	3.00E-05
106	1.80E-03	1.10E-04	2.7E-03	2.10E-04	1.45E-03	1.90E-04	1.82E-03	5.00E-05
107	1.90E-03	8.30E-05	2.2E-03	4.80E-04	1.10E-03	3.50E-04	1.66E-03	1.6E-04
108	1.55E-03	3.50E-04	1.80E-03	4.50E-04	1.47E-03	3.70E-04	1.34E-03	3.2E-04
109	1.80E-03	1.40E-04	1.50E-03	2.20E-04	1.50E-03	0.00E-05	1.66E-03	3.20E-04
110	1.9E-03	5.30E-05	1.80E-03	2.40E-04	1.80E-03	8.00E-05	1.23E-03	4.30E-04
111	1.80E-03	1.90E-04	1.85E-03	3.00E-05	1.42E-03	1.90E-04	1.26E-03	3.00E-05
112	1.47E-03	3.30E-04	1.93E-03	6.00E-05	1.50E-03	1.00E-04	1.53E-03	2.70E-04
113	1.23E-03	2.40E-04	1.80E-03	3.20E-04	1.74E-03	1.80E-04	1.74E-03	2.10E-04
114	1.21E-03	2.00E-05	1.80E-03	0.00E+00	1.50E-03	1.80E-04	1.34E-03	4.00E-04
115	1.03E-03	4.20E-04	1.07E-03	5.40E-04	1.26E-03	3.20E-04	1.28E-03	8.00E-05
116	2.12E-03	4.90E-04	1.94E-03	2.70E-04	1.55E-03	2.70E-04	1.7E-03	4.50E-04
117	2.11E-03	1.00E-05	1.71E-03	3.70E-04	1.37E-03	1.80E-04	1.66E-03	5.00E-05
118	2.22E-03	1.10E-04	1.50E-03	2.10E-04	1.29E-03	6.00E-05	2.14E-03	4.80E-04
119	2.44E-03	2.20E-04	1.77E-03	2.70E-04	1.07E-03	2.20E-04	1.88E-03	1.80E-04
120	1.90E-03	5.40E-04	1.88E-03	1.10E-04	1.29E-03	1.90E-04	2.52E-03	5.80E-04
<b>SUMA</b>	<b>2.06E-01</b>	<b>3.03E-02</b>	<b>SUMA</b>	<b>1.86E-01</b>	<b>6.85E-02</b>	<b>SUMA</b>	<b>1.81E-01</b>	<b>8.19E-02</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.72E-03</b>	<b>2.38E-04</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>1.84E-03</b>	<b>5.81E-04</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>1.61E-03</b>	<b>4.48E-04</b>

**Intervalo en el extremo**

121	1.36E-03	-----	1.04E-03	-----	1.28E-03	-----	1.45E-03	-----
121 30 00	1.88E-03	2.70E-04	1.50E-03	1.80E-04	1.23E-03	8.00E-05	1.29E-03	1.80E-04
122	1.66E-03	0.30E+00	6.43E-03	4.93E-03	1.02E-03	2.10E-04	1.29E-03	0.00E+00
122 30 00	9.66E-04	8.65E-04	8.06E-03	3.22E-03	0.85E-03	8.63E-03	1.02E-03	2.70E-04
123	1.50E-03	6.35E-04	1.02E-03	8.06E-03	9.85E-03	0.00E+00	1.69E-03	6.70E-04
123 30 00	1.07E-03	4.30E-04	4.82E-03	3.80E-03	1.23E-03	6.42E-03	1.47E-03	2.20E-04
124	1.34E-03	2.70E-04	1.23E-03	3.49E-03	8.85E-03	5.42E-03	1.21E-03	2.60E-04
124 30 00	1.07E-03	2.70E-04	5.89E-03	4.86E-03	8.57E-03	1.09E-03	1.53E-03	3.20E-04
x	x	r	x	r	x	r	x	r
<b>SUMA</b>	<b>1.07E-02</b>	<b>2.47E-03</b>	<b>SUMA</b>	<b>3.19E-02</b>	<b>1.80E-02</b>	<b>SUMA</b>	<b>1.10E-02</b>	<b>1.80E-03</b>

Para el intervalo en el extremo

D=(B48)

D= 0.65065688

Prom.x.c. 0.00225881  
Prom.r.c. 0.000979825

Prom.x.c. 0.032251534  
Prom.r.c. 0.02018582

Prom.x.c. 0.00364776  
Prom.r.c. 0.001805007

Prom.x.c. 0.011623523  
Prom.r.c. 0.006886045

### 5.3 CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO PARA DESCENDIENTES DE RADÓN

El objeto del aseguramiento del control de calidad tiene como propósito que los datos que se tomen sean científicamente confiables en precisión y exactitud. En el caso del CWLM se incluye: El equipo y el cálculo de los límites de control de las muestras

#### 5.3.1 Control de calidad del equipo CWLM

Medidas de calibración del equipo.

- Calibraciones de la eficiencia del aparato con la fuente de  $^{230}\text{Th}$  (3 Veces).

La calibración en eficiencia de conteo del detector, se realizó con la fuente de  $^{230}\text{Th}$ . La eficiencia del conteo es el porcentaje de partículas  $\alpha$  emitidas y contadas por el detector de silicio. El promedio de las tres calibraciones fue de 1446.6 dpm, con variaciones que van de 1380 dpm a 1538 dpm con una eficiencia promedio de 23.16% con variaciones que van de 22.1% a 24.6% ver la tabla 5.7

El porcentaje de la eficiencia se cálculo utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ Eficiencia} = (\text{cpm/dpm}) * 100$$

dpm emitidas de la superficie del disco.

Cpm contadas de la superficie del disco.

Cabe señalar que la calibración del flujo de la bomba fue hecha una cada mes por un periodo de tres meses.

En la tabla 5.8 se muestran las lecturas de las 3 calibraciones hechas, de aquí podemos ver que el flujo de la bomba tiene una variación máxima de 0.14 L/min y una variación mínima de 0.13 L/min, se obtuvo un promedio de 0.13 L/min, aquí es importante mencionar que el fabricante considera un buen funcionamiento del equipo cuando este trabaja con un flujo entre (0.12 - 0.18) L/min estos datos obtenidos indican que estamos dentro del rango que el fabricante marca como aceptable para tener datos confiables.

Por ultimo se realizo también el muestreo utilizando un método estadístico de control de calidad. También se hizo un análisis estadístico para obtener el promedio aritmético y geométrico.

Tabla 5.7 Calibración de la eficiencia

Fuente: Th-230

Acero Inoxidable, Disco: 0.79mm espesor, Diámetro activo: 1.91 cm.

dpm emitidas de la superficie del disco: 6240 dpm

Calibración No	Fecha	Cpm Prom	Eficiencia
1	01/ Abril/2000	1420	22.7%
2	05/ junio /2000	1380	22.1%
3	03/ Julio /2000	1538	24.6%
	<b>Promedio</b>	<b>1446</b>	<b>23.16%</b>

$$\% \text{ Eficiencia: } (cpm \text{ Promedio} / dpm \text{ fuente}) * 100$$

Nota: El fabricante recomienda para un buen funcionamiento que la eficiencia debe estar dentro de un rango de 22 a 29%

Tabla 5.8 Calibraciones de la bomba efectuadas durante el periodo de muestreo

Calibración No	Fecha	Volúmen (mL)	Tiempo (Seg)	Flujo promedio (L/min)
1	01/Abril/2000	20	8.5	0.14
2	05/ junio /2000	20	9	0.13
3	03/ julio /200	20	9	0.13

$$\text{Flujo de la bomba(L/min)} = \frac{\text{Volumen} * 60 \text{ seg} * 1\text{L}}{\text{Tiempo} * 1\text{min} * 1000\text{mL}}$$

## **5.4 Control estadístico para los datos obtenidos para los descendientes del gas radón.**

El fin del control estadístico es garantizar la calidad de los resultados por medio del control. Controlar la calidad quiere decir poner en práctica la garantía de calidad por medio de un enfoque de Control de Calidad Incorporando la calidad en un proceso durante la etapa de desarrollo, llevando a cabo luego un control del proceso adecuadamente ejecutado y si se es necesario, efectuar una inspección.

En otras palabras un control estadístico quiere decir utilizar métodos estadísticos para llevar a cabo en todas las situaciones.

### **Gráficos de control.**

En sentido amplio los gráficos de control incluye toda clase de gráficos estadísticos utilizados con fines de control. Se han usado durante mucho tiempo, desde 1926 en que el Dr. Shewhart lo definió como una herramienta estadística utilizada con fines de control. Consisten en gráficos en los que se calculan estadísticamente los límites de control.

### **El gráfico X-R**

Este tipo de gráfico de control se utiliza cuando la característica del proceso que se ha de controlar es una variable continua tal como la longitud, el peso, la resistencia, la pureza, el tiempo o el volumen de producción. Sin embargo también se puede utilizar para otro tipo de datos.

Los gráficos X-R se utilizan generalmente juntos, ya que solo su uso conjunto nos permite identificar el estado cambiante de un proceso en forma de distribución.

De todos los tipos diferentes de gráficos de control, estos nos dan la máxima información técnica. Lo que los hace útiles para el análisis técnico y los estudios de la capacidad del proceso. Cualquiera de ellos solo, sin embargo, no es suficiente para mostrar el cambio de una distribución (El cambio de la media y de la variación). El gráfico X-R es la forma de gráfico de control fundamental y útil, particularmente en las etapas iniciales del control de calidad, esto se aplicó en la tabla 5.6 donde se encuentran las 12 casas monitoreadas para los descendientes del radón.

## 5.5 formulas para calcular los limites de control

De la tabla de factores para determinar los límites de control 3 sigma de los gráficos X Vs r a partir del Prom.r

Para el cálculo de los límites para el intervalo de muestreo

Suma x = x

Prom.x.s=x

Suma x = x

Suma r = y

Prom.r.s= y

Suma x * D=X+Promx.s=Prom.x.c

D=B/48 B=1.05256

Lscx = Prom x + A_{xr}(Prom.r)

Licxs=Prom x - A_{xr}(Prom r)

Lsr.s=D_{rs} * (Prom.r.s)

Licr.s=D_{rl} * (Prom.r.s)

Suma de r =

Suma de r * D= x+Prom.r.s=Prom.r.c

Lscx c=Prom x.c + A_{xr}(Prom.r.c)

Licx.c=Prom xc - A_{xr}(Prom.r.c)

Lscr.c=D_{rs} * (Prom.r.c)

Licr.c=D_{rl} * (Prom.r.c)

Donde X= Datos

r= Rango

Lscx= Límite superior de control

Licx= Límite Inferior de control

Lscr= Límite superior de control

Licr= Límite Inferior de control

C= Con intervalo en el extremo

S= Sin intervalo en el extremo

**5.6 Secuencia de cálculo de los límites de control ejemplificando para la muestra No 1.**

De la tabla de factores para determinar los límites de control  $3\sigma$  de las tablas de x-r a partir del prom de r tenemos:

Estos factores se basan en una distribución normal, se tiene que para  $n=12$   
 Un valor de para:  $A_{x,r}=0.249$   $D_{r,superior}=0.308$   $D_{r,inferior}=1.692$

**LIMITE SUPERIOR DE CONTROL**

$$LSC_x = \text{Prom } X + A_{x,r}(\text{Prom. } r) \qquad LSC_r = D_{r,sup}(\text{Prom. } r)$$

**LIMITE INFERIOR DE CONTROL**

$$LIC_x = \text{Prom } X - A_{x,r}(\text{Prom. } r) \qquad LIC_r = D_{r,inf}(\text{Prom. } r)$$

Secuencia de cálculo de los límites para el intervalo de muestreo.

$$\begin{aligned} \Sigma_{x,s} &= 1.75e-1 & \Sigma_{r,s} &= 2.45e-2 & LSC_{x,s} &= 1.46e-3 + 0.249(2.06e-4) = 1.51e-3 \\ \text{Prom}_{x,s} &= 1.46e-3 & \text{Prom}_{r,s} &= 2.06e-4 & LIC_{x,s} &= 1.46e-3 - 0.249(2.06e-4) = 1.4e-3 \\ \sigma_n &= 0.0006781 & \sigma_{n-1} &= 0.0006809 & LSC_r &= 0.308*(2.06e-4) = 6.34e-5 \\ & & & & LIC_r &= 1.692*(2.06e-4) = 3.48e-4 \end{aligned}$$

Secuencia para el cálculo de los límites para el intervalo de muestreo con el extremo.

$$\begin{aligned} \Sigma_{x,c} &= 7.515e-3 & \Sigma_{r,c} &= 1.34e-3 \\ \Sigma_{x,c}/48 &= 7.51e-3/48 = 1.56e-4 & \Sigma_{r,c}/48 &= 2.79e-5 \\ \text{Prom } x,c &= 1.56e-4 + 1.46e-3 = 1.61e-3 & \text{Prom } r,c &= 2.79e-5 + 2.06e-4 = 2.33e-4 \end{aligned}$$

$$LSC_{x,c} = 1.56e-4 + 0.249(2.33e-4) = 2.14e-4$$

$$LIC_{x,c} = 1.56e-4 - 0.249(2.33e-4) = 9.79e-5$$

$$LSC_{r,c} = 0.308 (2.33e-4) = 7.17e-5$$

$$LIC_{r,c} = 1.692 (2.33e-4) = 3.94e-4$$

# Medidas de los datos de los intervalos de muestreo y del extremo para la muestra 1

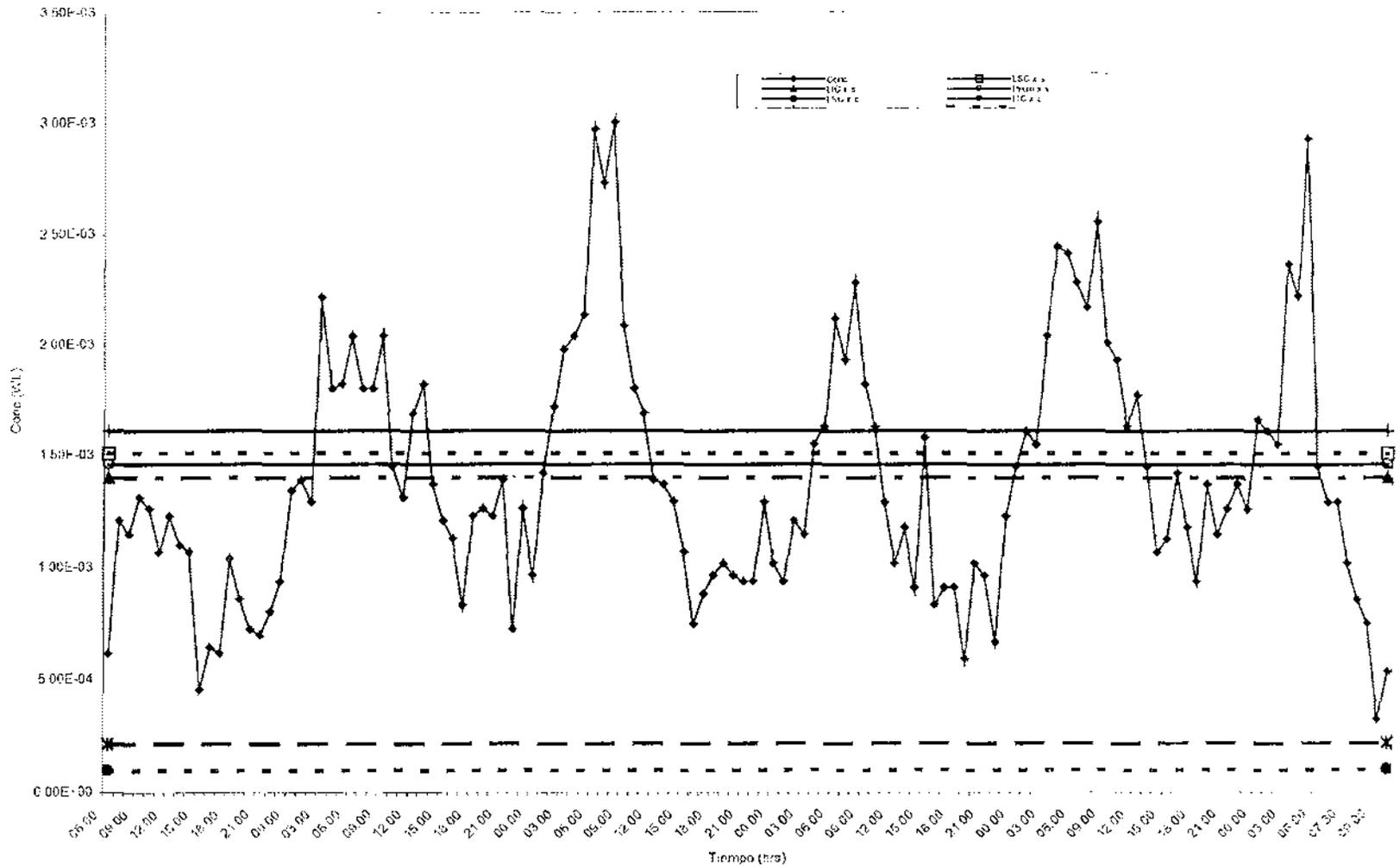


Gráfico No.5

**Tabla 5.9**

Límites de control para las 12 casas monitoreadas

PARA UNA MUESTRA DE 12 DATOS SE TIENEN LAS SIGUIENTES CONSTANTES EN EL CONTROL DE CALIDAD

Lsc= Límite superior de control  
 Lic= Límite inferior de control  
 S= Sin intervalo en el extremo  
 C= Con intervalo en el extremo  
 R= Rango  
 P= promedio

Ax r= 0.249  
 Dr s= 0.308  
 Dr = 1.692

MUESTRA	Prom x s	Prom r s	Lsc x s	Lic x s	Lsc r s	Lic r s	Prom x c	Prom r c	Lsc x c	Lic x c	Lsc r c	Lic r c
1	1.46E-03	2.64E-04	0.001525736	0.001394264	8.13E-05	0.000446688	0.001406	0.0002919	0.001478683	0.001333317	8.99052E-05	0.000493855
2	9.82E-03	1.29E-03	0.01014121	0.00949879	3.97E-04	0.00218268	0.01042526	0.00168934	0.010821006	0.010029514	0.000489517	0.002689163
3	3.29E-03	3.23E-04	0.003370427	0.003209573	9.95E-05	0.000546516	0.00382909	0.00045774	0.003943057	0.003715113	0.000140984	0.000774456
4	1.54E-02	5.98E-04	0.015548902	0.015251098	1.84E-04	0.001011816	0.00361991	0.0008092	0.003821401	0.003418419	0.000249234	0.001369166
5	1.13E-03	3.28E-04	0.001211672	0.001048328	1.01E-04	0.000554976	0.00394817	0.00042998	0.004055235	0.003841106	0.000132434	0.000727526
6	1.09E-03	2.08E-03	0.00160294	0.00057706	6.34E-04	0.00348552	0.00276168	0.00227226	0.003327473	0.002195887	0.000699856	0.003844664
7	1.92E-03	2.80E-04	0.00198972	0.00185028	8.62E-05	0.00047376	0.0029389	0.00087448	0.003156646	0.002721154	0.00026934	0.00147952
8	1.48E-03	2.67E-04	0.001546483	0.001413517	8.22E-05	0.000451764	0.00144208	0.00116161	0.001731321	0.001152839	0.000357776	0.001965444
9	1.72E-03	1.70E-02	0.005953	-0.002513	5.24E-03	0.028764	0.0203314	0.01716974	0.024606555	0.016056136	0.00528828	0.0290512
10	1.64E-03	5.51E-04	0.001777199	0.001502801	1.70E-04	0.000932292	0.00336398	0.00201656	0.003866103	0.002861857	0.0006211	0.00341202
11	1.51E-03	4.45E-04	0.001620805	0.001399195	1.37E-04	0.00075294	0.0037923	0.00180051	0.004240527	0.003343973	0.000554557	0.003046463
12	1.37E-03	7.89E-04	0.001566461	0.001173539	2.43E-04	0.001334988	0.00219242	0.00088505	0.002412797	0.001972043	0.000272595	0.001497505
Promedio	3.49E-03	2.02E-03	0.00398788	0.002983787	6.21E-04	0.003411495	0.005004256	0.00247986	0.005621752	0.00438678	0.000763798	0.00419593

En el gráfico No.5 podemos observar que la mayoría de los datos están dentro de los límites, con excepción de algunos puntos. En general el que se encuentren datos fuera de los límites de control, se deben a varias características y entre las que podemos mencionar principalmente es la ventilación que pudo haber influido, ya que durante el muestreo se procuro no alterar la vida que llevan las personas a continuación se presentan los porcentajes de puntos fuera de los límites de control.

Sin intervalo en el extremo	%
Puntos fuera	
39	32.5

En la tabla 5.9 muestran los datos que se obtuvieron al hacer para las 12 casas los límites de control pudiendose observar que el Promedio de  $\bar{x}$  fue de  $4.63e-3$ WL, Prom de  $\bar{r}$  fue de  $2.02e-3$  WL,  $L_{sc.xs}=5.12e-3$ ,  $L_{ic.xs}=4.1e-3$ ,  $L_{SC.Xc}=5.62e-3$  y  $L_{ICX.c}$

En caso que se tomara como límite de control  $0.02$ WL, para descendientes de radón tenemos que todas las muestras caen dentro de los límites de no acción de EPA.

Aquí también se hicieron duplicados para dos casas monitoreadas en el caso 1 y 5.

	Lectura	Promedio	%R
13 dup de 1	$2.46e-3$	$(1.46e-3+2.46e-3)/2 = 1.96e-3$	$(2.46e-3 - 1.96e-3) / 1.96e-3 * 100 = 25\%$
14 Dup de 5	$2.54e-3$	$(1.13e-3 - 2.54e-3)/2 = 1.83e-3$	$(2.54e-3-1.83e-3) / 1.83e-3 * 100 = 38\%$

### 5.7 Cálculo del factor de equilibrio.

Para calcular el factor de equilibrio se procedió a utilizar los datos promedio antes obtenidos en las doce casas seleccionadas en la delegación Alvaro Obregón. Estos datos son los que se encuentran en la tabla 5.10, donde se muestra que el promedio general fue de  $2.33e-3$ WI, con una desviación estándar de  $2.4e-3$ . El gráfico 6 muestra la variación de la concentración promedio de los descendientes del radón en las casas monitoreadas, podemos observar que la concentración promedio más alta se dio en la casa 2 con un valor de  $9.82e-3$ WL, el menor valor se registro en la casa 6 con un valor de  $1.02e-3$ WI..

El factor de equilibrio nos proporciona la relación que existe entre los hijos del radón y el radón mismo presentes en cada una de las doce casas monitoreadas. Para llevar acabo dicho muestreo se hizo uso de una cámara "H" de 1000mL de volumen y un electreto de corto plazo para medir las concentraciones de radón, además también se hizo uso del CWLM para medir la concentración de los hijos del radón, las lecturas se llevaron acabo en un periodo que abarcó del mes de Abril (Primavera) al mes de Mayo, Junio y julio(Verano) del año 2000; cada muestreo duro cinco días.

En la tabla 5.11 se muestra el valor obtenido del factor de equilibrio, teniendo los datos que muestran los valores leídos de los voltajes inicial y final, los valores de las concentraciones de los descendientes del radón en m WL.

Así finalmente tenemos un valor en este periodo con un factor de equilibrio de **0.255** con variaciones que van de 0.073 a 0.66, si hacemos una comparación tenemos que en el año 1994 se obtuvo un valor en la misma delegación Alvaro Obregón de 0.30 como factor de equilibrio, esto quiere decir que el valor es cercano al antes obtenido.

Tabla 5.10 Lecturas promedio de los descendientes del radón en WL.

Casa	Lectura
1	1.46E-03
2	9.82E-03
3	3.29E-03
4	1.54E-03
5	1.13E-03
6	1.09E-03
7	1.92E-03
8	1.48E-03
9	1.72E-03
10	1.64E-03
11	1.51E-03
12	1.37E-03
Promedio	2.33E-03
Desv.est	0.00242549

Lecturas promedio para los descendientes del radón en (WL) para las 12 casas monitoreadas

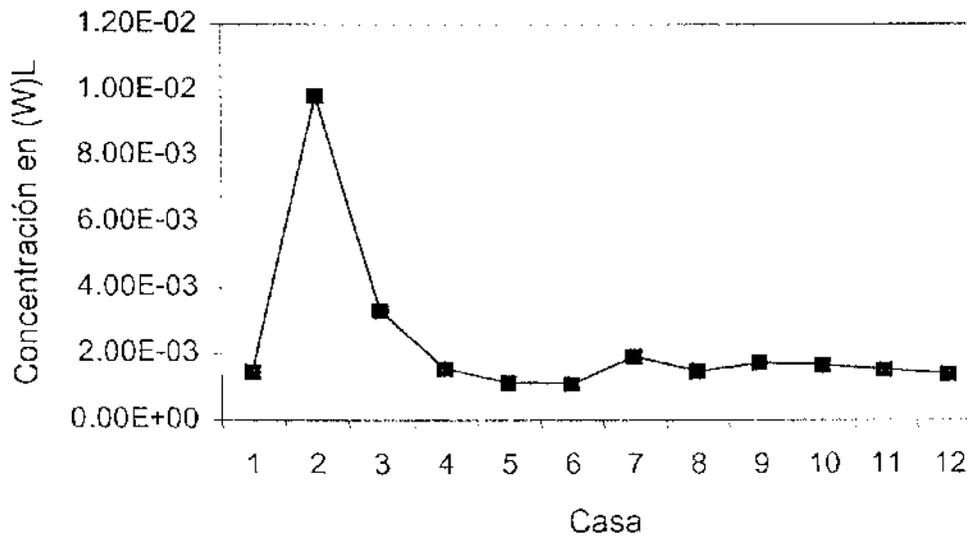


Gráfico No.6

Tabla 5.11

CÁLCULO DEL FACTOR DE EQUILIBRIO

Número	mWL	Bq/m3	Vi	Vf	Fact.cal	Fgamma (uR/h)	fondo (pCi/L)	C.radon (pCi/L)	Conc en Bq/m3	Factor Equil
1	1.46	5.4	616	514	10.8011	8.19	0.5733	1.3154	48.67	0.111
2	3.29	12.2	462	365	10.0784	8.19	0.5733	1.3516	50.0096	0.2434
3	1.54	5.7	365	301	9.69441	8.19	0.5733	0.747	27.6408	0.2061
4	1.13	4.18	301	230	9.37244	8.19	0.5733	0.9418	34.8459	0.12
5	1.09	4.03	230	186	9.09816	8.19	0.5733	0.3939	14.5754	0.2767
6	1.92	7.1	186	133	8.86682	8.19	0.5733	0.6222	23.0202	0.3086
7	1.48	5.48	133	84	8.62355	8.19	0.5733	0.5631	20.8356	0.2628
8	1.72	6.36	84	0	8.30634	8.19	0.5733	0.6908	25.5594	0.249
9	1.64	6.07	385	250	9.62048	8.19	0.5733	2.2332	82.6289	0.0734
10	1.51	5.59	250	200	9.17925	8.19	0.5733	0.5161	19.0962	0.2926
11	1.37	5.07	200	165	8.97653	8.19	0.5733	0.2065	7.64094	0.6634
Promedio	1.678	6.21				8.19	0.5733	0.9375	34.6882	0.2552
DesvEstanda	0.61827	2.29				1.12E-07	7.024E-09	0.5581	20.6485	0.0835
PromGeom	1.60047	5.92				8.19	0.5733	0.82	30.3402	0.1952

## 5.8 Cálculo de las concentraciones de Radón y Torón

Para calcular las concentraciones del gas torón se utilizó una cámara "S", para radón y torón respectivamente las cuales fueron colocadas al mismo tiempo con un electreto de corto plazo por 5 días estas cámaras tienen ciertas características que permiten la entrada de radón y torón a cada una de ellas, también dentro de ellas se encuentra un electreto que permite que pueda hacerse una lectura por diferencia de potencial.

Una vez tomadas las lecturas correspondientes ver tabla 5.12 se procedió a realizar los cálculos correspondientes que se muestran en las tablas 5.13 utilizando las ecuaciones que se encuentran en el manual correspondiente a torón teniéndose como resultado final las concentraciones de radón y torón que se encuentran en la tabla 5.14.

Tabla 5.12

Datos de las lecturas hechas a los electretos para medir torón y radón

ELECTRETO No	VOLTAJE INICIAL	VOLTAJE FINAL	Días	Nota: SQ Cámara de radón SW Cámara de torón
SQ6309	657	637	5	
SQ6312	648	634	5	
SQ6322	660	641	5	
SQ6390	350	334	5	
SQ6309	637	620	5	
SQ6312	634	620	5	
SQ6322	641	614	5	
SQ6390	334	296	5	
SQ6309	620	618	5	
SQ6312	625	618	5	
SQ6322	614	605	5	
SQ6390	296	289	5	
SQ6309	618	603	5	
SQ6312	618	578	5	
SQ6322	605	591	5	
SQ6390	289	276	5	
SQ6309	603	590	5	
SQ6312	578	570	5	
SQ6322	591	580	5	
SQ6390	276	260	5	
SQ6309	590	569	5	
SQ6312	570	564	5	
SQ6322	580	579	5	
SQ6390	260	250	5	
SQ6309	569	551	5	
SQ6312	564	541	5	
SQ6322	579	547	5	
SQ6390	250	245	5	

<b>ELECTRETO</b> <b>No</b>	<b>VOLTAJE</b> <b>INICIAL</b>	<b>VOLTAJE</b> <b>FINAL</b>	<b>Dias</b>
SW1132	739	718	5
SW1133	713	701	5
SW1137	718	692	5
SW1138	733	713	5
SW1132	718	679	5
SW1133	701	658	5
SW1137	692	672	5
SW1138	713	698	5
SW1132	679	658	5
SW1133	658	648	5
SW1137	672	662	5
SW1138	698	688	5
SW1132	658	645	5
SW1133	648	632	5
SW1137	662	641	5
SW1138	688	674	5
SW1132	645	633	5
SW1133	632	620	5
SW1137	641	630	5
SW1138	674	659	5
SW1132	633	627	5
SW1133	620	600	5
SW1137	630	627	5
SW1138	659	650	5
SW1132	627	615	5
SW1133	600	577	5
SW1137	627	582	5
SW1138	650	609	5

**Tabla 5.13 SECUENCIA PARA CALCULAR CONCENTRACIONES DE TORÓN Y RADÓN EN CASAS HABITACIÓN**

ELECTRETEO No	VOLTAJE INICIAL	VOLTAJE FINAL	Días	Nota:
Cámara de rad SQ6309	L 657	K 637	5	K=Voltaje inicial en el electreto para la cámara "S" de radón L=Voltaje final en el electreto para la cámara "S" de radón I= Voltaje inicial en el electreto para la cámara "S" de torón
Camara de t SW1132	J 739	I 718	5	J= Voltaje final en el electreto para la cámara "S" de torón

Factor de calibración del torón para cámara "S" de radón

$$C2 = (0.04972 + 0.00001685 * ((K+L)/2)) \quad \text{Volt}^*(\text{pCi/L})\text{-d}$$

C₂

SQ6309= 0.060622

Factor de calibración del torón para la cámara "S" del torón

$$C1 = (0.3401 + 0.0001153 * ((I+J)/2)) \quad \text{Volt}^*(\text{pCi/L})\text{-d}$$

C₁

SW1132= 0.4240961

**Cálculo de la concentración de TORON en (pCi/L)**

$$Tn = \frac{(I-J)-(K-L)}{D*(C1-C2)} \quad Tn = 0.5502 \text{ (pCi/L)}$$

**Secuencia cálculo de la concentración de RADON en (pCi/L)**

la caída de voltaje en la cámara de radón es debida al radón, torón y gamma esta dado por:

$$(K-L) = ((C*D*RN) + (C2*D*T) + (CG*G*D))$$

$$C = 1.8864 + 0.000638 * ((K+L)/2) \quad \text{Volt}^*(\text{pCi/L})\text{-d}$$

C = Factor de calibración para el radón en la cámara de radón

$$CG = (0.04527 + (.02088 \ln((K+L)/2))) \quad \text{Volts por (microR/h-día)}$$

CG= Factor de calibración de radiación gamma

G= Nivel de radiación gamma en (microR/h)

$$G = (8.19 \text{ microR/h})$$

RN=Concentración de radon en (pCi/l)

Factor de  
calibración "C"  
2.299186

Factor de calibración  
para radiación gamma (CG)  
0.188986

G (microR/h)  
8.19

(K-L)  
20

$$Rn = \frac{(K-L) - (CZ \cdot D \cdot T)(CG \cdot C \cdot D)}{C \cdot D}$$

Siendo así, los datos correspondientes tenemos:

$$Rn = \frac{20 - (0.0626 \cdot 5 \cdot 0.55) - (8.19 \cdot 5 \cdot 0.188986)}{2.299 \cdot 5}$$

$$Rn = 1.052 \text{ pCi/L}$$

Siguiendo esta misma secuencia de cálculos la concentración de torón y de radón en cada una de las casas muestreadas cuyos valores se encuentran en la tabla 5.14, el promedio general para radón fue de 0.800 pCi/L (29.60 Bq/m³), de torón fue de 3.04 pCi/L (112.7) Bq/m³. Los gráficos 7 y 8 muestran la distribución de frecuencias para el radón y torón respectivamente. Se puede observar que para el torón el 76% de las muestras caen dentro de un intervalo de (0-149.4) Bq/m³, de (149.4-298.9) Bq/m³ un 12 %, (298.9-448.4) Bq/m³ 4 %, (448.4 – 599) Bq/m³ un 8 %.

Para el radón el histograma de frecuencias obtenido arroja que la mayoría se encuentra entre un rango que va de (0-30.34) Bq/m³ 64 %, un 24% de (30.34 a 60.68) Bq/m³, un 4% va de (60.68-91.02) Bq/m³ y solo un 8% va de (91.02-121.36) Bq/m³.

Por lo que respecta a las muestras por duplicado se tienen los siguientes datos:

Radón	Lectura	Promedio	%R
dúp de 2	20.83	(20.83+18.08)/2 =19.45	(20.83 - 19.45)/19.45 *100 =7.09 %
Dup. de 20	11.57	(11.57+10.96)/2 =11.26	(11.57-11.26)/11.26 *100 =2.75 %

Torón	Lectura	Promedio	%R
dúp de 2	264	(264+452.03)/2 =358.01	(264 - 358)/358 *100 =-26.25 %
Dup. de 20	54.2	(54.2+41.88)/2 =48.04	(54.2 - 48.04)/48.04 *100 =12.82 %

**Tabla 5.14**  
**Concentraciones de radón y torón obtenidas en las casas monitoreadas**

	<i>Rn (Pci/L)</i>	<i>Tn(Pci/L)</i>	<i>Rn (Bq/m3)</i>	<i>Tn(Bq/m3)</i>
Casa1	1.052	0.5502	38.924	20.3574
Casa2	0.4888	12.2171	18.0856	452.0327
Casa3	0	10.64	0	393.68
Casa4	0.6723	0	24.8751	0
Casa5	0.4838	0.5573	17.9006	20.6201
Casa6	1.3659	0	50.5383	0
Casa7	0.9991	0	36.9667	0
Casa8	0.5755	0	21.2935	0
Casa9	0.1231	16.193	4.5547	599.141
Casa10	0	4.503	0	166.611
Casa11	3.207	0	118.659	0
Casa12	0	2.267	0	83.879
Casa13	0	7.973	0	295.001
Casa14	1.3751	0	50.8787	0
Casa15	0.8758	3.881	32.4046	143.597
Casa16	1.7897	0	66.2189	0
Casa17	0.1007	0.5602	3.7259	20.7274
Casa18	0.1007	3.938	3.7259	145.706
Casa19	0.4543	0	16.8091	0
Casa20	0.2963	1.132	10.9631	41.884
Casa21	0	7.416	0	274.392
Casa22	1.9755	2.174	73.0935	80.438
Casa23	0.7793	0	28.8341	0
Casa24	3.288	1.642	121.656	60.754
Casa25	0	0.5492	0	20.3204
Promedio=	0.800116	3.04772	29.604292	112.76564
Desv.st	0.935823901	4.45790567	34.6254843	164.94251
Dup de 2	0.562972973	7.13513514	20.83	264
Dup de 20	0.312702703	1.46486486	11.57	54.2

# Histograma de frecuencias para el radon utilizando la cámara "S"-

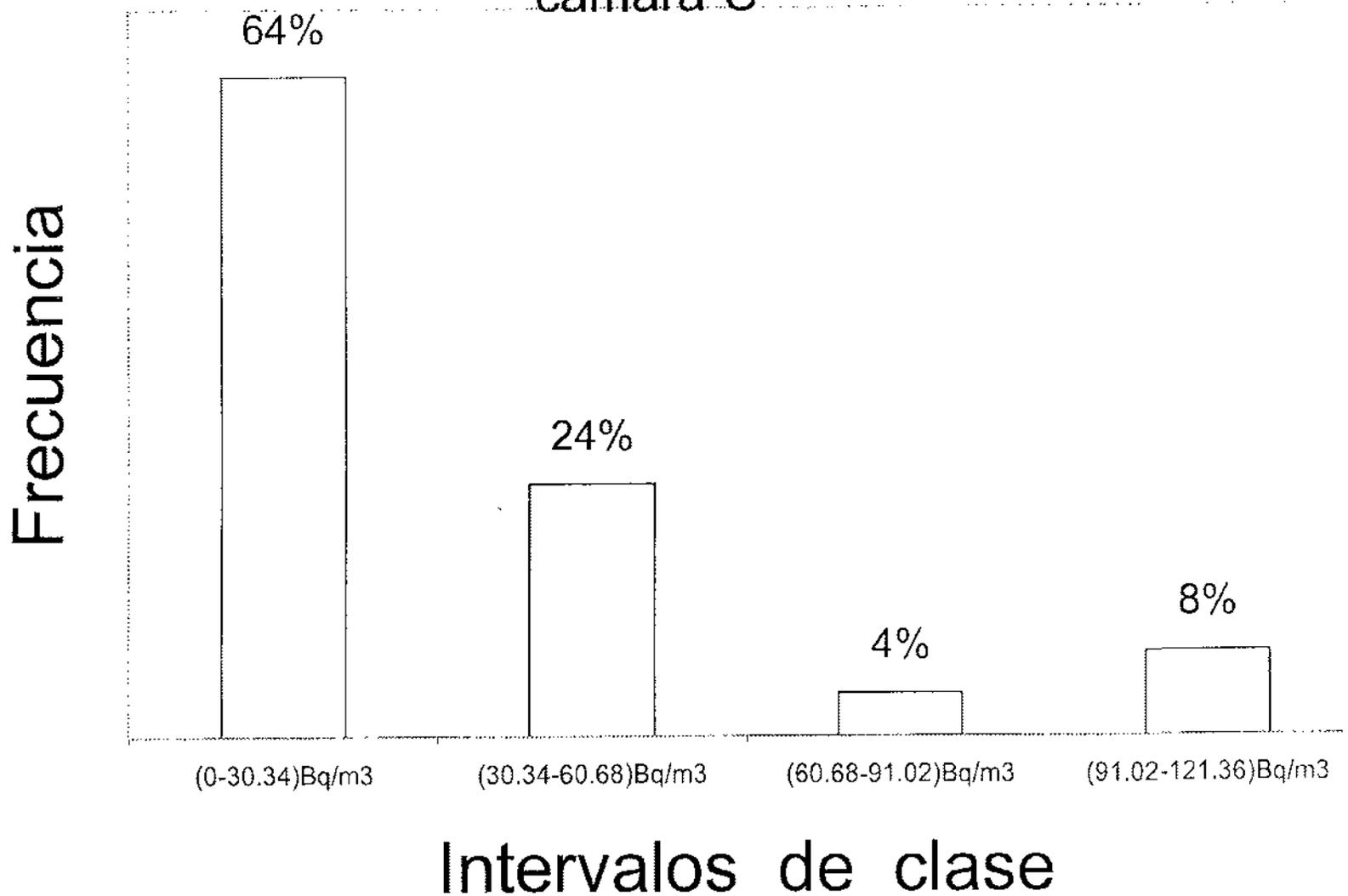


Gráfico No.7

# Histograma de frecuencias para el torón utilizando la cámara "S"

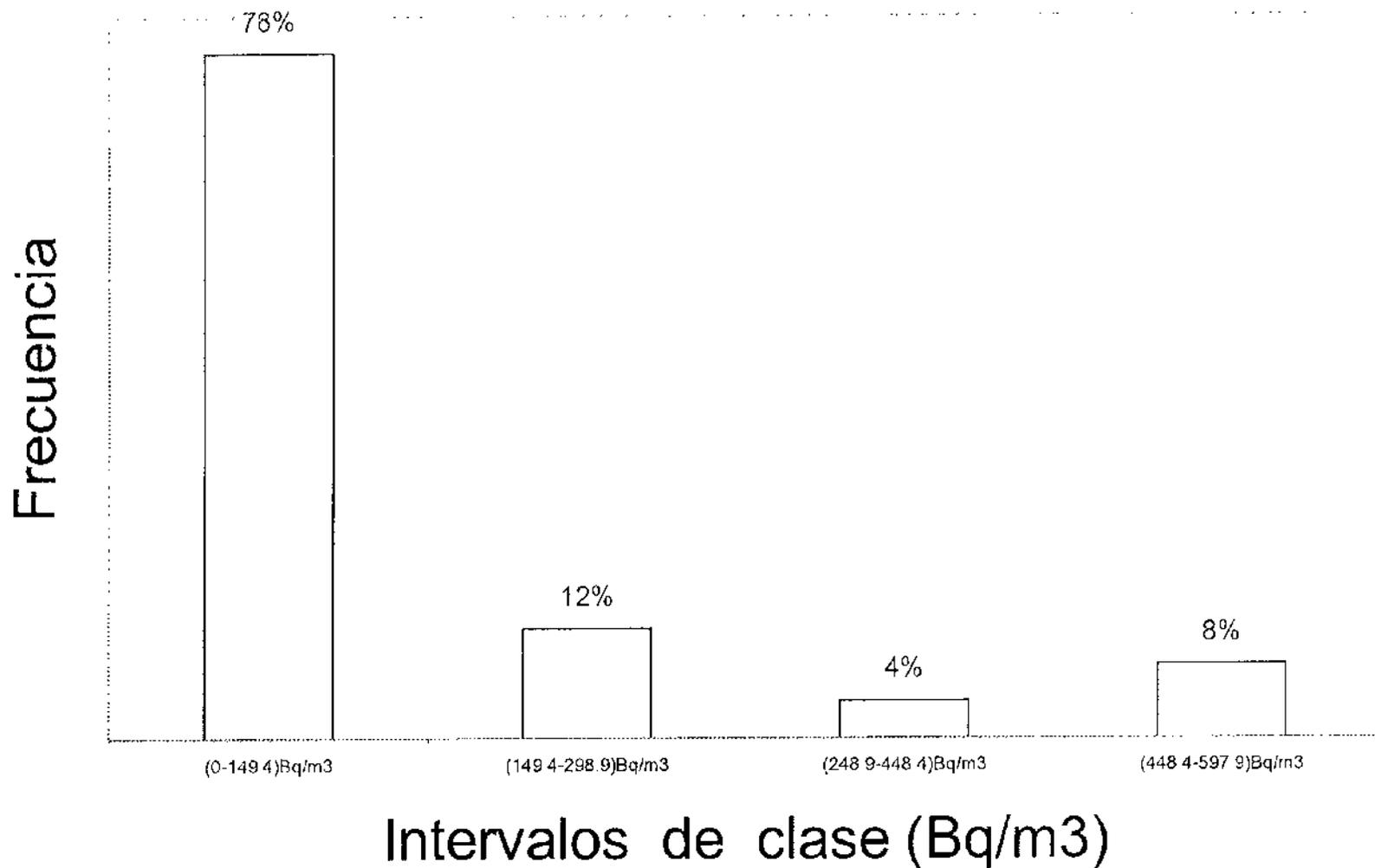


Gráfico No.8

## 5.9 CUESTIONARIO ESTADÍSTICO DE ALGUNAS COSTUMBRES Y HÁBITOS DE LOS MORADORES DE LAS VIVIENDAS MONITOREADAS.

A cada una de las 25 casas monitoreadas se les pidió a sus moradores llenar un pequeño cuestionario del cual podemos tener una serie de parámetros relevantes que nos permitieron saber si existe una relación entre hábitos de vida con las concentraciones del gas radón, también se tomó en cuenta el tipo de material con que fueron construidas las casas.

En la primera pregunta del cuestionario que fue el lugar que habitan: Aquí el 84% que corresponde a 21 casas respondió que vive en casa, el otro 16% que corresponde a 4 casas respondió que habita en departamento (ver fig 8).

La segunda pregunta que fue el número de habitantes en cada hogar las personas respondieron que solo 2 habitantes un 20%, de 3 habitantes solo un 24%, de 4 habitantes respondió un 28%, un 12% respondió que había 6 habitantes así también un 12% respondió que había 7 habitantes, solo un 4% respondió que había 9 habitantes (ver fig 9).

La tercera pregunta fue si alguno o algunos moradores fuman a lo que el 72% de ellos que corresponde a 18 casas respondió afirmativamente a ello, el otro 28% respondió que no fuman dentro de su hogar que corresponde a 7 casas (ver fig 10).

La cuarta pregunta fue si la habitación cuenta con estufa de gas el 100% respondió afirmativamente.

La quinta pregunta hecha fue en que parte de la casa se colocaron los electretos a lo que el 76% que corresponde a 19 casas se colocaron en el primer piso, el otro 24% que corresponde a 6 casas respondió que se colocaron en el segundo piso (ver fig 11).

La sexta pregunta que se les hizo fue con cuantos niveles cuenta la casa el 44%(11casas) respondió que tiene solo 1 piso, el 40%(10 casas) respondió que solo dos pisos, y el 16%(4 casas) respondió que su casa es de 3 pisos(ver fig 12).

La séptima pregunta fue al tipo de construcción que habitan aquí el 80% (20 casas) respondió que cuenta con una habitación moderna esto quiere decir que es relativamente nueva, un 16% (4 casas) respondió que su casa es prefabricada esto quiere decir si esta hecha de tablaroca u otro material, un 4%(1 casa) respondió que habita en una casa antigua quiere decir que esa casa tiene un tiempo mayor 50 años (ver fig 13).

La octava pregunta fue la descripción de la construcción el 80%(20 casas) respondió que es de tabique y el 20%(5 casas) respondió que su casa esta hecha de Lámina, Madera y Concreto(L.M.C) (ver fig14).

La novena pregunta acerca de las características del techo el 96% (24 casas) respondieron que cuentan con techo de concreto y solo en una casa cuenta con techo de lámina (ver fig 15).

La décima pregunta que tipo de piso es con el que cuentan. El 88%(22 casas) respondió que su piso es de cemento, un 12%(2 casas) respondió que era de otro material entre los cuales se puede mencionar la madera, vinil etc (ver fig 16).

La onceava pregunta fue en el tipo de acabado de las paredes, un 76%(19 casas) respondió que tiene aplanado, 16%(4 casas) que es yeso, 8%(2 casas) el acabado es de cemento (ver fig 17).

La doceava pregunta el acabado de los techos un 40%(10 casas) respondió yeso, 28%(7 casas) respondió cemento y también 28%(7casas) respondió aplanado solo un 4%(1 casa) respondió que era de otro material diferente (ver fig 18).

La treceava pregunta el acabado de los pisos 40%(10 casas) respondió cemento, 36%(9 casas) respondió loseta, 20%(5 casas) madera, y solo un 4%(1 casa) respondió que era de otro material (ver fig 19).

La catorceava pregunta así hay ventilación entre pisos un 76%(19 casas) respondió afirmativamente, un 24%(6 casas) respondió negativamente (ver fig 20).

La quinceava pregunta si se cuenta con calefacción o precipitador pluvial el 100% respondió que no cuenta con este medio.

La decimosexta pregunta si se mantienen las ventanas abiertas en las diferentes épocas del año (ver fig 21).

5.9 Cuestionario estadístico de las costumbres y hábitos de los moradores:

**Lugar donde Habitan**



fig.8

**Número de habitantes por hogar**

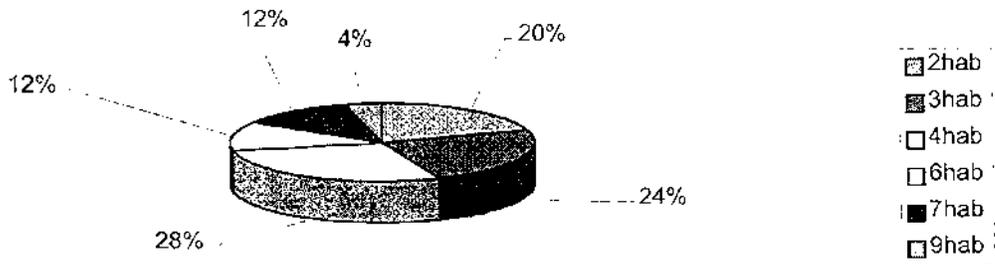


fig.9

**Fuman**

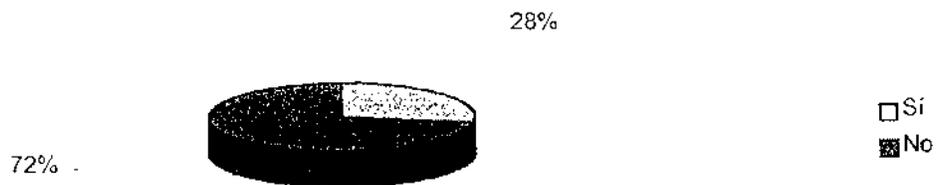


fig.10

### Nivel de colocación de los electretos

24%

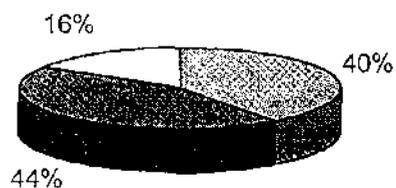


76%

- Planta baja
- Planta alta

fig.11

### Niveles por casa



44%

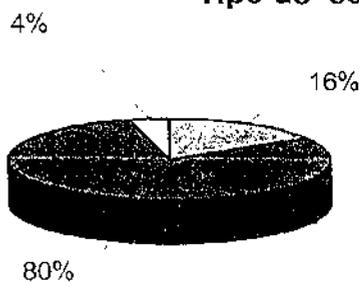
40%

16%

- 1 Piso
- 2 Pisos
- 3 Pisos

fig.12

### Tipo de construcción



4%

16%

80%

- Construcción Antigua
- Construcción moderna
- Construcción Prefabricada

fig.13

### Desc.de la construcción

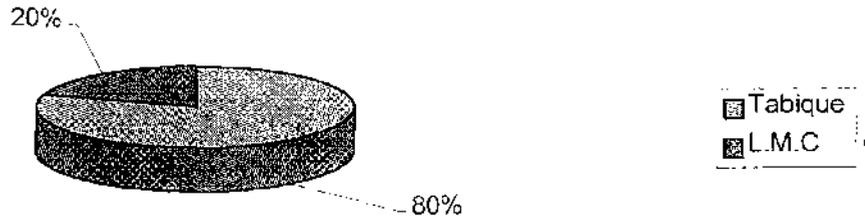


fig.14

### características del techo

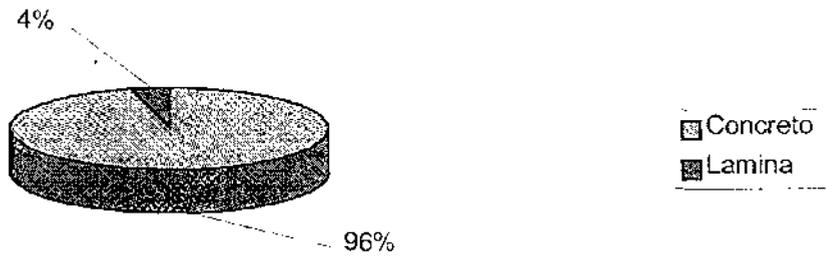


fig.15

### Piso



fig.16

### Acabado de las paredes

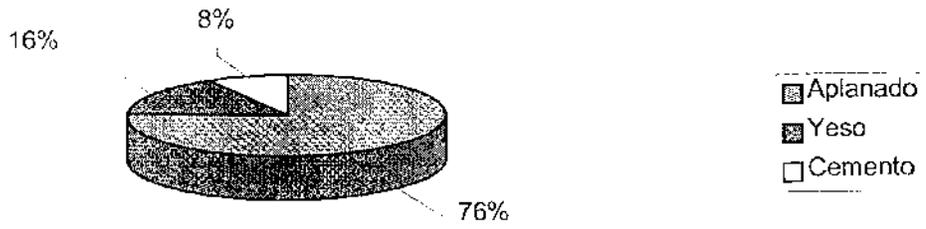


fig.17

### Acabados de techos

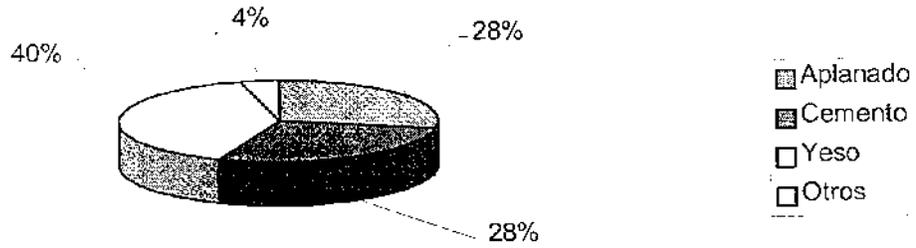


fig.18

### Acabado de los pisos

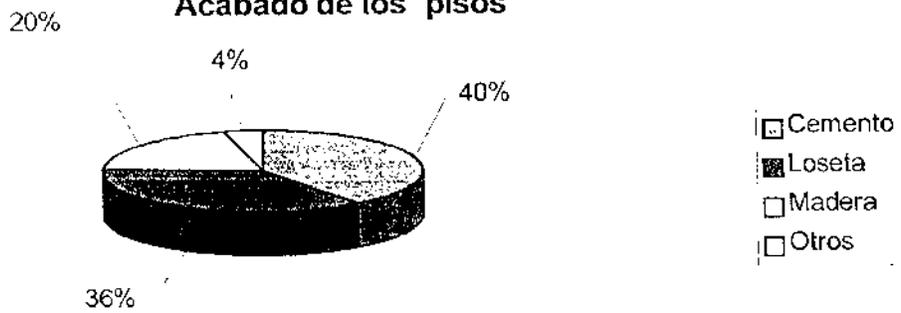


fig.19

### Ventilación entre pisos

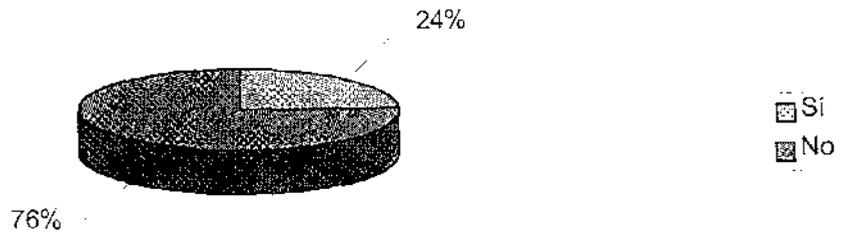


fig.20

### Ventanas abiertas

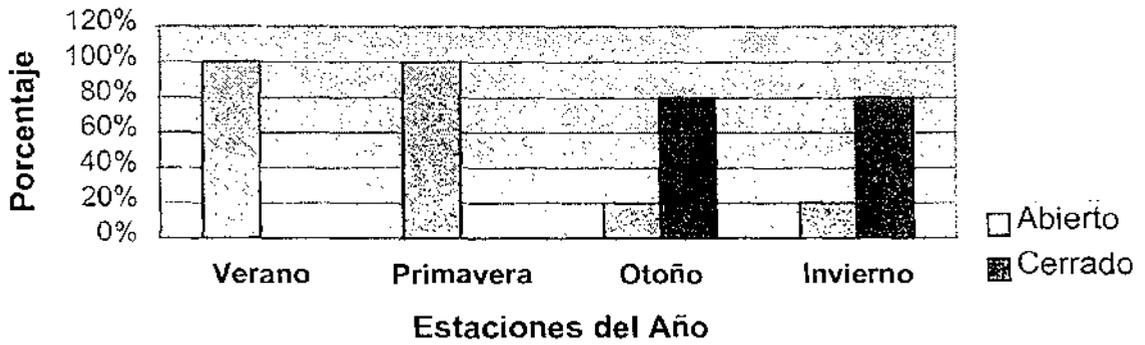


fig.21

## CONCLUSIONES

Tomando como base los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

1. La razón de dosis de exposición gamma obtenida con los dosímetros termoluminiscentes fue de  $8.19 \mu\text{R/h}$ .
2. La dosis promedio mundial que reciben por radiación gamma los seres humanos es de  $0.77 \text{ mSv/año}$ . El resultado que se obtuvo en base al valor del punto 1 fue de  $0.607 \text{ mSv/año}$ . Por lo que se concluye que las dosis por radiación gamma están dentro del promedio mundial.
3. La concentración de radón como promedio aritmético con la cámara "L" fue de  $128.13 \text{ Bq/m}^3$ , y un promedio geométrico de  $92.73 \text{ Bq/m}^3$  con una desviación estándar de  $110.150 \text{ Bq/m}^3$  para las 25 casas habitación. Como no exceden los niveles máximos recomendados por la EPA  $148 \text{ Bq/m}^3$  y por la comunidad Europea  $400 \text{ Bq/m}^3$ , se concluye que no representa riesgo alguno a la salud de los habitantes de las 25 casas.

En los casos en los que los niveles rebasaron los niveles máximos que solo fue en dos casas aquí se presentaron en una de ellas circunstancias particulares como que no había la ventilación suficiente ya que generalmente están deshabitadas durante todo el día, además de tratarse de una construcción antigua fig 13 la cual carece de aplanado por eso la concentración pudo haber sido mayor que en las otras casas monitoreadas. Los intervalos de distribución están como sigue para la cámara "L" ( $22.2\text{-}133.2$ )  $\text{Bq/m}^3$  72%, ( $133.2\text{-}240.5$ )  $\text{Bq/m}^3$  16%, ( $240.5\text{-}357.97$ )  $\text{Bq/m}^3$  4%, ( $357.97\text{-}469.9$ )  $\text{Bq/m}^3$  8%.

4. La concentración como promedio aritmético con la cámara "S" para radón fue de  $29.60 \text{ Bq/m}^3$ , con una desviación estándar de  $34.62 \text{ Bq/m}^3$ , mientras los niveles máximos marcados por la EPA  $148 \text{ Bq/m}^3$  (4Pci/L) ó 0.02WL. %. Los intervalos para el radón son los siguientes: ( $0\text{-}30.34$ )  $\text{Bq/m}^3$  64%, ( $30.34\text{-}60.68$ )  $\text{Bq/m}^3$  24%, ( $60.68\text{-}91.02$ )  $\text{Bq/m}^3$  4%, ( $91.02\text{-}121.36$ )  $\text{Bq/m}^3$  8%.
5. El promedio aritmético de torón fue de  $112.76 \text{ Bq/m}^3$ . Comparado con los datos reportados para otros países como Alemania ( $19.1 \text{ Bq/m}^3$ ), Austria ( $19.61 \text{ Bq/m}^3$ ), y

Brasil ( $19\text{Bq/m}^3$ ). Como podemos ver nuestro dato está por arriba de los valores reportados, pero si discriminamos los valores que son muy elevados, se obtiene prácticamente el mismo valor que los tres países mencionados.

6. El factor de equilibrio fue de 0.255 para el periodo estudiado (Primavera Verano), comparado al estudio que se elaboró en el año 1994 (Otoño) y que obtuvo 0.3 como factor de equilibrio, nos da una proximidad con el valor que se obtuvo
7. Los controles de calidad: verificación del flujo de la bomba así como del equipo siempre estuvo dentro del rango que el fabricante recomienda por lo que las mediciones tienen una gran confiabilidad. Por lo que respecta al % error para la cámara "L" oscila entre 0% y 50%, con un promedio de error de 24.44%. En el caso de la cámara "S" existe un error entre 2.75% y 7.09%, con un promedio de error de 4.92%. Para el caso de los descendientes de radón tenemos que el error oscila entre 25% y 38% con un promedio de 31.5%. El error promedio para los duplicados en el caso de la cámara "S" de torón fue de 20%.

## BIBLIOGRAFÍA

1. La radiación al servicio de la vida. María Esther Brandan, Rodolfo Díaz perches. La ciencia desde México 1999
2. Environment protection Agency "Radon reference Manual" EPA 1986.
3. Estudio geográfico de la delegación Alvaro Obregón.
4. INEGI Manual estadístico.
5. Chart of the nuclides Knolls Atomic power laboratory April 1988.
6. Apuntes sobre Química Nuclear y Radioquímica M.C. Víctor Manuel Loyola Vargas México 1974.
7. Monte Carlo Calculations of LR115 Detector response to  $^{222}\text{Rn}$  In the presence of  $^{220}\text{Rn}$ . D. Nikezić and K.N.Yu Health Physics 78(4):414 ; 2000.
8. Radon and thoron in cave dwellings(Yan'an, China) Jens Wiegand, Sebastian Feige, Xie Qingling, Ulrich Schreiber, Katja Wieditz, Christiane Wittmann, and Luo Xiarong. Health Physics Vol. 60, No. 2; pp, 223-227, 1991.
9. Gamma Radiation and Radon Levels in México City Dwellings. T.Martinez, L. Cabrera, J. J. Garcia. P. Garcia, A. Ramirez, U. Martinez. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles. Vol. 193, No.2 (1995) 259-268.
10. Long term and equilibrium factor indoor radon measurements. T.Martinez, J. Lartigue, M. Navarrete, L. Cabrera, P. Gonzales, A. Ramirez, V. Elizarraras Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles. Vol. 236, Nos 1-2 (1998) 231-237.
11. Summary: International workshop on residential Rn epidemiology.Jonathan M Samet and Jan Stolwijk. Health Physics Vol. 60, No. 2; pp, 223-227, 1991.
12. A practical E-PERMTM (Electret Pasive Environmental Radon Monitor) System for indoor  $^{222}\text{Rn}$  Measurement. P. Kotrappa, J. C. Dempsey, R W.Ramsey and L R Steff Health Physics Vol. 58, No. 4; pp, 461-467, 1990.
13. An electret passive environmental  $^{222}\text{Rn}$  monitor based on ionization measurement P. Kotrappa, J. R. Hickey and L.R. Stieff. Health Physics Vol 54, No. 1; pp, 47-56, 1988.
14. Radon entry into houses: The importance of scale-dependent permeability. K. Garbest, A I Robinson, R G Sextro, and W W Nazaroff. Health Physics Vol 77, No 2, pp. 183-191, 1999.

15. Dependence of indoor radon concentration on the year of house construction. K. Fujimoto and T. Sanada. *Health Physics* Vol. 77, No. 4; pp, 410-419, 1999.
16. Environmental Radon and Cancer risk. A, K. M. Haque and A. E. Kring. *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 45, No. 1-4. pp, 639-642 (1992).
17. Measurement of  $^{222}\text{Rn}$ : A brief history. J. H. Harley. *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 45, No. 1-4. pp, 13-18 (1992).
18. Field Test of Electret Ion Chambers For Environmental Monitoring. R. A. Fjeld, K. J. Montague, M. H. Hapala, And P. Jotrappa. *Health Physics* Vol. 66, No. 2; pp, 147-154, 1994.
19. Analysis of Electret ion Chamber Radon Detector Response To  $^{222}\text{Rn}$  and Interference From Background Gamma Radiation. Shoaib Usman, Henry Spitz, and Shan Lee. *Health Physics* Vol. 76, No. 1; pp, 44-49, 1999.
20. A Performance Study of Four Passive Environmental Radon Detectors. Tod Culp, Rarilee Conway, Kimberly Smith, Mark Miller. *Radioactivity and Radiochemistry* Vol. 4, No. 3, 1993.
21. The Exposure of Aircraft Crews To Radiations Of Extraterrestrial Origin. K. O'Brien. W. Friedberg, F. E. Duke, L. Snyder, E. B. Darden Jr. And. H. H. Sauerll. *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 45, No. 1-4. pp, 145-162 (1992).
22. Overview Of The United States Environmental Protection Agency Radon Action Programme. M. Oge. *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 45, No. 1-4. pp, 751-757 (1992).
23. A Passive Measurement Technique For Characterisation Of High-Risk Houses in Japan due to Enhanced levels of Indoor Radon and Thoron Concentrations. M. doi, S. Kobayashi and K. Fujimoto. *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 45, No 1-4. pp, 425-431 (1992).
24. Indoor Radon And Thoron Surveys In High Radioactivity areas Of Italy. *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 45, No 1-4. pp, 509-512 (1992).
25. Radioactivity of Radon And Thoron Daughters In Romania. *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 45, No. 1-4. pp, 483-485 (1992).
26. Indoor Radon And Thoron Progeny Measurements. *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 45. No 1-4. pp, 557-561(1992)

27. Ramírez Chávez Alejandro. Tesis Detección de radón en casas Habitación en la Delegación Tláhuac. 1994. México.
28. Carrillo Farga María Sol. Tesis Radioactividad Natural y Procesos de decaimiento. 1992. México.
29. Garcia Resendiz J.J. Tesis Detección de Radon en 25 Casas de la Delegación Alvaro Obregón. 1994. México.
30. Long-Term Measurements of  $^{223}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ , and  $^{212}\text{Pb}$  Concentrations in the air of Private and Public Buildings and Their Dependence Friedrich Steinhäusler. Health Physics Vol. 29, pp, 705-713, 1975.
31. Thoron Exposure of Man: A Negligible Issue?. Friedrich Steinhäusler, W. Hofmann and H. Lettner. Radiation Protection Dosimetry Vol. 56, Nos. 1-4. pp, 127-131. (1994).
32. Alvaro Obregón "Monografía" Gobierno de la ciudad de México, 1999.
33. E-PERM Manual Part II.
34. Elevation correction factors for E-PERM Radon Monitors P. Kotrappa and L. R. Stieff Health Physics 62(1): 82:86;1992
35. Regulatory Approach Toward Controlling Exposure to radon in Dwellings, Radon Protection Dosimetry. Vol 45, 1-4, pp 745-750 1992.