

Contenido:

Índice general.....	1
✚ Índice de figuras.....	3
✚ Índice de tablas.....	6
✚ Capítulo I. Introducción.....	7
I.1 Antecedentes.....	10
I.2 Estrategias internacionales para la reducción de las emisiones de los GEI.....	14
I.3 Acciones mundiales: Agotamiento de la capa de ozono.....	14
I.4 Acciones mundiales: Calentamiento Global.....	16
I.5 Acciones nacionales: México.....	20
✚ Capítulo II. Metodología.....	22
II.1 Entrevistas.....	23
II.2 Encuesta piloto.....	24
II.3 Encuesta final.....	25
II.4 Manejo de datos.....	26
II.5 Desarrollo de mapas de distribuciones temporales y espaciales.....	33
II.6 Desarrollo de mapas de porcentaje de masa fugada y mapas de frecuencia relativa.....	38
II.7 Desarrollo de modelo dinámico.....	40
✚ Capítulo III. Resultados.....	50
III.1 Resultados de la encuesta piloto.....	51
III.2 Resultados de la encuesta final.....	55
III.3 Resultados de mapas de porcentaje de masa fugada.....	60
III.4 Resultados de mapas de frecuencia relativa.....	63
III.5 Resultados de mapas de distribuciones temporales.....	65
III.6 Resultados de mapas de distribuciones espaciales.....	69
III.7 Resultados de modelo dinámico.....	72
III.8 Resultados finales.....	74
✚ Capítulo IV. Conclusiones Y Recomendaciones.....	78
IV.1 Conclusiones.....	79
IV.2 Recomendaciones.....	84

✚ Apéndices.....	86
✚ Apéndice[A].....	87
✚ Apéndice[B]	90
✚ Apéndice[C]	91
✚ Anexos.....	94
✚ Anexo [A]	95
✚ Anexo [B]	96
✚ Glosario.....	97
✚ Referencias	106

Índice de figuras:

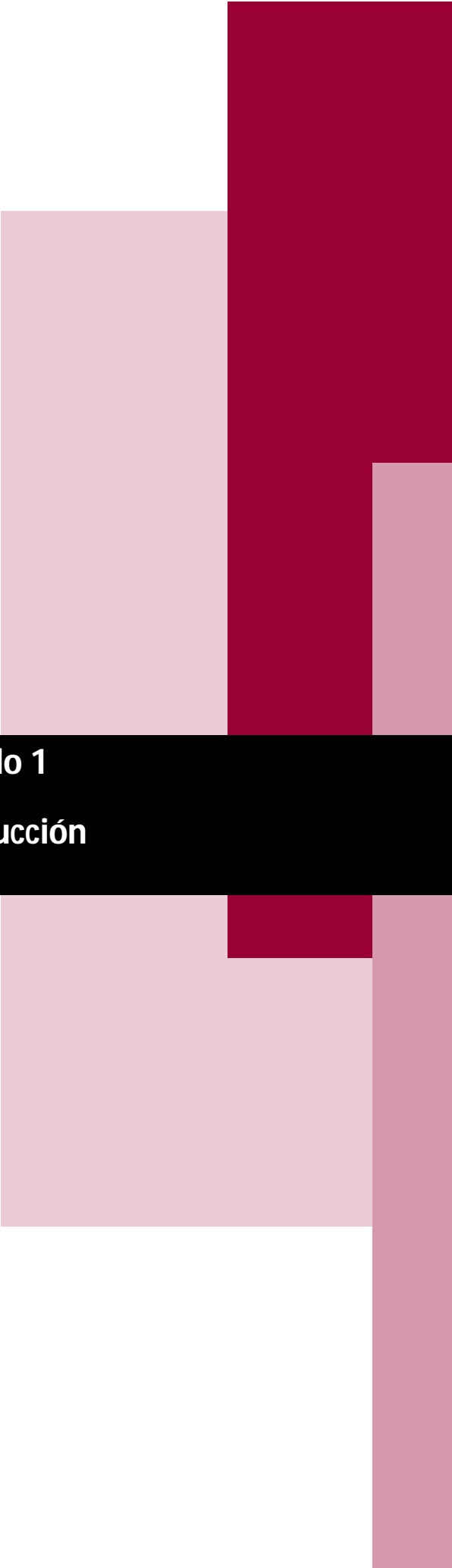
1.	Figura 1.1: Estrategias internacionales adoptadas para controlar las SAO y los GEI.....	14
2.	Figura 1.2: Acciones respecto al agotamiento de la capa de ozono.....	14
3.	Figura 1.3: Potenciales de agotamiento de ozono de algunos gases refrigerantes.....	15
4.	Figura 1.4: Acciones respecto al calentamiento global.....	16
5.	Figura 1.5: Estratificación de niveles de acuerdo al IPCC.....	18
6.	Figura 1.6: Nivel 1 de las buenas prácticas del IPCC.....	18
7.	Figura 1.7: Distribución mundial de la producción anual de Fluorocarbonos.....	19
8.	Figura 1.8: Acciones emprendidas en México.....	20
9.	Figura 2.1: Esquema de las etapas aplicadas.....	23
10.	Figura 2.2: Diagrama de flujo de manejo de datos.....	26
11.	Figura 2.3: Access: Base de datos.....	26
12.	Figura 2.4: Access: Captura de información.....	26
13.	Figura 2.5: Excel: Información capturada en la base de datos.....	27
14.	Figura 2.6: Archivos de Google Earth: Indicadores.....	27
15.	Figura 2.7: Obtención de latitud y longitud.....	28
16.	Figura 2.8: Registro Excel. Captura de coordenadas de latitud y longitud.....	29
17.	Figura 2.9: Diagrama de codificación de datos de acuerdo a la temporada	30
18.	Figura 2.10: Diagrama de codificación del tipo de refrigerante.....	30
19.	Figura 2.11: Diagrama de codificación de servicio efectuado.....	31
20.	Figura 2.12: Diagrama de codificación del tipo de equipo.....	32
21.	Figura 2.13: Registros codificados para transferirse al software Map Info.....	32
22.	Figura 2.14: Campos utilizados: Map Info.....	34
23.	Figura 2.15: Distribución de datos en plano cartesiano.....	34
24.	Figura 2.16: Mapas de distribuciones: Map Info.....	35
25.	Figura 2.17: Campos seleccionados	35
26.	Figura 2.18: Rangos de categoría de los campos: estaciones.....	36
27.	Figura 2.19. Mapa temático.....	36
28.	Figura 2.20: Mapa de la división de la ciudad de Mexicali Baja California en secciones.....	38
29.	Figura 2.21: Registro Excel: Captura de secciones codificadas por colonia.....	39
30.	Figura 2.22: Subsistema: Tipología de vivienda.....	43
31.	Figura 2.23: Subsistema: Capacidad de acuerdo a la vivienda.....	43

32.	Figura 2.24: Subsistema: Gas suministrado a equipos de aire acondicionado.....	44
33.	Figura 2.25: Subsistema: Gas suministrado a equipos refrigeradores.....	45
34.	Figura 2.26: Subsistema: Suma total de acuerdo al tipo de refrigerante.....	45
35.	Figura 2.27: Monthly Average for Mexicali, México.....	46
36.	Figura 2.28: Distribución mensual de gases refrigerantes.....	46
37.	Figura 2.29: Relación grafica entre temperatura promedio y cantidad de gas fugado en Stella.....	46
38.	Figura 2.30: Sistema para calcular la cantidad de gas fugado: Volumen de masa fugada.....	47
39.	Figura 2.31: Subsistema: Servicios requeridos.....	47
40.	Figura 2.32: Subsistema: Total de bióxido de carbono equivalente.....	48
41.	Figura 2.33: Sistema para calcular la cantidad de gas fugado: año 2008.....	49
42.	Figura 2.34: Subsistema: Gas suministrado a refrigeradores: Año 2008.....	49
43.	Figura 3.1: Gases refrigerantes utilizados en servicios a nivel doméstico.....	51
44.	Figura 3.2: Gas CFC que cada técnico libera a la atmósfera anualmente.....	51
45.	Figura 3.3: Gas HCFC que cada técnico libera a la atmósfera anualmente.....	52
46.	Figura 3.4: Gas HFC que cada técnico libera a la atmósfera anualmente.....	52
47.	Figura 3.5: Periodo de tiempo en que los equipos presentan fugas.....	53
48.	Figura 3.6: Disposición final de los gases refrigerantes.....	54
49.	Figura 3.7: Cantidad anual de gas refrigerante emitido por técnico.....	54
50.	Figura 3.8: Distribución anual del consumo de gases refrigerantes 2006.....	55
51.	Figura 3.9: Distribución mensual del consumo de gases refrigerantes año 2006.....	55
52.	Figura 3.10: Distribución anual del consumo de gas refrigerante 2007.....	56
53.	Figura 3.11: Distribución mensual del consumo de gases refrigerantes año 2007.....	57
54.	Figura 3.12: Distribución anual del consumo de gases refrigerantes año 2008.....	58
55.	Figura 3.13: Distribución mensual del consumo de gases refrigerantes año 2008.....	59
56.	Figura 3.14: Mapa de porcentaje de masa fugada : año 2006.....	60
57.	Figura 3.15: Mapa de porcentaje de masa fugada: año 2007.....	61

58.	Figura 3.16: Mapa de porcentaje de masa fugada: año 2008.....	61
59.	Figura 3.17: Mapa de porcentaje de frecuencia relativa: año 2006.....	63
60.	Figura 3.18: Mapa de porcentaje de frecuencia relativa: año 2007.....	63
61.	Figura 3.19: Mapa de porcentaje de frecuencia relativa: año 2008.....	64
62.	Figura 3.20: Diagnóstico de vivienda Mexicali B.C.,	65
63.	Figura 3.21: Distribución por tipo de vivienda de acuerdo al diagnóstico de vivienda Mexicali B.C. y a los datos analizados.....	65
64.	Figura 3.22: Mapa de distribución temporal: año 2006.....	66
65.	Figura 3.23: Mapa de distribución temporal: año 2007.....	67
66.	Figura 3.24: Mapa de distribución temporal: año 2008.....	67
67.	Figura 3.25: Mapa de distribución espacial: año 2006.....	69
68.	Figura 3.26: Mapa de distribución espacial: año 2007.....	70
69.	Figura 3.27: Mapa de distribución espacial: año 2008.....	70
70.	Figura 3.28: Condiciones de entrada flexibles del modelo dinámico en Stella.....	72
71.	Figura 3.29: Resultado del comportamiento de los gases refrigerantes en Stella.....	72
72.	Figura 3.30 Totales de CO ₂ equivalente simulados en Stella.....	72
73.	Figura A.1: Variables de distribución de equipos de acuerdo su capacidad. subsistemas: 2 y 3.....	87
74.	Figura C.1 Concentrado de datos: año 2006.....	91
75.	Figura C.2 Concentrado de datos: año 2007.....	92
76.	Figura C.3 Concentrado de datos: año 2008.....	93

📌 Índice de tablas:

1.	Tabla 1.1: PAO y PCG de algunos gases refrigerantes	17
2.	Tabla 1.2: Emisiones de HCFC por refrigeración y aire acondicionado en Baja California	21
3.	Tabla 2.1: Cantidad de recarga de gas refrigerante de acuerdo al tipo de equipo	31
4.	Tabla 2.2: Tabla de datos: Map Info	33
5.	Tabla 2.3: Registro Excel: Colonias correspondientes a cada sección	39
6.	Tabla 2.4: Concentrado de cantidad recargada en base a la capacidad de los equipos: año 2008	48
7.	Tabla 3.1: Emisiones de gases refrigerantes por refrigeración y aire acondicionado en Mexicali Baja California año 2006	74
8.	Tabla 3.2: Emisiones de gases refrigerantes por refrigeración y aire acondicionado en Mexicali Baja California año 2007	74
9.	Tabla 3.3: Emisiones de gases refrigerantes por refrigeración y aire acondicionado en Mexicali Baja California año 2008	75
10.	Tabla 3.4: Frecuencia de registros por año de estudio	75
11.	Tabla. 3.5: Escenarios propuestos por medio de simulación en Stella	76
12.	Tabla. 3.6. Comparación de emisiones totales de gases refrigerantes: Base de datos-Stella	76
13.	Tabla A.1: Variables utilizadas en los subsistemas: 3	88
14.	Tabla A.2: Variables empleadas en los subsistemas: 3 y 4	88
15.	Tabla A.3: Variables aplicadas en los subsistemas: 5, 6 y 7	88
16.	Tabla A.4: Variables consideradas en los subsistemas: 4, 6 y 7	89
17.	Tabla A.5: Variables integradas en los subsistemas: 1, 2, 4, 6 y 7	89
18.	Tabla B.1: Distribución por tipo de vivienda de acuerdo al diagnóstico de vivienda Mexicali B.C.	90
19.	Tabla B.2: Distribución por tipo de vivienda de acuerdo a los datos registrados: año 2006	90
20.	Tabla B.3: Distribución por tipo de vivienda de acuerdo a los datos analizados: año 2007	90
21.	Tabla B.4: Distribución por tipo de vivienda de acuerdo a los datos estudiados: Año 2008	90



Capítulo 1
Introducción

Introducción

Hoy en día en la atmósfera, debido a la radiación UV, una gran cantidad de compuestos orgánicos se fragmentan y se convierten en piezas altamente reactivas, combinándose entre sí generando compuestos más complejos.

Los compuestos químicos orgánicos se han convertido en factores significativos en algunos de nuestros problemas más serios ya que muchos de estos compuestos introducidos en el medio ambiente han producido consecuencias serias. Algunos de ellos, entre los que se encuentran los clorofluorocarbonos (CFC), se han utilizado por muchos años y recientemente se han prohibido porque generan la destrucción de la capa de ozono, la cual protege a los seres vivos de la radiación ultravioleta.

Debido al grado de daños ambientales globales generados por las emisiones de los distintos tipos de gases, se han acordado acciones internacionales para disminuir los efectos negativos que afectan toda forma de vida.

La evidencia del agotamiento de la capa de ozono, dio origen a que se firmara el Protocolo de Montreal, el cual ha logrado la regulación y reducción de la producción y el consumo de sustancias agotadoras de ozono (SAO).

Por otra parte, el cambio climático global (CCG) que se atribuye al fenómeno de calentamiento global, también se maneja como consecuencia del aumento de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI), situación que ha obligado a las naciones a cumplir con metas específicas, acordadas en el Protocolo de Kyoto, para que se reduzcan las emisiones de GEI.

Como trabajos preliminares, se han elaborado inventarios nacionales de emisiones de GEI ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

En 1996 México Para cumplir su compromiso con la CMNUCC, presentó el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI 1990-2002), elaborado a partir datos generados para otros fines distintos del inventario. Tal información, conlleva a realizar una serie de estimaciones y supuestos necesarios para adaptarla a lo solicitado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).

Por esta razón, en el presente estudio tiene como objetivo el desarrollo de una metodología para estimar las emisiones de los gases refrigerantes considerados gases de efecto invernadero e inventariados dentro del rubro industrial en Mexicali, Baja California, la cual proporcione un inventario confiable que permita una estimación del impacto ambiental local ocasionado.

Objetivos

Objetivo General:

- ✚ Integrar, adaptar y sistematizar metodologías y modelos para facilitar la estimación y desarrollo de inventarios de las emisiones de gases refrigerantes, de la ciudad de Mexicali, B.C.

Objetivos Particulares:

Con el propósito de obtener datos continua y directamente a partir de una fuente confiable y para establecer un vínculo con los técnicos en refrigeración. De la misma manera, para conocer el comportamiento de las emisiones, así como su impacto en este periodo y posiblemente en otro, se desarrollaron los siguientes objetivos.

- ✚ Proponer una red de monitoreo entre técnicos en refrigeración para la obtención de datos.
- ✚ Establecer escenarios futuros en base a la información analizada.

Justificación

Para el desarrollo de un inventario de emisiones es importante considerar que el cálculo de las estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) requiere de información lo más real posible para mejorar los inventarios de GEI.

El IPCC brinda la flexibilidad de efectuar adecuaciones necesarias siempre y cuando no se desvíen de las directrices previamente establecidas por dicho organismo.

"De conformidad con las directrices del IPCC, las partes podrán utilizar los diferentes niveles metodológicos incluidos en las directrices, dando prioridad a los que se considere que puedan producir las estimaciones más exactas, es decir utilizar niveles

superiores según las circunstancias nacionales y la disponibilidad de datos." (IPCC, 1996)

Dentro del inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (INEGEI-2002) se indica que la actualización del inventario de GEI respecto a los gases refrigerantes a nivel doméstico presenta aspectos que requieren algunas mejoras.

Para conocer la tendencia de las emisiones de GEI en particular de los gases refrigerantes, en este estudio se propone estimar las emisiones de gases refrigerantes a partir de mediciones directas por parte de los técnicos en refrigeración durante los servicios de mantenimiento y/o en reparaciones in situ. Este método permite mayor certeza y confiabilidad en la estimación de emisiones de gases refrigerantes generados por el sector doméstico. El inventario de gases de efecto invernadero de Baja California vigente presenta un error relativo en relación en sus resultados publicados y el presente estudio igual al 96%, siendo este valor muy elevado. Una ventaja de aplicar el método propuesto, es que brinda la información real y pertinente con lo cual podría aplicarse una metodología como lo recomienda el IPCC.

1.1 Antecedentes

Actualmente, las principales consecuencias ambientales globales son el agotamiento de la capa de ozono y el cambio climático global (INEGEI, 2002).

En efecto, estos daños ambientales, en gran medida son producto de las emisiones de diferentes tipos de gases dentro de los cuales se encuentran el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), algunos halógenos,

los clorofluorocarbonos (CFC), los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y los hidrofluorocarbonos (HFC) entre otros, de los cuales, los tres últimos continúan empleándose en la mayoría de los países en desarrollo para el mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado, utilizando los CFC, HCFC y HFC como agentes refrigerantes en sistemas de refrigeración y de aire acondicionado industrial y doméstico.

Agotamiento de la capa de ozono

El ozono es un gas venenoso para todos los animales, es de color azul pálido con un olor fuerte e irritante. En los humanos, la exposición a 0.1-1 ppm, provoca dolores de cabeza, daña los ojos e irrita las vías respiratorias. Sin embargo, el ozono es un componente importante en la alta atmósfera, donde funciona como filtro de la radiación ultravioleta del sol, gracias a ello ha sido posible que exista la vida terrestre. Por esta razón, el deterioro de la capa de ozono estratosférica es una gran preocupación científica y una amenaza a la vida del planeta. (Brown, 2003)

La molécula de ozono se compone de tres átomos de oxígeno (O_3). Las moléculas de ozono constantemente se forman y se destruyen en un proceso cíclico en base a procesos atmosféricos naturales.

A diferencia del oxígeno molecular O_2 , el gas O_3 no es estable y puede ser destruido con gran facilidad por aquellos compuestos naturales que contengan átomos de nitrógeno, hidrógeno y de cloro.

La radiación ultravioleta tiene una menor longitud de onda. Se clasifica en UVA, UVB y UVC, esta última es nociva para las formas de vida existentes, pero afortunadamente es bloqueada casi completamente por la capa de ozono.

En el año de 1995, el Premio Nobel de química, fue otorgado a F. Sherwood Rowland, Mario Molina y Paul Crutzen por sus estudios respecto al deterioro de la capa de ozono en la estratósfera.

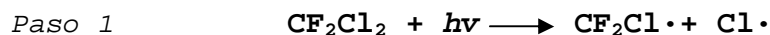
En el año de 1970, Crutzen demostró que los óxidos de nitrógeno que ocurren de manera natural, destruyen el ozono. Rowland y Molina, reconocieron en 1974, que el cloro proveniente de los CFC podría dañar la capa de ozono. También revelaron que las moléculas estables de las sustancias CFC son capaces de difundirse a la estratósfera y destruir ahí las moléculas de ozono.

Entre dichas sustancias, primordialmente se encuentran el triclorofluorometano $CFCl_3$ y el diclorodifluorometano CF_2Cl_2 conocidos como refrigerantes R11 y R12, respectivamente. Debido a que estos gases poseen una estructura estable, por lo cual son muy seguros en la Tierra, y a que no son reactivos en la baja atmósfera, son relativamente insolubles en agua, por lo que no son removidos de la atmósfera por lluvias o por disolución de los océanos.

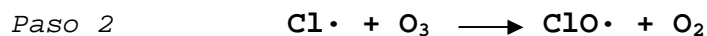
Desafortunadamente, la falta de reactividad que los hace tan útiles comercialmente, también les permite sobrevivir en la atmósfera y difundirse sin ningún cambio lentamente hacia la estratósfera. Es precisamente en la estratósfera donde los rayos UV rompen sus enlaces químicos C-Cl por ser estos enlaces más débiles que los enlaces C-F. Como resultado, se libera el átomo del cloro, el cual atrae un átomo de la molécula de ozono y lo convierte en oxígeno. El átomo de cloro actúa como un catalizador y lleva a cabo esta destrucción sin presentar cambio alguno, razón por la cual es capaz de iniciar una *reacción en cadena*, repitiéndose varias veces el proceso de destrucción, y dañando el balance natural del Ozono (Wingrove, 2003).

Las reacciones que se llevan a cabo son las siguientes. (Freón-12 es utilizado como ejemplo)

Iniciación de la Cadena



Propagación de la Cadena



- ✚ **Paso 1:** El primer paso involucra la fragmentación de una molécula de cloro en dos átomos de cloro altamente reactivos, por medio de calor o luz. El átomo de cloro producido inicia una reacción en cadena.
- ✚ **Paso 2:** El segundo paso consiste en la extracción de un átomo de hidrogeno de la molécula del metano por un átomo de cloro.
- ✚ **Paso 3:** En el tercer paso, el radical metilo altamente reactivo, reacciona con una molécula de cloro por medio de la extracción de un átomo de cloro. Esto genera la formación de una molécula de clorometano y un átomo de cloro. Este producto es particularmente significativo, puesto que el átomo de cloro formado en el paso tres, puede atacar a otra molécula de metano y ocasionar la repetición del paso 2. Posteriormente, de esta manera, el paso 3 se repite por cientos o miles de veces. Con cada repetición del paso 3, se produce una molécula de clorometano. Este tipo de mecanismo secuencial, en donde cada paso genera el intermedio reactivo el cual ocasiona que ocurra el siguiente paso, se conoce como

halogenación por radicales libres o en ocasiones una *reacción en cadena por radicales libres*. En este ejemplo, se requiere de calor o luz para empezar la reacción, pero una vez que inicia, la reacción continúa durante algún tiempo hasta que se consume el reactivo limitante (el que se empleó al principio) CH_4 o Cl_2 .

Una desventaja radica en el hecho que los CFC, son sustancias que duran mucho tiempo en la atmósfera, por ejemplo, el CFC-11 permanece aproximadamente 45 años, y el CFC-12 permanece alrededor de 100 años, dándoles el tiempo necesario para difundirse a la estratósfera y una vez ahí, destruir gran cantidad de moléculas de ozono (Brown, 2003).

Calentamiento global:

El efecto invernadero permite que la atmósfera se mantenga caliente y estable para que el clima en la Tierra sea confortable para los seres vivos. Sin la presencia de este fenómeno, las temperaturas descenderían alrededor de 30°C resultando imposible preservar la vida en este planeta. Para que se genere el efecto invernadero, los gases de efecto invernadero son indispensables en pequeñas proporciones, un aumento considerable de GEI propiciará indudablemente un cambio drástico en la temperatura global, por ello, juega un papel importante en cuanto al calentamiento global.

El calentamiento global es derivado de las emisiones de GEI, promueven la concentración del calor que sale de la Tierra, provocando un aumento en la temperatura de la atmósfera. Desde la década pasada, el cambio climático, entendido como cualquier cambio en el clima, es de tipo antropogénico es decir, es la influencia en el clima ocasionada por la actividad humana.

Como se menciono anteriormente, dentro de los GEI se encuentran, el dióxido de carbono, metano, CFC, HCFC y halógenos. El potencial de calentamiento global (PCG) es la fracción en que cada uno de los GEI contribuye al calentamiento global de la atmósfera, resultando así el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo producido por la liberación instantánea de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO_2 . Por lo general se hace referencia a su duración en la atmósfera en un periodo de 100 años. Por ejemplo, la emisión de 1kg de R-134a es equivalente a la emisión de 1300 kg de CO_2 .

1.2 Estrategias internacionales para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

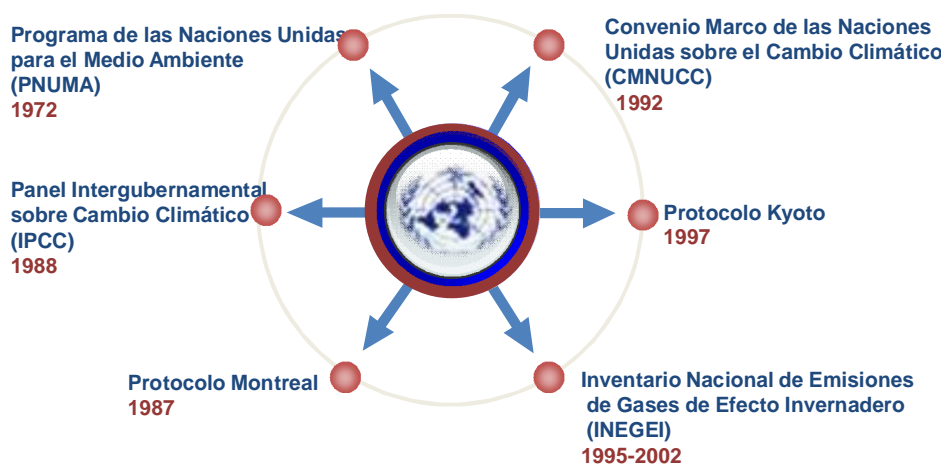


Figura 1.1: Estrategias internacionales adoptadas para controlar las SAO y los GEI.

En la figura 1.1 se presentan algunas de las estrategias que se desarrollaron para tratar, aminorar y/o solucionar los problemas globales del agotamiento de la capa de ozono y del cambio climático, las cuales se detallan en los siguientes apartados referentes a cada tema en particular.

1.3 Acciones mundiales: Agotamiento de la capa de ozono

AÑO	ORGANISMO	OBJETIVOS
1972	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)	❖ Protección de Capa de Ozono
1987	Protocolo Montreal	❖ Regular la producción y consumo de las SAO

Figura 1.2: Acciones específicas respecto al agotamiento de la capa de ozono

Desde 1972, se ha abordado el tema respecto a la protección de la capa de ozono, a raíz de la creación del Programa de las Naciones

Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (figura 1.2). Con el apoyo y colaboración del PNUMA, los países acordaron tomar medidas y llevar a cabo una serie de acciones.

Las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) son hidrocarburos clorados, fluorados o bromados, las cuales como ya se mencionó, tienen la peculiaridad que una vez que son emitidas a la atmósfera, reaccionan con las moléculas de ozono de la estratosfera destruyéndolas de manera masiva. Las dos obligaciones principales de las Partes anexas al Protocolo de Montreal son cumplir con los calendarios de congelación y eliminación de SAO y prohibir su comercio (PNUMA, 2000).

La capacidad que poseen estas sustancias para agotar o destruir la capa de ozono se denomina potencial de agotamiento de ozono (PAO). En base al poder destructivo de cada sustancia, le corresponde un PAO en relación al CFC-11, el cual tiene un PAO equivalente a 1. El PAO de algunas sustancias se puede observar en la figura 1.3 (SEMANART, 2007).

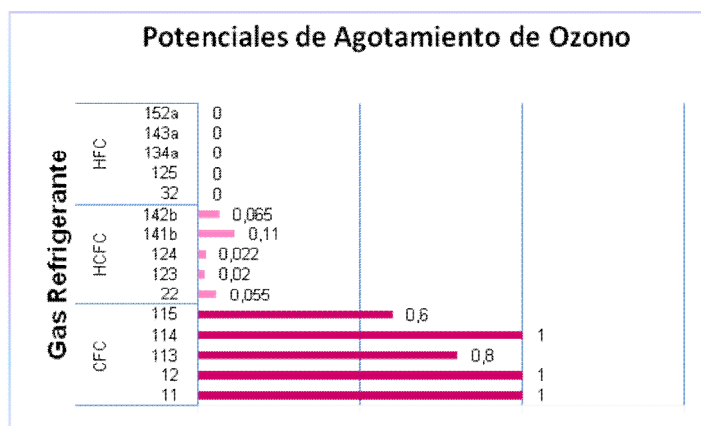


Figura 1.3: Potenciales de agotamiento de ozono de algunos gases refrigerantes.

Dentro de la clasificación de las SAO, están presentes los gases refrigerantes CFC: CFC-11, CFC-12, y los HCFC: HCFC-22. Es importante considerar la capacidad destructora de estos y más aún su duración de vida destructiva; que se pondera entre 100 a 400 años dependiendo del tipo de SAO. Cabe señalar que el sector que más utiliza SAO es precisamente el de mantenimiento de sistemas de acondicionamiento mediante la purga y mantenimiento de los sistemas.

De manera emergente, los gases refrigerantes HCFC, han surgido como sustitutos temporales de los CFC debido a los daños que ocasionan a la capa de ozono.

1.4 Acciones mundiales: Calentamiento global

AÑO	ORGANISMO	OBJETIVOS
1988	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Analizar y evaluar los riesgos de los cambios climáticos ocasionados como resultado de las actividades antropogénicas ❖ Apoya a los países para que preparen eficientemente los inventarios nacionales de GEI
1992	Convención Marco sobre Cambio Climático (CMNUCC)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Regular y estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera
1997	Protocolo Kyoto	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Reducir las emisiones de los GEI como el CO₂, CH₄, N₂O, SF₆ e HFC entre otros gases

Figura 1.4: Acciones específicas respecto al calentamiento global

El calentamiento global seguirá representando una amenaza a medida que continúen las emisiones de gases de efecto invernadero. El organismo encargado de analizar y evaluar los riesgos de los cambios climáticos ocasionados por las actividades antropogénicas que contribuyen en gran medida al calentamiento actual, es el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) (figura 1.4) el cual se fundó en 1988. En la figura 1.4 también se resumen otras acciones que se establecieron para controlar el calentamiento global.

En la tabla 1.1 se observa que desafortunadamente la mayor parte de las SAO, y otras sustancias que se generaron para reemplazarlas, están también dentro de la clasificación de GEI que poseen un elevado potencial de calentamiento global, como es el caso de los gases refrigerantes CFC y de algunos HCFC. Por otra parte, los HFC no son clasificados como SAO por no contener moléculas de cloro, sin embargo poseen un alto PCG (SEMARNAT, 2007).

Tabla 1.1: PAO y PCG de algunos Gases Refrigerantes.

Refrigerante	PAO	PCG	Permanencia en la Atm.
CFC			
R-11	1.00	4600	45.0
R-12	0.820	10600	100.0
R-115	0.400	7200	1700
HCFC			
R-22	0.034	1700	11.9
R-123	0.012	120	1.4
HFC			
R-23	0	12000	260.0
R-134a	0	1300	13.8
ZEOTROPOS			
R-404A	0	3800	
R-409A	0.039	1500	
R-410A	0	2000	

Los métodos utilizados para efectuar los inventarios de gases de efecto invernadero en la mayoría de los países desarrollados y en vías de desarrollo, principalmente en los países anexas al Protocolo de Kyoto, son los establecidos en las buenas prácticas del IPCC. (IPCC, 1996)

En dichos métodos, se estratifica tres diferentes niveles (figura 1.5), cada nivel representa la complejidad metodológica. El nivel 1 (figura 1.6) es el método básico, el nivel 2 es el intermedio, y el nivel 3 es el más exigente en cuanto a la complejidad y a los requisitos de los datos. En ocasiones se les denomina a los niveles 2 y 3 métodos de nivel superior y se consideran más exactos. (IPCC, 1996)

Metodologías de Acuerdo al IPCC

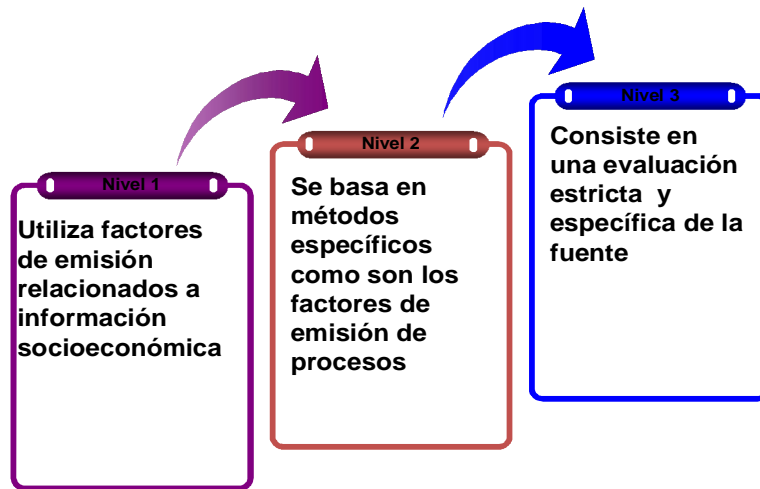


Figura 1.5: Estratificación de niveles de acuerdo al IPCC.



Figura 1.6: Metodología nivel 1 de las buenas prácticas del IPCC.

Gracias a las acciones previamente mencionadas en torno al agotamiento de la capa de ozono y al cambio climático, en los últimos años de acuerdo a la AFEAS en los países de Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Unión Europea, Japón, México, Estados Unidos y Venezuela, se ha controlado la producción y como consecuencia el consumo de ciertas sustancias de acuerdo a la figura 1.7. En esta figura se observa que hace dos décadas la fabricación particularmente de los gases CFC R-11 y R-12, disminuyó considerablemente hasta ser prácticamente eliminada, como resultado, la industria de los gases sustitutos tales como el R134a ha incrementado continuamente desde que se inicio su elaboración. Por otra parte, el HCFC-22 aumentó su producción ligeramente en el periodo de declive de los CFC, y por efecto del crecimiento de los HFC se ha reducido su fabricación.

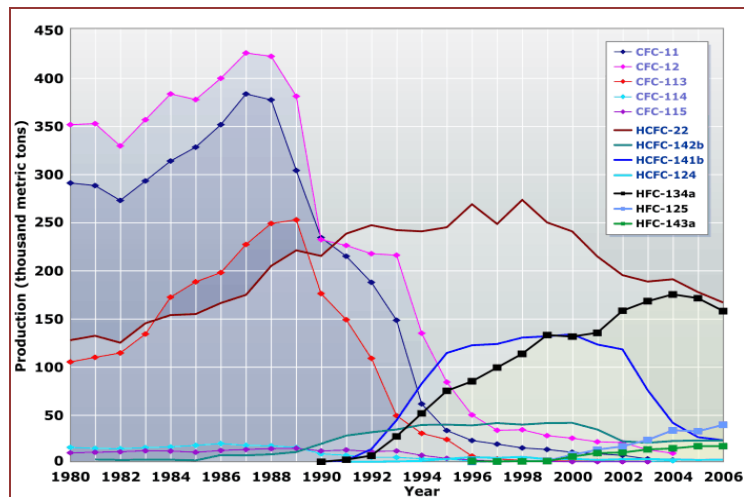


Figura 1.7: Distribución mundial de la producción anual de fluorocarbonos (AFEAS, 2006).

1.5 Acciones nacionales emprendidas en México

AÑO	ACCION	OBJETIVOS
1990-2002	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI)	❖ Cumplir con su compromiso ante el Protocolo de Kyoto
2005	Eliminación de la producción de CFC	❖ Contribuir a la protección de la capa de ozono
2007	Plan Nacional de eliminación de CFC	❖ Cumplir con el Protocolo de Montreal ❖ Capacitación de 4200 técnicos en Refrigeración
2007-2008	Instalación de 14 centros de recuperación y reciclado de gases refrigerantes en ciudades de mayor consumo	❖ Control de la disposición final de los gases de desecho. ❖ Disminución de la descarga de gases refrigerantes directamente hacia la atmosfera
2005	Elaboración del Inventario de Emisiones de GEI (Tabla 2)	❖ Conocer la cantidad de las emisiones de los GEI.

Figura 1.8: Acciones emprendidas en México

Por su parte México se ha involucrado y comprometido en actividades relacionadas al cambio climático, para ello primeramente se incorporó a la CMNUCC, además firmó el Protocolo de Kyoto. Para cumplir con su compromiso elaboró un inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (INEGEI 1990-2002) (figura 1.8) siguiendo las normas previamente propuestas por la CMNUCC.

Otros de los progresos que aportó México se resumen en la figura 1.8.

De acuerdo con Molina (2007), en el estado de Baja California, con el apoyo del gobierno del estado, y en colaboración con el Colegio de la Frontera Norte y el Centro Mario Molina, se elaboró el inventario de emisiones de gases efecto invernadero para las ciudades de Tijuana-Rosarito y Mexicali, obteniéndose los resultados que se observan en la tabla 1.2.

Tabla 1.2: Emisiones de HCFC por refrigeración y aire acondicionado en Baja California

FUENTE FIDE, 2007

Compuesto	Refrigeración y aire acondicionado en Viviendas (Kg HCFC/año)	Aire acondicionado en automóviles (Gg CO ₂ /año)
HCFC-22	28,175.06	
HCFC-134		0.019

Como previamente se observó, ante los problemas ambientales además de las políticas llevadas a cabo, la necesidad de mejorarlas en caso de ser posible, nos encamina a desarrollar nuevos métodos o modelos que finalmente conduzcan a obtener mejores resultados en las estimaciones de las emisiones de gases refrigerantes, y también a comprender el comportamiento de dichas emisiones. De ahí surge la utilidad del método propuesto en el presente estudio.

Capítulo 2

Metodología

El desarrollo del trabajo de investigación está orientado hacia la cuantificación *in situ*, para ello se contó con el apoyo de los técnicos en refrigeración, para la obtención de registros más reales sobre la cantidad de gas refrigerante emitido hacia la atmósfera. Por medio de mediciones directas efectuadas al momento de realizar los servicios de mantenimiento y/o reparación de sistemas de refrigeración y aire acondicionado a nivel doméstico.

En la figura 2.1, se presentan las diferentes etapas que se siguieron para la estimación de las emisiones de los gases refrigerantes.

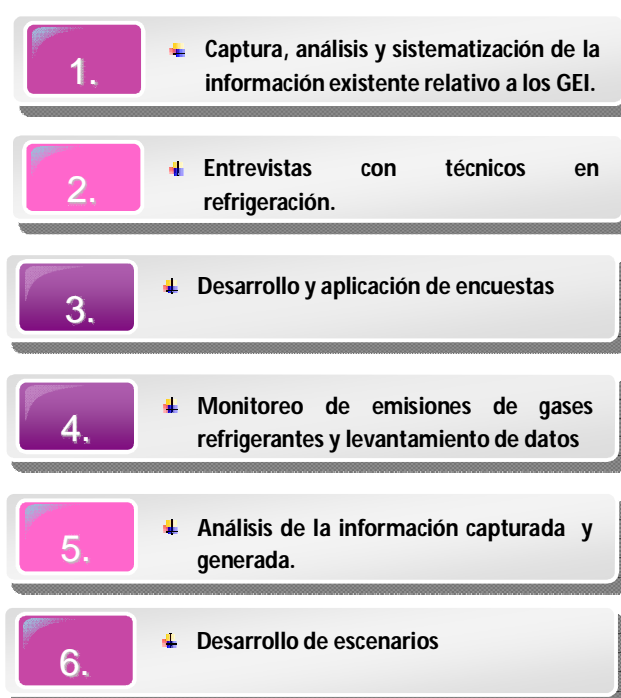


Figura 2.1: Esquema de las etapas aplicadas.

2.1 Metodología: Desarrollo de las entrevistas

Como se mencionó anteriormente, se consideró que el medio más directo de obtener los datos, sería a través de los técnicos en refrigeración. Por tal motivo, se llevaron a cabo las visitas para entrevistar a los técnicos en refrigeración y establecer un vínculo con ellos. Se les explicó el proyecto, y se les pidió su apoyo en cuanto a propuestas, sugerencias y colaboración.

Nos apoyaron las empresas, BTU, SERYMANT y BECERRIL, quienes estuvieron de acuerdo en colaborar de manera voluntaria y

periódica con la toma de datos a la hora de realizar sus servicios rutinarios, iniciando con ello una red de monitoreo de las emisiones de gases refrigerantes.

2.2 Metodología: Desarrollo de la encuesta piloto:

La encuesta piloto se formuló a partir de necesidad de la región de implementar una metodología para la estimación de las emisiones de los gases refrigerantes, la cual en esencia cuente con la fidelidad recomendada por entidades internacionales tales como IPCC y CMNUCC.

A fin de recolectar los datos, se llevaron a cabo las distintas actividades que se presentan a continuación:

- ✚ Desarrollo de un instrumento o método de recolección de datos válido y confiable para validar sus resultados. (Encuestas)
- ✚ Aplicación del instrumento o método de recolectar los datos para obtener las observaciones, registros de las emisiones de gases refrigerantes.
- ✚ Análisis de la información obtenida.

En este estudio, el instrumento de medición o de recolección de datos, juega un papel central, ya que sin él, simplemente no existirían observaciones a evaluar. Por tal razón, se procuró que el instrumento de medición sea lo más confiable y válido posible.

Para la elaboración de la encuesta, se utilizó la metodología de Roberto Hernández Sampieri, y Carlos Fernández Collado, para aprovecharla al máximo (Hernández, 1998).

Al formular la encuesta, se consideraron los tiempos de llenado para elegir el tipo de preguntas aplicadas puesto que el levantamiento de datos se realizará de manera simultánea con los servicios de refrigeración.

Dado la disponibilidad de tiempo y de recursos, para la aplicación de la encuesta piloto se seleccionó un grupo voluntario de 57 técnicos en refrigeración que previamente asistieron al curso de "*Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado*" impartido en la Universidad Autónoma de Baja California, quienes a su vez, conformarán la red de monitoreo.

Una vez aplicada la encuesta, la siguiente etapa de la investigación consistió en recolectar datos pertinentes sobre las emisiones de los gases refrigerantes.

En el anexo 1 se presenta la primera encuesta piloto.

2.3 Metodología: Desarrollo de la encuesta final

Una vez aplicada y analizada la encuesta piloto, se efectuaron ciertos cambios a fin de obtener datos que nos permitan cumplir con los objetivos esenciales de la investigación. Primero, se tuvo que acotar la encuesta dado a que previamente se mencionó que uno de los factores relevantes es el tiempo de llenado para los técnicos en refrigeración. Por tal motivo, se buscó agilizar el tiempo de llenado de la encuesta.

También se agregaron ciertos datos a la encuesta final (anexo 2) como lo son la fecha y la dirección para poder efectuar relaciones temporales en base a la fecha, y relaciones espaciales, en cuanto a las regiones particulares donde se presentan las fugas.

Se aplicó la encuesta final y periódicamente se recolectaron los datos de acuerdo a la disponibilidad de las empresas para poder capturarlos y procesarlos. De esta manera se inició con el sistema de monitoreo.

2.4 Metodología: Manejo de datos

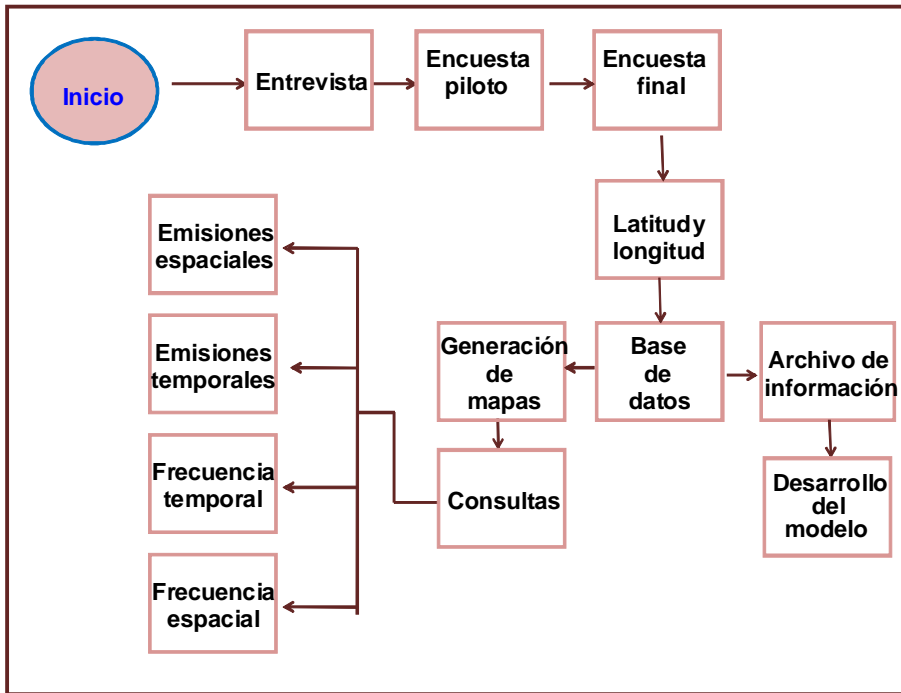


Figura 2.2: Diagrama de flujo: manejo de datos

La manera en que se manejó la información recopilada se muestra en la figura 2.2.

Una vez recopilados los datos que se obtuvieron a través de la encuesta final, se transfirieron a formato electrónico por medio de la base de datos en Excel. De la misma manera se creó una base de datos en el programa Access (figura 2.3) y (figura 2.4), la cual se introduce como una propuesta para ser empleada en estudios posteriores.



Figura 2.3. Access: Base de datos

UABC
Estimación de emisores de gases refrigerantes

Folio: 00001 Fecha: 08/28/2008 mm/dd/aaaa

Direccion: Vasco de Quiroga 1070 calle numero num_co

Latitud: 30.5
longitud: 110.3

Equipo: minisplit
Capacidad de enfriamiento: 3.5 Observaciones:
Refrigerante: R-22

Se ha recargado? Si No

Cantidad recargada: 3

Ha presentado fugas? Si No

Con que frecuencia? cada 2 años

Regresar Consultar otra

Figura 2.4. Access: Captura de información

Dicha base de datos permitió manejar la información de manera adecuada y necesaria para aplicaciones futuras, es decir, en otros softwares o programas que se utilizaron de herramienta tales como Google Earth, MapInfo y Stella.

En primer lugar, se extrajeron los datos del domicilio de cada registro como se muestra en la figura 2.5, enfatizando que en este caso se consideró únicamente la colonia de cada registro, pues a nivel macro este dato es adecuado para permitirnos visualizar las distribuciones de las emisiones de gases refrigerantes.

FECHA	CALLE Y NUMERO	COLONIA	APARATO	QTY. REF	TIPO REFRI	OBSERVACIONES
AGOST	Pasadena Norte 328	Pasadena Norte	vent 1.5	1.1	R11	Rectificación de fuga y carga de gas
AGOST	Ave. Encina 1883	Televisora	mini 3 ton	3.6	R22	Recarga de gas
AGOST	Ave. Cárpatos 3845	Villas del Cedro	multi 2 ton	2.2	R22	Recarga de gas
AGOST	Ave. Zapotitlán 4124	Valle de Puebla	explit 1 ton	0.89	R11	Rectificación de fuga y carga de gas
AGOST	Ave. Tulipán 1258	Las Flores	refrigerador	0.5	R134a	Recarga de gas
AGOST	Ave. Valle de los Angeles 2082	Villa Bonita	mini 2 ton	2.2	R22	Rectificación de fuga y carga de gas
ENER	Ave. San Pedro Mezquital 2805	Ave. Nuevo Mexicali	mini 3 ton	3.6	R22	Rectificación de fuga y carga de gas
ENERO	Ave. Miguel bravo 1211	Independencia	muti 4 ton	4.4	R22	Recarga de gas
FEBRER	Francisco Javier Mina 1287	Independencia	mini 1 ton	0.89	R11	Rectificación de fuga y carga de gas
FEBRER	Ave. Ejido México 900	Valle del Colorado	vent 2 ton	2.2	R11	Rectificación de fuga y carga de gas
MARZO	Ave. De los Juglares 331	Ave. Villas del Rey II	mult 4 ton	4.4	R22	Recarga de gas

Figura 2.5: Excel: Información capturada en la base de datos.

Tanto la latitud como longitud se obtuvieron a partir de los domicilios. Para tal fin se utilizó el programa de Google Earth. A cada registro se le asignó un número para diferenciarlo y cuya función es la de un indicador para poder trabajar y relacionar los archivos del Google Earth (figura 2.6) con la base de datos.

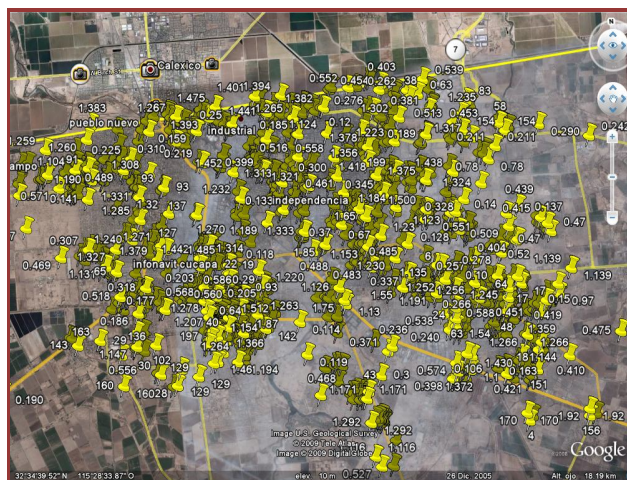


Figura 2.6: Archivos de Google Earth: Indicadores.

Además, dicho indicador sirvió para diferenciar los registros de cada año por separado. La latitud y longitud se presentan en forma de grados minutos segundos (GMS) como se observa en la figura 2.7, por lo que se convirtieron a formato digital para poder manejarlos en Excel.

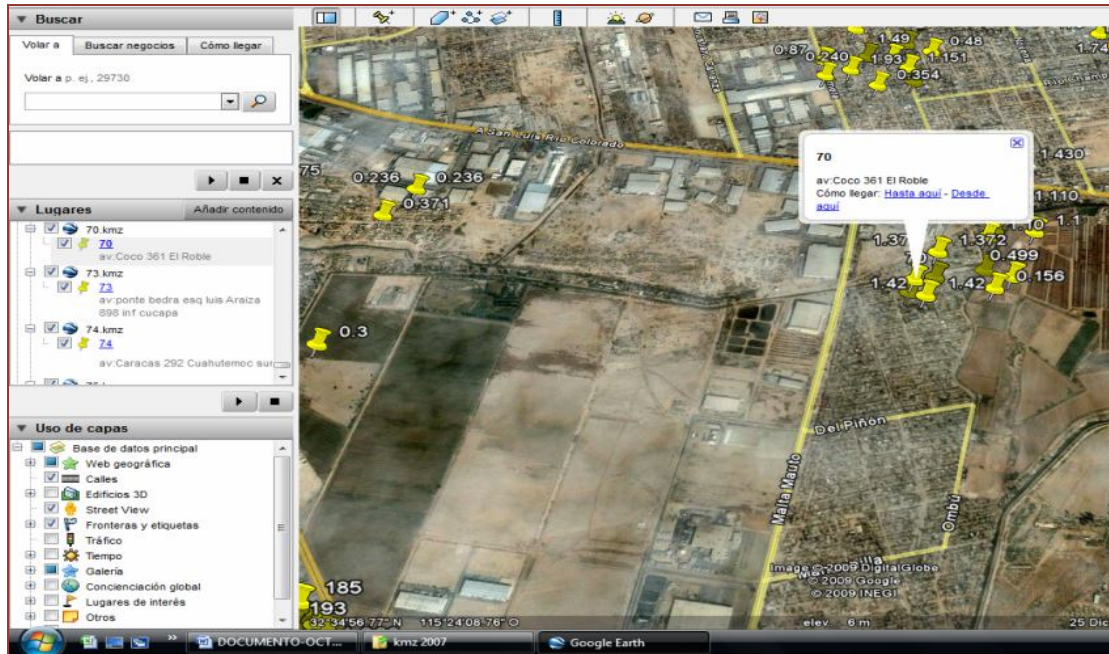


Figura 2.7: Obtención de latitud y longitud.

Esto se repitió sucesivamente hasta obtener finalmente las coordenadas (figura 2.8) de todos los registros disponibles. Cabe mencionar que dicho proceso fue esencial puesto que mediante las coordenadas, se pueden efectuar relaciones geográficas o espaciales de las emisiones o fugas de gases refrigerantes de acuerdo a las distribuciones de estas.

GE	FECHA	CALLE Y NUMERO	COLONIA	LONGITUD	LATITUD	APARATO	QTY REF	TIPO REF	OBSERVACIONES
1	AGOS	Pasadena Norte 328	Pasadena Norte	-115.476231643408	32.6504412417223	vent 1.5	1.1	R11	Rectificación de fuga y carga de gas
2	AGOS	Ave. Encina 1883	Televisora	-115.471940897219	32.6111663992801	mini 3 ton	3.6	R22	Recarga de gas
3	AGOS	Ave. Cárpatos 3845	Villas del Cedro	-115.385015823807	32.6463861579168	multi 2 ton	2.2	R22	Recarga de gas
4	AGOS	Ave. Zapotitlán 4124	Valle de Puebla	-115.381228725023	32.5730947386037	explit 1 ton	0.89	R11	Rectificación de fuga y carga de gas
5	AGOS	Ave. Tulipán 1258	Las Flores	-115.475535825312	32.6172843658958	refrigerador	0.5	R134a	Recarga de gas
6	AGOS	Ave. Valle de los Ángeles 2082	Villa Bonita	-115.400940652714	32.6150401951592	mini 2 ton	2.2	R22	Rectificación de fuga y carga de gas
7	ENER	Ave. San Pedro Mezquitil 2805	Ave. Nuevo Mexicali	-115.395734310987	32.6105164960641	mini 3 ton	3.6	R22	Rectificación de fuga y carga de gas
8	ENER	Ave. Miguel bravo 1211	Independencia	-115.433689101779	32.6325846551880	multi 4 ton	4.4	R22	Recarga de gas
9	FEBRE	Francisco Javier Mina 1287	Independencia	-115.421443598853	32.6366528882450	mini 1 ton	0.89	R11	Rectificación de fuga y carga de gas
10	FEBRE	Ave. Ejido México 900	Valle del Colorado	-115.370017182621	32.5932032151449	vent 2 ton	2.2	R11	Rectificación de fuga y carga de gas
11	MAR	Ave. De los Juglares 331	Ave. Villas del Rey II	-115.486224911952	32.5996112016954	multi 4 ton	4.4	R22	Recarga de gas

Figura 2.8: Registro Excel: Captura de coordenadas de latitud y longitud.

Una vez que se terminaron de archivar los registros en la base de datos de Excel, se prosiguió a codificar la información necesaria asignándole ya sea valores numéricos, alfabéticos, o abreviaciones para manejarlos en el software MapInfo y poder obtener diferentes mapas de los archivos dependiendo de la información que se eligió visualizar. La codificación de los datos se muestra a continuación:

Codificación de los datos

Estaciones:

Como se aprecia en figura 2.9, las estaciones se dividieron simplemente por las temporadas que se presentan a lo largo de un año, es decir: primavera, verano, otoño e invierno, y se les asignaron los números 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

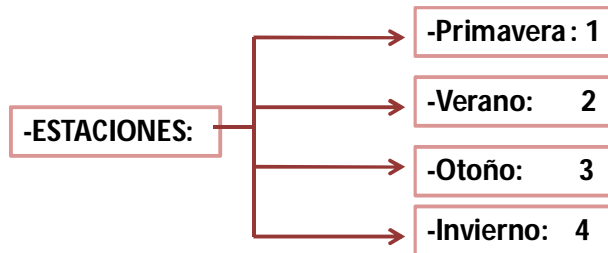


Figura 2.9: Diagrama de codificación de datos de acuerdo a la temporada.

Tipo de refrigerante:

Dado a que en la región de estudio, a nivel doméstico los gases refrigerantes utilizados primordialmente para la limpieza de los componentes de los equipos comúnmente son los clorofluorocarbonos R-11 y R-12, y los gases empleados como agentes refrigerantes son los hidroc fluorocarbonos R-22 e hidrof luorocarbonos R-134a, dichos gases son los que se consideraron en el presente proyecto y su codificación para poder manejarlos en el software MapInfo fue la que se considera en la figura 2.10.

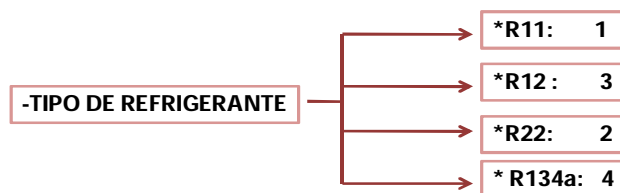


Figura 2.10: Diagrama de codificación del tipo de refrigerante.

Para los años 2006 y 2007, se codificó el tipo de servicio de mantenimiento que se realizó (figura 2.11), es decir, si este fue una rectificación más una carga de gas, o solamente la recarga:

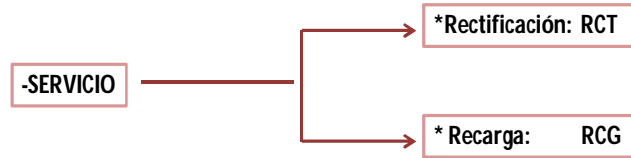


Figura 2.11: Diagrama de codificación de servicio efectuado.

Tipo de equipo de acuerdo a su capacidad de enfriamiento:

En esta codificación se consideró exclusivamente la capacidad de enfriamiento de los equipos ya que en los registros pertenecientes a los años 2006 y 2007 se observó, que independientemente si se trataba de un equipo de ventana de 2 ton, o un "mini split" de 2 ton, por ejemplo, la carga total de gas refrigerante que se le suministraba a cualquiera de estos equipos si requerían un servicio de rectificación, era equivalente a 2.2 kg.

Tabla 2.1: Carga total de gas refrigerante de acuerdo al tipo de equipo

EQUIPO (CAPACIDAD)	CANTIDAD RECARGADA (kg)
1 TON	0.89
1.5 TON	1.1
2 TON	2.2
3 TON	3.6
4 TON	4.2
5 TON	5.8
REFRIGERADOR	0.5

Para los servicios de rectificación, primeramente se extraía el gas refrigerante completamente al equipo, enseguida se efectuaba el servicio necesario, y finalmente se cargaba el equipo con aproximadamente entre un 89 a un 110 por ciento de la máxima capacidad de carga, mismo que se señala en la tabla 2.1. Es significativo considerar que en los casos en que se registró el uso de los gases refrigerantes CFC-11 o CFC-12, era exclusivamente con la finalidad de limpiar el equipo previamente a la rectificación, e inmediatamente después se recargaba el equipo con la cantidad pertinente de gas HCFC-22. En cambio, si solamente se solicitaba una recarga, simplemente se recargaba el quipo con entre el 75 y el 89 por ciento de su máxima carga, únicamente con

la finalidad de brindar confort a los usuarios. Para fines de efectuar los cálculos, en este estudio se tomó el máximo valor, es decir, el 89% de acuerdo a la capacidad del equipo si se indicaba el servicio de recarga.

Tipo de equipo:

Esta clasificación se basó en la capacidad de enfriamiento de los equipos utilizados para aire acondicionado y refrigeración empleados específicamente a nivel doméstico y se muestra en la figura 2.12.

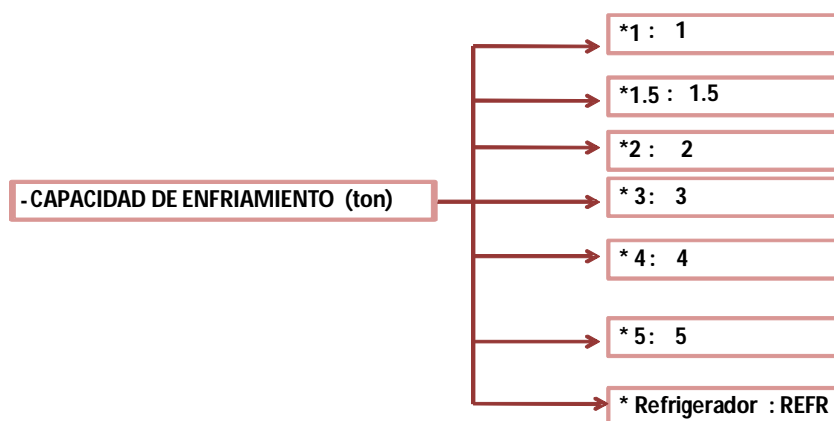


Figura 2.12: Diagrama de codificación del tipo de equipo

Dichas codificaciones se agregaron a la base de datos de Excel para manejarlas posteriormente en diferentes programas como se ilustra en la figura 2.13.

GE	ESTACION	LONGITUD	LATITUD	EQUIPO	REFRIGERANTE	TIPO REFRIGERANTE	TIPO REF	SERVICIO
66	3	-115.427219444444	32.573269444444	1.5	1.1	R11	1	RCT
67	3	-115.422183333333	32.624713888889	4	4.4	R22	2	RCG
68	3	-115.520522222222	32.623616666667	1	0.89	R22	2	RCG
69	3	-115.482880555555	32.601272222222	3	3.6	R11	1	RCT
70	3	-115.472344444444	32.598647222222	4	4.4	R22	2	RCG
71	3	-115.417083333333	32.637447222222	1.5	1.1	R11	1	RCT
72	3	-115.514586111111	32.612569444444	1.5	1.1	R11	1	RCT
73	3	-115.420197222222	32.634808333333	4	4.4	R22	2	RCG
74	3	-115.378202777777	32.602163888889	2	2.2	R11	1	RCT
75	3	-115.473191666666	32.593977777778	1	0.89	R22	2	RCG
76	4	-115.436677777777	32.581150000000	1	0.89	R12	3	RCT

Figura 2.13: Registros codificados para transferirse a software Map Info.

2.5 Metodología: Desarrollo de mapas de distribuciones espaciales y temporales.

Puesto que los mapas son un útil marco de referencia en cuanto a muestras, otra de las herramientas que se empleó en la investigación será un mapa estratificado de la ciudad de Mexicali Baja California. Además, a través de los mapas se visualiza e identifica de manera más sencilla la correlación entre las variables espacio, tiempo, temperatura, y fugas permitiendo hacer observaciones más acertadas en cuanto a los datos.

Inicialmente, los archivos de la base de datos se transfirieron al software de referencia geográfica MapInfo con lo que se creó una tabla como la que se observa a continuación (tabla 2.2).

Tabla 2.2: Tabla de datos: Map Info.

REGISTRO_GOOG	CODE_MONTH	LONGITUD	LATITUD	TONELAJE	TIPO_DE_REFRI	CODE_TIPO_DE_RE	QTY_REFRIGERAN
434	1	15.50291558	32.64637184	4	R22	2	4
435	1	15.48200284	32.60691577	2	R22	2	1
436	1	15.48689095	32.62292980	4	R22	2	2
437	1	15.48699186	32.62290877	4	R22	2	4
438	1	15.39592940	32.64188656	1	R22	2	0.5
439	1	15.39574283	32.61143579	4	R22	2	4
440	1	15.43060601	32.65556286	4	R22	2	4
441	1	15.45992034	32.66173779	5	R22	2	5
500	1	15.40553167	32.63119482	1.5	R22	2	1
42	2	15.40142241	32.58732354	2	R11	1	2.2
43	2	15.52843734	32.64372025	2	R22	2	2.2
44	2	15.52063349	32.60855862	1.5	R22	2	1.1
45	2	15.47763335	32.60964194	4	R22	2	4.2
46	2	15.48445019	32.59179452	2	R22	2	2.2
47	2	15.51858646	32.60634631	2	R22	2	2.2
48	2	15.44804016	32.60922990	2	R22	2	2.2
49	2	15.38985326	32.60127624	REFRI	R134a	4	0.5

A partir de la tabla 2.2 se selecciona uno de los campos (figura 2.14) en base al cual se generaran los diferentes mapas.

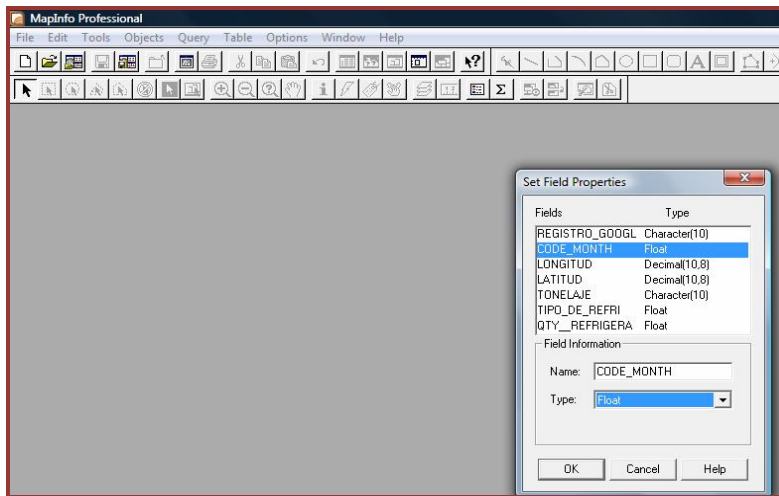


Figura 2.14: Campos utilizados: Map Info.

Se designaron los datos de longitud y latitud a los ejes coordenados (X, Y) respectivamente. Por medio de ello se obtiene la distribución de cada uno de los registros en el plano cartesiano de acuerdo a sus coordenadas, lo cual se ve en la figura 2.15.

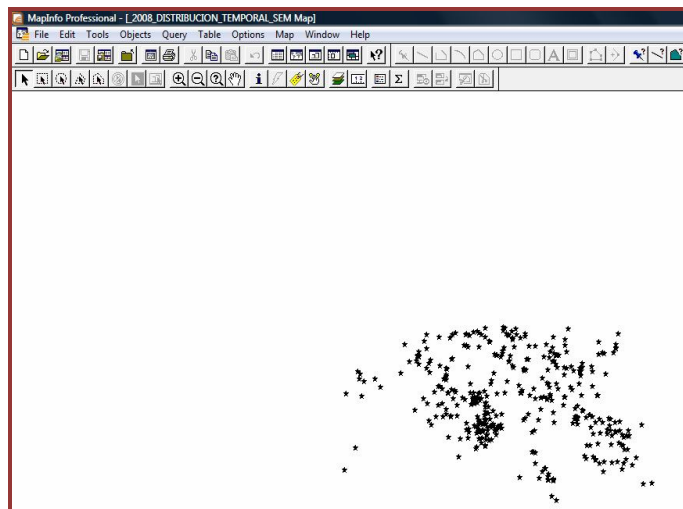


Figura 2.15: Distribución de datos en plano cartesiano

Posteriormente, se desarrollan finalmente los mapas de distribuciones requeridos (figura 2.16).

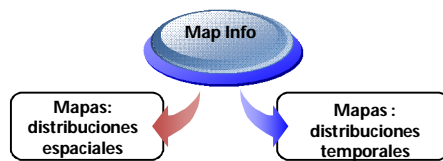


Figura 2.16: Mapas de distribuciones: Map Info.

Para continuar con la descripción del proceso de la generación de los mapas de las distribuciones espaciales y temporales, se tomará como primer ejemplo el mapa de distribuciones temporales correspondiente al año 2008. Para este mapa se eligió el campo: CODE_MONTH (figura 2.17), puesto que es el campo de las estaciones previamente codificadas como Primavera-1, Verano-2, Otoño-3, e Invierno-4.

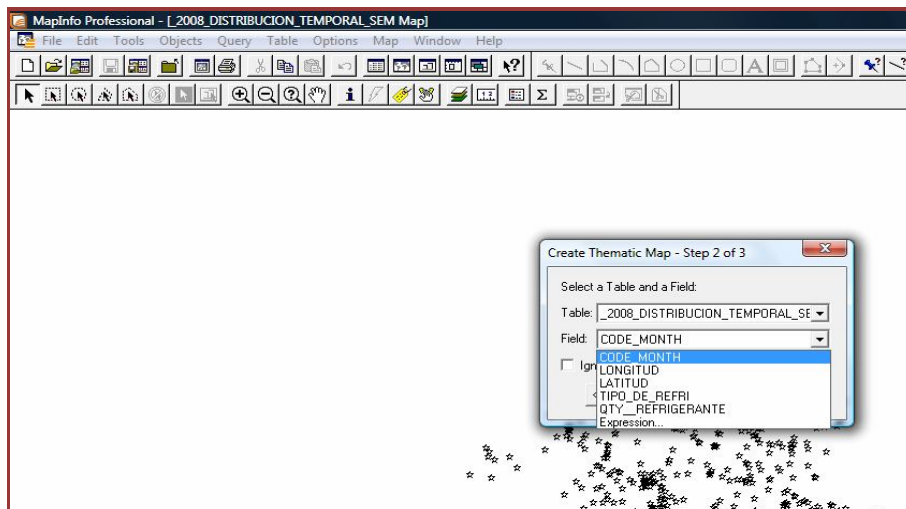


Figura 2.17: Campos seleccionados.

En la figura 2.18, se ve que en las categorías de temporadas únicamente aparecen 3 clasificaciones debido a que no se existen registros para invierno del 2008. Quedando exclusivamente los rangos de las temporadas: primavera, verano y otoño.

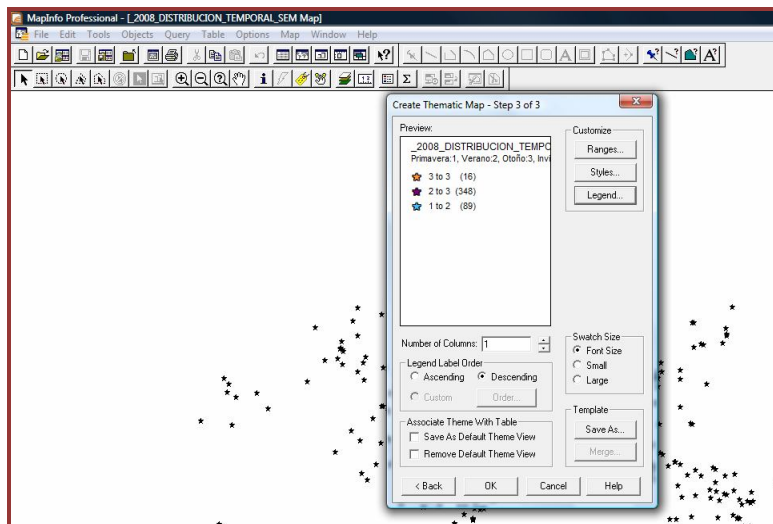


Figura 2.18: Rangos de categoría de los campos: estaciones.

Es así como se desarrolla el mapa temático donde se presentan las distribuciones correspondientes a cada estación o temporada como se presenta en la figura 2.19.

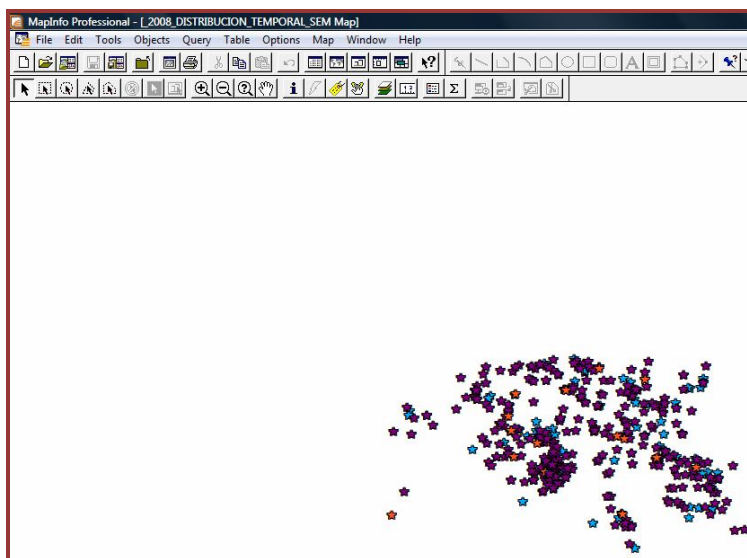


Figura 2.19: Mapa temático.

Una vez generado el mapa temático, se procede a agregar un mapa de referencia geográfica particular de la región en estudio. De esta manera, en el capítulo de los resultados, finalmente se despliega el mapa de distribución ya sea espacial o temporal.

Por otro lado, el procedimiento para elaborar los mapas de las distribuciones espaciales de las emisiones de masa de gas refrigerante de acuerdo al tipo de refrigerante utilizado, es el mismo proceso que se llevó a cabo para la obtención de los mapas de las distribuciones temporales. La diferencia reside en elegir al inicio específicamente el campo competente al código que indica el tipo de gas refrigerante, siendo en este caso el campo denominado `CODE_TIPO_DE_REFR` para poder obtener los rangos de acuerdo a su codificación preestablecida. Siguiendo el patrón de los mapas anteriores, se desarrollan los mapas temáticos deseados.

2.6 Metodología: Desarrollo de mapas de porcentaje de masa fugada y mapas de porcentaje de ocurrencia (frecuencia relativa).

Para crear los mapas de Porcentaje de Masa Fugada y los mapas de porcentaje de ocurrencia, se fraccionó el mapa de la ciudad de Mexicali (SAOP, 2001) en 9 secciones divididas equitativamente por distancias. como se muestra en la figura 2.20:

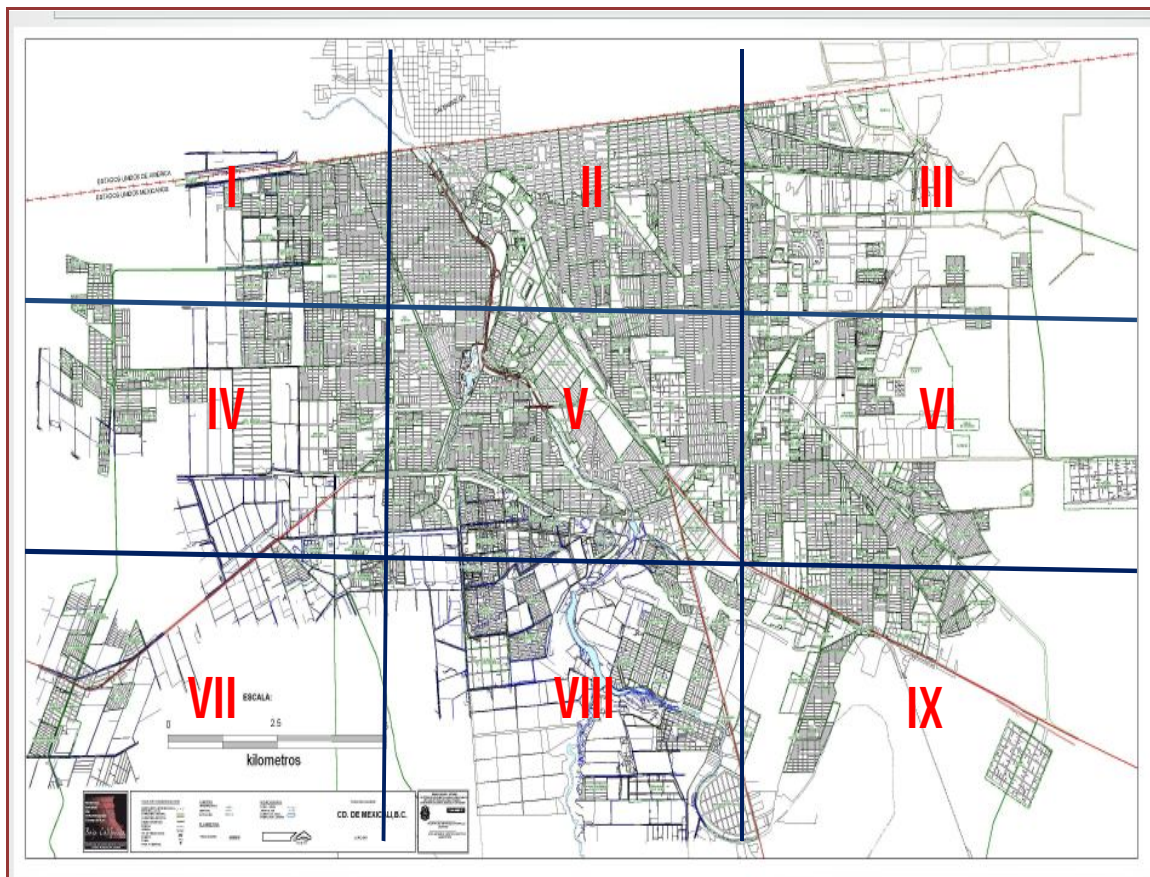


Figura 2.20: Mapa de la división de la ciudad de Mexicali en secciones

En cada sección del mapa se identificaron las colonias correspondientes para poder ubicar cada registro de acuerdo a las colonias seccionadas como se muestra en la tabla 2.3:

Solamente se tomaron en cuenta las colonias no la dirección de las calles para la clasificación de las colonias por razones ya mencionadas, las cuales aparecen en el mapa de la ciudad (Esparza, 2009).

Tabla 2.3: Registro Excel: Colonias correspondientes a cada sección.

SECCION	No. COLONIAS
I	36
II	51
III	46
IV	45
V	84
VI	85
VII	15
VIII	36
IX	24

Quando se terminó con las clasificaciones y se indexaron todas las colonias, se identificaron y capturaron en la base de datos de Excel para cada año en particular como se ve en la figura 2.21 y poder así, proseguir con los análisis estadísticos de los resultados de las distribuciones de las emisiones de gases refrigerantes de acuerdo a la cantidad recargada y al tipo de gas suministrado en base a los registros.

GE	ESTACION	COLONIA	SECC MAPAS	EQP	REFRIG	TIPO REF	TIPO REF	SERV
580	2	18 de Marzo	5	1.5	1.1	R22	2	RCT
233	2	27 de Septiembre	4	2	2.2	R11	1	RCT
532	2	27 de Septiembre	4	4	4.4	R22	2	RCT
403	2	Alameda	2	4	4.4	R22	2	RCT
246	2	Alamitos	2	1.5	1.1	R11	1	RCT
239	2	Alamitos	2	3	3.6	R22	2	RCT
539	2	Alianza por la Producción	3	2	2.2	R22	2	RCT
480	2	Ampl. Santa Isabel	4	1	0.89	R12	3	RCT
66	1	Ampl. Solidaridad	6	1	0.89	R11	1	RCT
441	2	Baja California	1	1	0.89	R22	2	RCG
287	2	Baja California	1	2	2.2	R22	2	RCG

Figura 2.21: Registro Excel: Captura de secciones codificadas por colonia.

Para los mapas de porcentaje de masa fugada, se agruparon los registros en la base de datos por secciones, y se cuantificó el porcentaje perteneciente a la cantidad de masa de refrigerante suministrada en cada sección en relación al total de la masa suministrada anualmente.

En el caso de los mapas de porcentaje de ocurrencia, se despliega la relación entre la cantidad de registros correspondientes a cada una de las secciones, y el número total de registros de cada año en particular.

2.7 Metodología: Desarrollo de modelo dinámico.

El objetivo central de un modelo dinámico es comprender cómo interactúan entre sí las variables de un sistema (Ford, 1999).

Con el propósito de entender mejor la manera en que las emisiones de los gases refrigerantes varían a través del tiempo, se diseñó el modelo dinámico con el software Stella, mismo que reproduce el comportamiento de las emisiones a nivel doméstico. El principal impacto simulado, es el incremento de las emisiones de gases refrigerantes.

Además, como se explicó previamente, debido a los problemas ambientales globales, es importante buscar alternativas y/o respuestas viables, y el modelo presentado puede ser una alternativa factible y real a nivel local. Una de las ventajas es que se puede crear un panorama comprensivo de las emisiones de los gases refrigerantes y su efecto en cuestiones ambientales, permitiendo con ello formular políticas que podrían ser implementadas en la comunidad.

Se integraron pequeños subsistemas para cada componente significativo competente a cada tipo de gas refrigerante utilizado en la ciudad de Mexicali para cuestiones de refrigeración y aire acondicionado, simulando de este modo las emisiones gases CFC: R-11 y R-12, HCF: R-22 e HFC: R134a. También se incluye el total de CO₂ equivalente para cada subcomponente para representar las concentraciones de CO₂ atmosférico como resultado de las emisiones de los gases refrigerantes.

Dentro del modelo, los componentes principales: stocks, flujos, convertidores y conectores, se ensamblaron de tal manera que proporcionan una perspectiva clara de la situación actual en cuanto a las emisiones de los Gases Refrigerantes. La estructura Stock-Flujo-Convertidores es razonable al igual que los valores establecidos como parámetros y contiene primordialmente 4 Stocks, 8 variables de flujo, numerosos convertidores y conectores en cada submodelo, basados en Stella.

Las funciones de los stocks son de acumuladores (Grant, 2001). Sus magnitudes revelan el estado del sistema que se está intentando modelar, e incrementan o disminuyen en base a las tasas de los flujos y también son afectados por los convertidores.

Las variables implicadas en cada subsistema se pueden consultar en el apéndice A.

Se utilizó un total de 594 viviendas para el año 2007, 609 viviendas para el año 2007 y 454 viviendas para el año 2008, que representa cada uno aproximadamente el 0.1% del total de viviendas adecuadamente acondicionadas para contar con sistemas de refrigeración y aire acondicionado de acuerdo al diagnóstico de vivienda (Centro de Población de Mexicali B.C., 1998).

En el verano, el clima en Mexicali es extremoso con una temperatura promedio de 42°C.

Los principales periodos de uso de las unidades de equipos de aire acondicionado abarcan desde mayo hasta septiembre. Tales unidades se encuentran operando prácticamente las 24 horas del día una vez que se encienden dadas las temperaturas extremas que se alcanzan en esta ciudad.

Los datos actuales empleados cubren el periodo comprendido del 2006 al 2008. Permitiendo con ello efectuar una predicción de las proyecciones del stock para años posteriores. Es decir permite conocer las emisiones totales así como el CO2 equivalente total considerando ciertas variaciones a través del tiempo.

Por ejemplo, el área de la ciudad para el año 2007 de acuerdo a los registros, comprende diferentes zonas: el 2.96 % corresponde al sector residencial, el 31.34% al sector medio, el 34.86% al sector popular y el 25.00% pertenece al sector interés social. Las distribuciones del tipo de vivienda de acuerdo a los datos investigados de los años analizados se pueden consultar en el apéndice B.

La población está creciendo rápidamente, por lo que el modelo permite cambiar las condiciones de entrada, modificando tanto la cantidad de viviendas estratificadas como la cantidad de equipos frigoríficos y de aire acondicionado conforme sea necesario, para simular los cambios de las emisiones de los diferentes gases refrigerantes a través del tiempo y obtener proyecciones futuras.

Los equipos de aire acondicionado de 5 ton se asignaron a las viviendas tipo residencial, los de 4 ton a las viviendas tipo medio, de igual manera los equipos de 2 y 3 ton se designaron a las viviendas tipo popular y finalmente los de 1 ton y de 1.5 ton, se destinaron a las viviendas de interés social. Obteniendo así otro grupo de subcategorías.

Posteriormente, se identificaron y clasificaron los equipos para cada categoría de acuerdo a los diferentes tipos de gases refrigerantes: agentes limpiadores; R-11 ó R-12, agentes refrigerantes; R22 ó R134a. Una vez hecho esto, en cada tipo de subcategoría, se registró el total de los servicios correspondientes a recarga o a rectificación según el servicio que se llevó a cabo. Excepto para el año 2008, puesto que no se obtuvo información específica acerca de los servicios realizados, únicamente se indica recarga de gas, seguido la cantidad recargada.

De esta forma, se obtiene una entrada de flujo de una cantidad precisa de emisión de gas para cada tipo de refrigerante, donde también se contempla la cantidad de gas recuperado y por consiguiente rehusado en el proceso (dato que puede aplicarse con datos futuros). Por medio de esto, se obtiene el total en kilogramos de gas refrigerante fugado hacia la atmosfera particularmente para cada tipo de gas refrigerante.

Así mismo, de acuerdo a la cantidad de masa en kilogramos totales de gas refrigerante fugado, y por medio del PCG, se calcula dentro del mismo modelo dinámico el total de CO₂ equivalente.

Basado en el total de los registros, se consideró la posibilidad de distribuir los servicios requeridos de forma equitativa de acuerdo al total de empresas de servicio de refrigeración y aire acondicionado que cooperaron con la obtención de datos empleados para el presente estudio.

Se utilizó la información comprendida en los concentrados de cada año (ver apéndice C) elaborados a partir de la base de datos para el desarrollo del modelo. Esta información fue integrada y adaptada en el sistema de simulación Stella para poder conseguir la validación del modelo presentado.

Descripción de los subsistemas:

El subsistema 1, denominado Tipología de vivienda (figura 2.22), consta de 5 convertidores y de 4 conectores. Por medio de este subsistema se distribuye la cantidad de viviendas a cada categoría de acuerdo al diagnóstico de vivienda (Centro de Población de Mexicali B.C., 1998) y al criterio en base a los registros obtenidos (apéndice B).

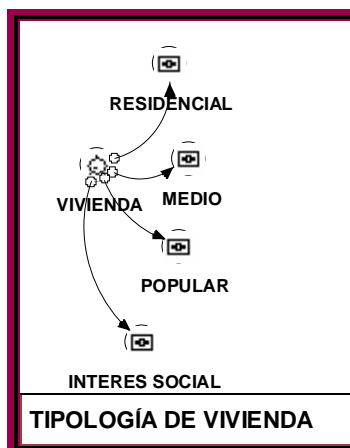


Figura 2.22: Subsistema: Tipología de vivienda.

El subsistema 2, se nombró Capacidad de acuerdo a la vivienda (figura 2.23), e incluye 10 convertidores y 6 conectores. Seis de los convertidores están relacionados por medio de conectores con 4 convertidores del subsistema anterior, ya que por medio de este se tiene el porcentaje de viviendas correspondiente a cada categoría, y que a su vez se le asignará el porcentaje correspondiente total, de acuerdo a la capacidad de los equipos.

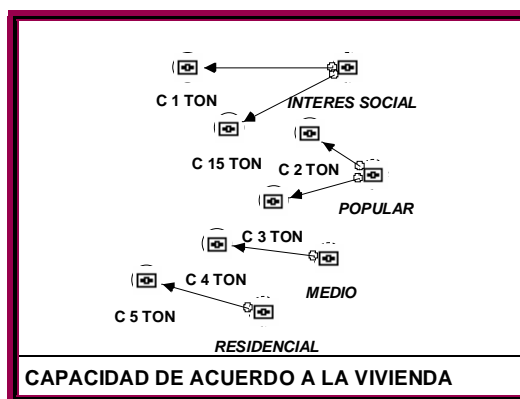


Figura 2.23: Subsistema: Capacidad de acuerdo a la vivienda.

El tercer grupo de subsistemas 3, denominados Gas suministrado (figura 2.24), está conformado por un total de 13 variables, siendo todas convertidores y por 15 conectores que tienen la función de relacionar entre sí los convertidores mediante operaciones matemáticas que surgieron a partir de los concentrados

mencionados anteriormente. A partir del primero de los convertidores perteneciente al subsistema 2, se obtiene el porcentaje del total de equipos de cada categoría de acuerdo a la capacidad en base a los concentrados de cada año. En seguida, por medio de un conector, se interrelacionó con cada uno de los convertidores de los diferentes tipos de gas suministrado. Posteriormente a través de otros 2 convertidores se calcula el porcentaje correspondiente al tipo de servicio que se efectuó, siendo este ya sea una recarga o una rectificación, y finalmente con el cuarto convertidor se calculó la sumatoria de ambos convertidores para cada uno de los tipos de gas refrigerante suministrado: R11, R12, y R22. Se generó un total de 6 subsistemas 3: Gas Suministrado, de acuerdo a la capacidad en tonelaje de los equipos que se utilizan a nivel doméstico en la región: 1ton, 1.5ton, 2ton, 3ton, 4ton y 5ton.

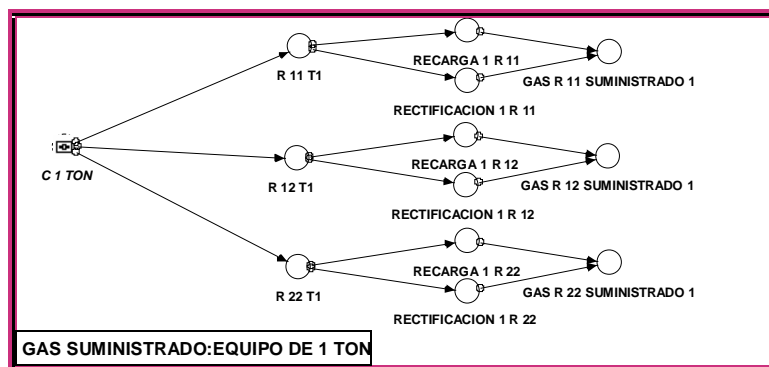


Figura 2.24: Subsistema: Gas suministrado a equipos de aire acondicionado.

El cuarto subsistema 4, denominado Gas Suministrado a refrigeradores (figura 2.25), se compone de cuatro convertidores, uno de ellos interconectado al subsistema 1, para obtener el porcentaje de las viviendas a las cuales se les proporcionó servicio a sus equipos refrigeradores de acuerdo a los concentrados previos. Posteriormente con la ayuda de otros 2 convertidores se calcula el porcentaje de concordancia al tipo de servicio que se efectuó, y finalmente con el cuarto convertidor se obtuvo la sumatoria de ambos convertidores.

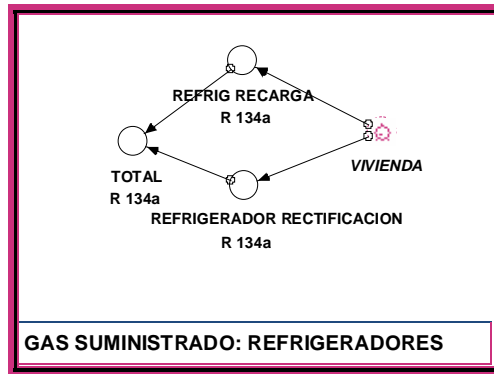


Figura 2.25: Subsistema: Gas suministrado a equipos refrigeradores.

El quinto subsistema 5, se llamó Totales (figura 2.26) y consta de 4 convertidores de sumatoria, por medio de los cuales se obtiene la cantidad total en kilogramos de cada tipo de gas refrigerante en estudio.

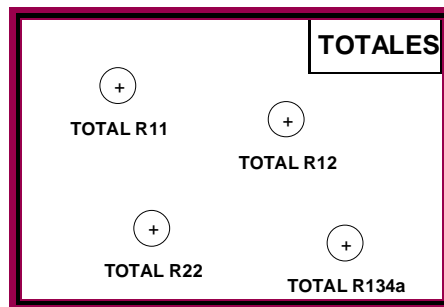


Figura 2.26: Subsistema: Suma total de acuerdo al tipo de refrigerante.

El sexto subsistema 6, denominado Volumen de masa fugada (figura 2.30), contiene 5 convertidores, un flujo de entrada, un flujo de salida, un stock y 7 conectores, mismos que interrelacionan las variables involucradas. Para cada tipo de gas refrigerante, por medio de un conector, se relaciona el convertidor del subsistema anterior 5 directamente a la variable de flujo de entrada, y por medio de otro conector se dirige hacia el stock. A partir del stock se tiene una variable de flujo de salida la cual indica la cantidad de gas refrigerante emitida hacia la atmósfera que a su vez está influenciada directamente por el convertidor de fugas que se establece mediante la relación que existe entre los cambios de temperatura mensualmente (figura 2.27) (convertidor TEMP PRO) y la cantidad de gas refrigerante suministrado mensualmente en concordancia con los registros obtenidos (figura 2.28). La función gráfica formulada en Stella se presenta en la figura 2.29.

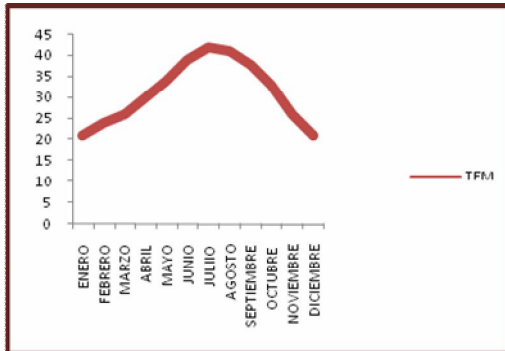


Figura 2.27: Monthly average for Mexicali, México.

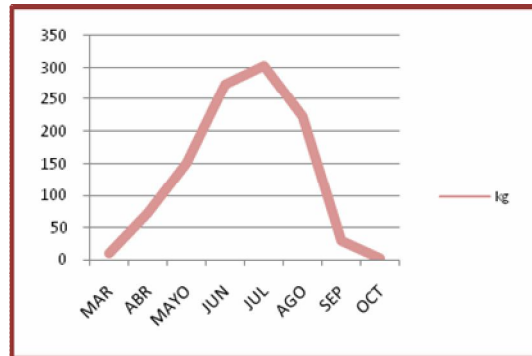


Figura 2.28: Distribución mensual de gases refrigerantes

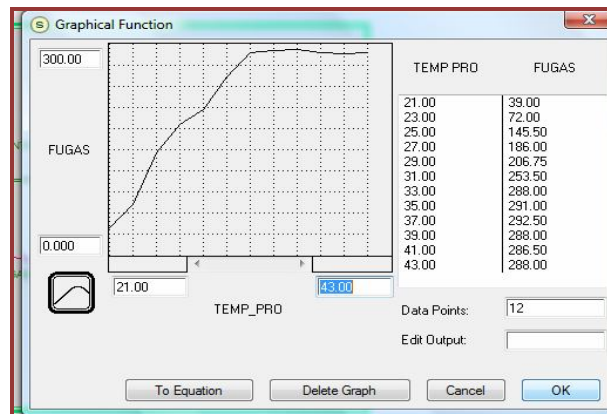


Figura 2.29: Relación grafica entre temperatura promedio y cantidad de gas fugado en Stella.

También se considera la variable convertidor denominada Gas reciclado, ya que de acuerdo a las buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, se tiene que recuperar y reciclar el gas refrigerante que se extrae de los equipos a los cuales se les efectuó un servicio de mantenimiento y reutilizar el gas si es posible, en caso contrario, se tiene que llevar a un centro de acopio. En el caso de los registros correspondientes a los años 2006, 2007 y 2008, ninguno de ellos reportan este procedimiento, esto debido a que no se contaba con la posibilidad de recuperar el gas y mucho menos de transportarlo hacia el único centro de acopio existente anteriormente. A partir de noviembre del año 2008 se inauguraron 14 centros de acopio en la República Mexicana, por lo que se espera que se comience a llevar a cabo el procedimiento de recuperación, reciclado y reutilización de los gases refrigerantes. Finalmente se tiene el convertidor de CO₂ equivalente para cada tipo de gas refrigerante en base al total de kg de cada tipo de gas suministrado y de su PCG. Se generó un

total de 4 subsistemas 6: Volumen de masa fugada, de acuerdo al tipo de gas que se utilizan a nivel doméstico en los servicios de mantenimiento: R11, R12, R22 Y R134a.

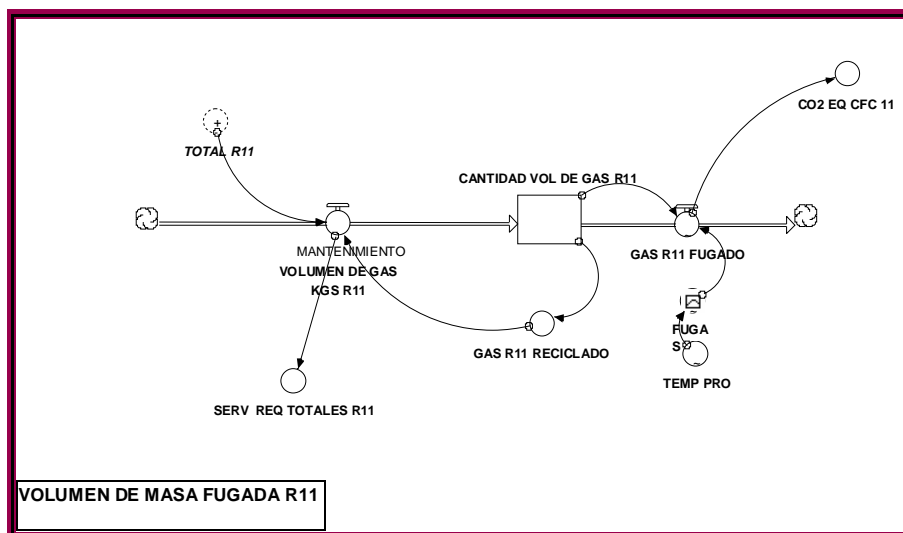


Figura 2.30: Sistema para calcular la cantidad de gas fugado: Volumen de masa fugada.

A partir del subsistema 6, se obtiene el subsistema 7, llamado Servicios Requeridos (figura 2.31), que se compone de 5 convertidores, que proporcionan el total de servicios requeridos de acuerdo al total de datos registrados. Da la sumatoria total de cada uno de los convertidores mantenimiento de cada subsistema 6.

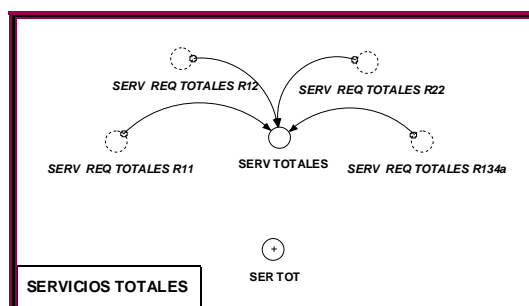


Figura 2.31: Subsistema: Servicios requeridos.

Por último se calcula por medio de un convertidor el CO₂ equivalente total (figura 2.32) en base a las salidas de cada uno de los subsistemas 7. Se calcula multiplicando la masa total de cada refrigerante por su respectivo potencial de calentamiento global.

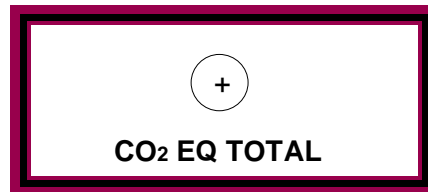


Figura 2.32: Subsistema: Total de bióxido de carbono equivalente.

En el modelo dinámico para el año 2008 (figuras 2.33 y 2.34), se eliminaron las variables de rectificación, ya que en los registros que se facilitaron no se incluyó la especificación detallada del servicio que se realizó a los equipos de refrigeración y aire acondicionado. Por esta razón, en los subsistemas 3 y 4 sólo se indica la recarga del refrigerante a los equipos de diferentes capacidades. En el concentrado del año 2008 (ver apéndice: concentrados), se observa que no se consideró el servicio de rectificación.

Por otro lado, de acuerdo a los datos se determinó el promedio ponderado de la cantidad de recarga particular para cada tipo de equipo, lo cual se despliega en la tabla 2.4:

Tabla 2.4: Concentrado: cantidad recargada año 2008.

EQUIPO (CAPACIDAD)	CANTIDAD RECARGADA (kg)
1 TON	1.007647059
1.5 TON	1.13160492
2 TON	1.884782609
3 TON	2.7325
4 TON	3.059772727
5 TON	4.387058824
REFRIGERADOR	0.5

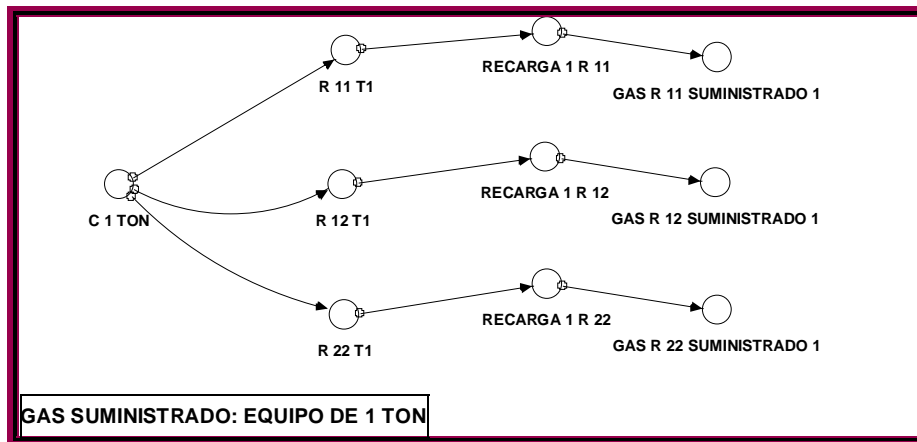


Figura 2.33: Sistema para calcular la cantidad de gas fugado: año 2008.

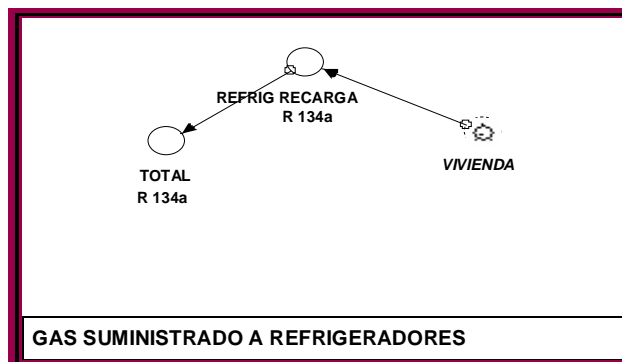


Figura 2.34: Subsistema: Gas suministrado a refrigeradores: año 2008

Para poder lograr la validación de la cantidad de masa emitida hacia la atmósfera así como el CO₂ equivalente total, se llevaron a cabo 3 experimentos con el modelo propuesto elaborado en Stella, de acuerdo a los datos reales obtenidos a partir de los registros de las encuestas correspondientes a cada año: 2006, 2007 y 2008, lo cual se presenta en el capítulo de resultados.



Capítulo 3

Resultados

3.1 Resultados de la encuesta piloto:

La encuesta piloto se aplicó a una muestra de 57 técnicos en refrigeración, y los resultados se presentan a continuación:

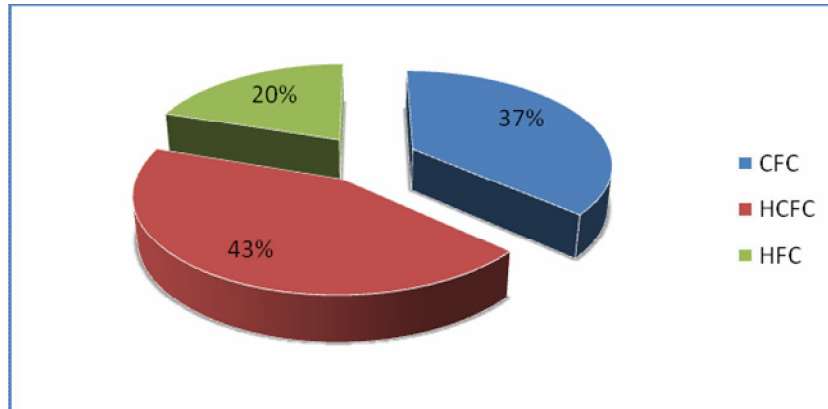


Figura 3.1: Gases refrigerantes utilizados en servicios a nivel doméstico

En la figura 3.1 se observa que en el año 2006 se usaban en el porcentaje indicado, los gases refrigerantes que contienen átomos de cloro como son CFC e HCFC. En base a los datos obtenidos en la encuesta piloto, se aprecia que el 37% de los encuestados aún utilizan CFC, el 43% HCFC y sólo el 20% ha cambiado a gases HFC. Estos porcentajes representan 1700kg de CFC, 3000kg de HCFC, y 800kg de HFC aproximadamente.

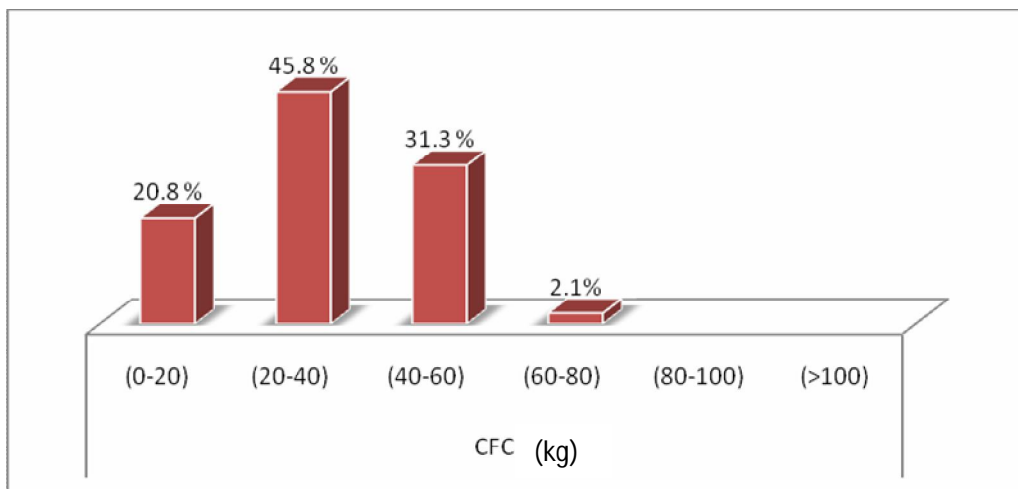


Figura 3.2: Gas CFC que cada técnico libera a la atmósfera anualmente

Por otra parte, la figura 3.2 muestra que en el año 2007 la mayoría de los técnicos, suministra entre 20 a 40 kg de los gases CFC, un 31.3% emplea entre 40 a 60 kg, un 20.8% entre 0 a 20 kg, y solamente un 2.1% aplica entre 60 a 80 kg de este gas refrigerante.

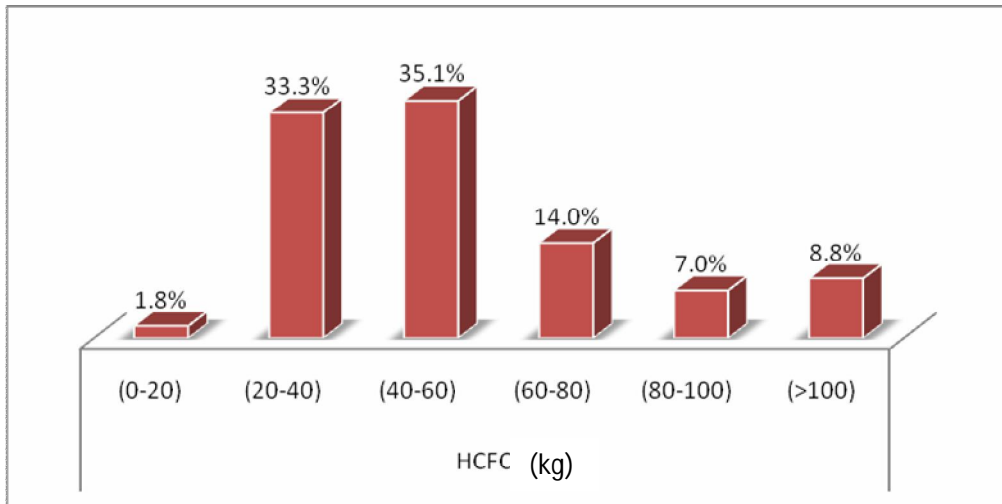


Figura 3.3: Gas HCFC que cada técnico libera a la atmósfera anualmente

De acuerdo a la figura 3.3, una proporción considerable de los técnicos suministra un 35.1% entre 40 a 60 kg de de los gases HCFC, un 33.3% entre 20 a 40 kg, el 14.0% entre 60 a 80 kg y el 8.8% aplica por encima de los 100 kg de gas refrigerante HCFC anualmente.

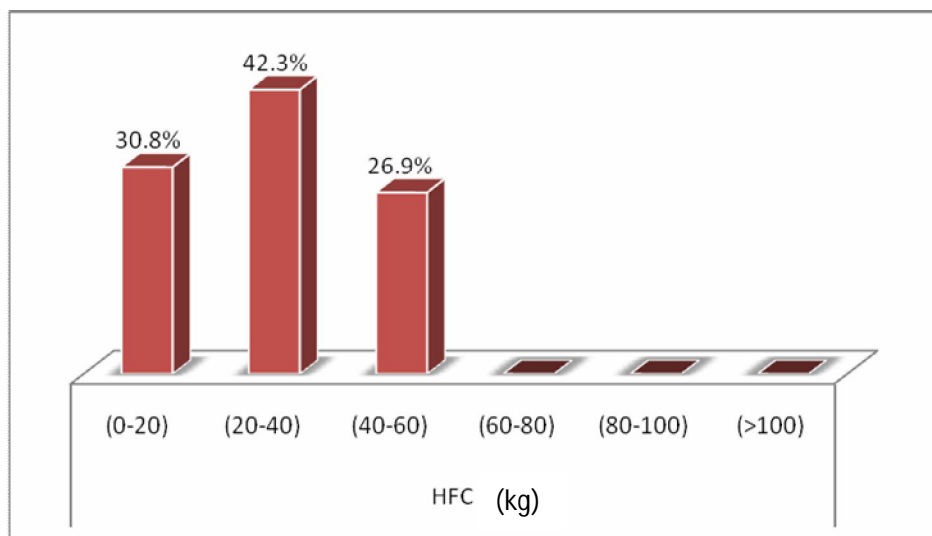


Figura 3.4: Gas HFC que cada técnico libera a la atmósfera anualmente

El porcentaje de HFC suministrados en la región es el menor. La figura 3.4 indica que el porcentaje más alto, 42.3% emplea entre 20 y 40 kg de HFC, y el 30.8% utiliza entre 0 y 20 kg siendo este el rango menor, y un 26.9% aplica entre 40 a 60 kg del gas refrigerante HFC. Hay que destacar que el refrigerante HFC-134a se empleó en los servicios a refrigeradores los cuales reciben una carga mucho menor en comparación con los equipos de aire acondicionado.

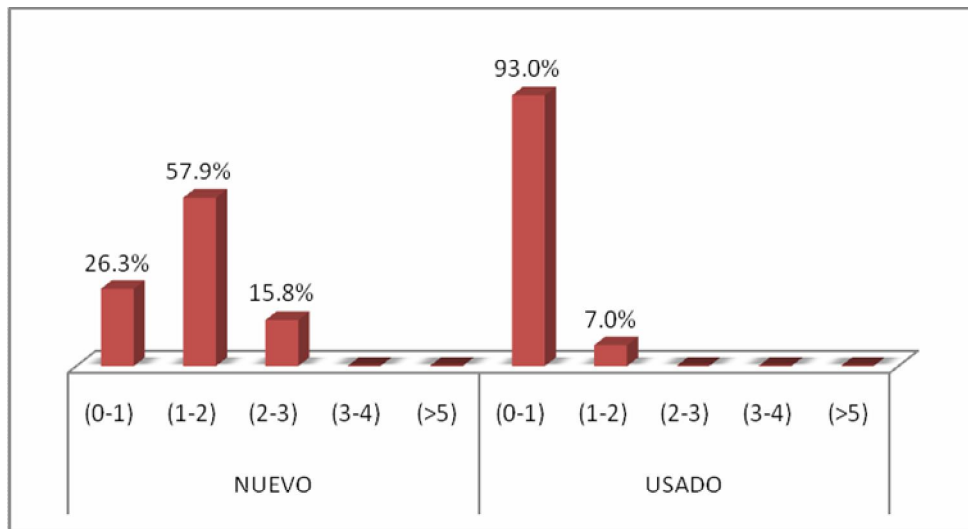


Figura 3.5: Periodo de tiempo en que los equipos presentan fugas

De acuerdo a la figura 3.5, en general se ve que aunque se esperaría un porcentaje nulo o menor para el caso que un equipo de aire acondicionado nuevo presente fugas en el primer año, el porcentaje de incidencia es del 26.3%, en comparación con un 93% para el caso de un equipo de aire acondicionado usado para el mismo periodo de tiempo. Por otro lado, se observa un incremento de un 31.6% en la probabilidad de que un equipo nuevo presente fugas después del primer año de uso.

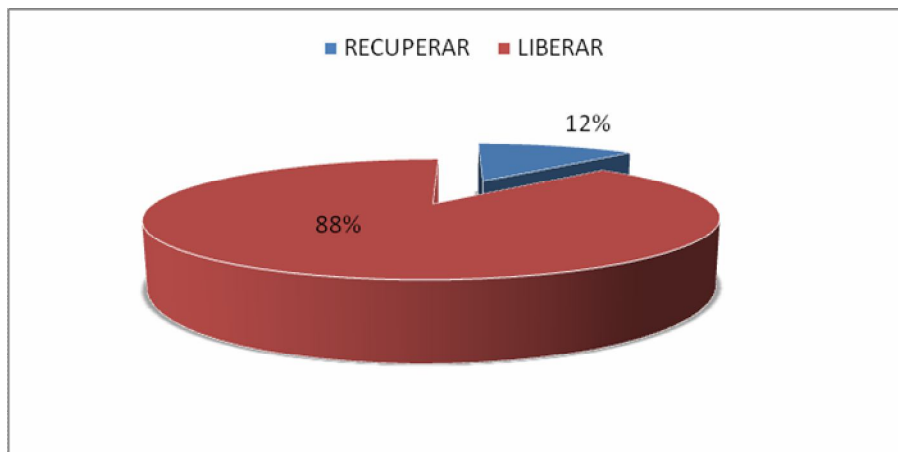


Figura 3.6: Disposición final de los gases refrigerantes

En la figura 3.6 se aprecia que sólo el 12% de los técnicos en refrigeración recupera el gas refrigerante a la hora de efectuar un servicio de refrigeración, mientras que el 88% lo libera a la atmósfera.

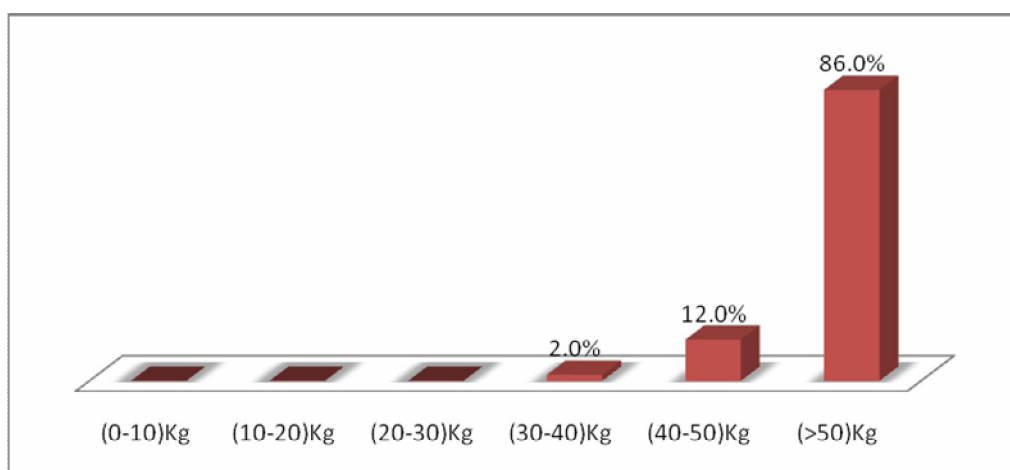


Figura 3.7: Cantidad anual de gas refrigerante emitido por técnico

Además de acuerdo a la figura 3.7 se observa que el 86% de los técnicos ha descargado cantidades superiores a 50kg, el 12% entre 40-50kg y el 2% entre 30-40kgs.

Se observa una diferencia entre estas cantidades ya que dentro de la muestra seleccionada para la encuesta piloto, se encuentran técnicos que laboran dentro de una empresa y ofrecen mayor cantidad de servicios, como técnicos particulares quienes, por lo tanto, manejan menores cantidades de gases refrigerantes.

2.2 Resultados de la encuesta final:
Resultados correspondientes al año 2006.

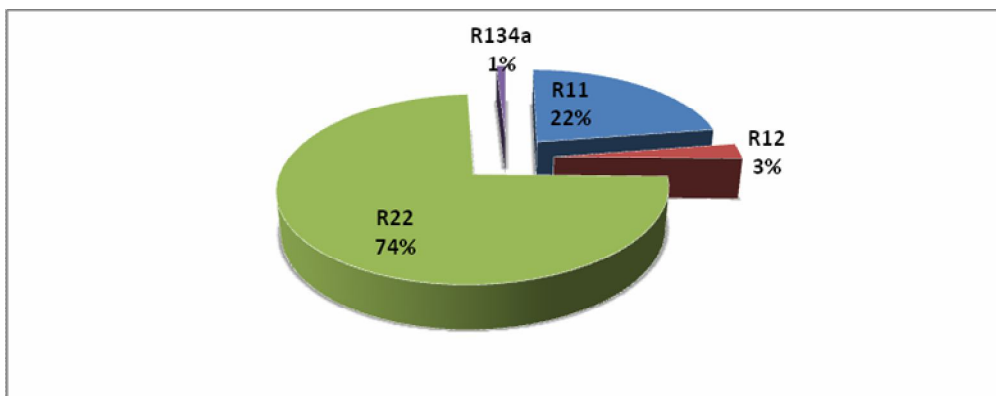


Figura 3.8: Distribución anual del consumo de gases refrigerantes 2006

Como se presenta en la figura 3.8, el tipo de gas mayormente utilizado es el R-22, con un 74% correspondiente al mismo, ya que es este el gas que se suministra como refrigerante a los equipos de aire acondicionado a nivel doméstico. También se observa que un porcentaje significativo, el 22% corresponde al uso de refrigerante CFC R-11 utilizado como agente limpiador y en menor cantidad se utiliza el CFC R-12, ya que a nivel doméstico sólo se consideraron los servicios a refrigeradores y equipos de aire acondicionado, no de transporte. Por otra parte el uso del refrigerante R-134a, es muy bajo, puesto que primordialmente es utilizado en servicio de refrigeradores, y la cantidad que se suministra en cada servicio es mínima en comparación a la cantidad suministrado a los equipos de aire acondicionado.

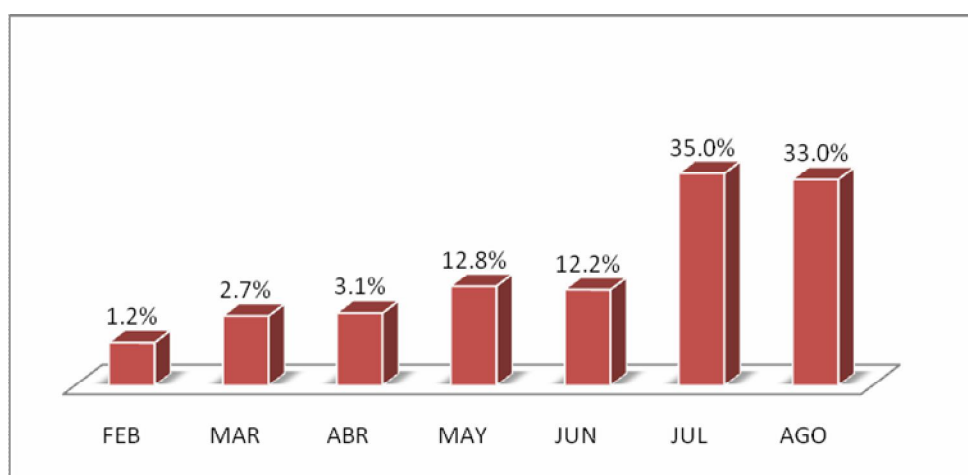


Figura 3.9: Distribución mensual del consumo de gases refrigerantes año 2006

En la figura 3.9, puede observarse que a medida en que van cambiando las estaciones, va cambiando el consumo de gases refrigerantes. En primavera, comprendida de marzo a mayo, el consumo es bajo en comparación con la estación de verano, puesto que para ese periodo, no se alcanzan temperaturas tan altas y como consecuencia, no existe tanta carga y/o presión en los equipos, razón por la cual por la cual la incidencia de fugas es menor y con ello el consumo de refrigerantes. Sin embargo, se observa que en el periodo de verano, se presenta un incremento en el consumo de refrigerantes, y puede deberse al incremento en las temperaturas en dicha temporada, presentándose un tope máximo en el mes de julio, precisamente en el mes donde se registran las mayores temperaturas en la región.

Resultados correspondientes al año 2007.

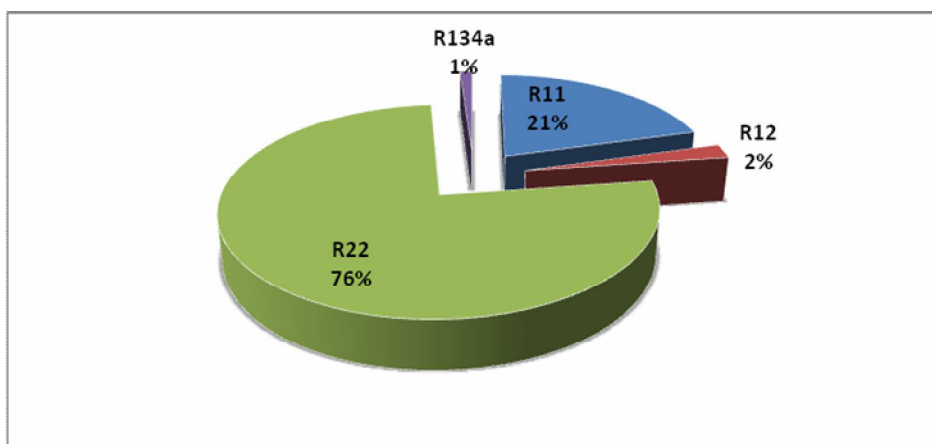


Figura 3.10: Distribución anual del consumo de gas refrigerante 2007

De acuerdo a la figura 3.10, se ve que también para el año 2007 el gas refrigerante que más se consume en la región a nivel doméstico, es el gas empleado como agente refrigerante HCFC: R-22, un 76%, también se observa que los gases CFC, continúan utilizándose en el servicio de refrigeración y aire acondicionado como sustancias para limpiar los componentes de los equipos, resultando en un 21% del CFC: R-11 y un 2% correspondiente al R-12. El consumo del gas refrigerante HFC: R-134a, es el menor en comparación al consumo de los demás gases refrigerantes, por la razón que se explicó en relación a las gráficas del año 2006 respecto a los servicios efectuados a refrigeradores.

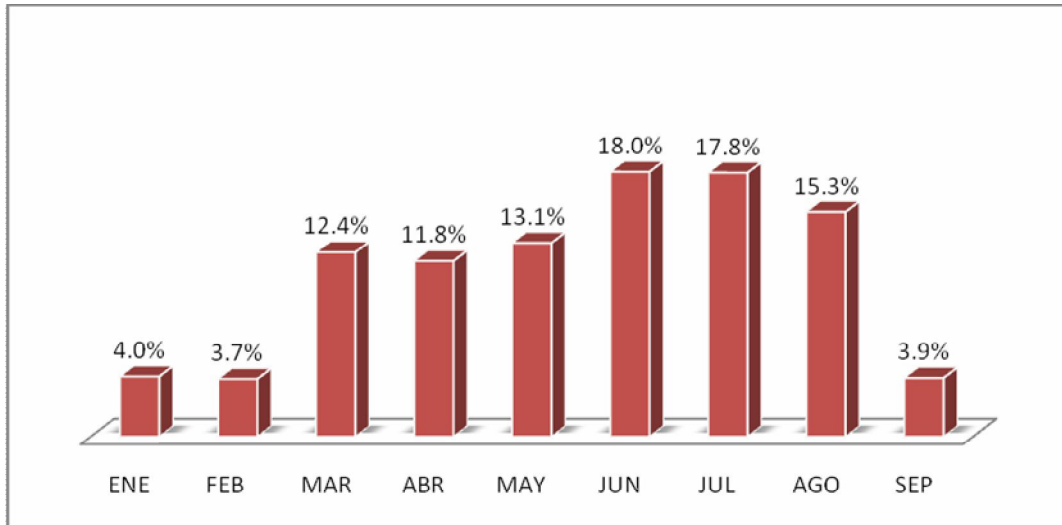


Figura 3.11: Distribución mensual del consumo de gases refrigerantes año 2007

En la figura 3.11 se asocia el consumo de gas refrigerante con la temperatura mensual que se presentó en la figura 2.27. Existe una concordancia con la tendencia de la distribución de las temperaturas registradas en los diferentes meses y estaciones en la ciudad de Mexicali Baja California, es decir se observa que: en la estación de invierno (diciembre a febrero) el consumo es menor, y en la estación de primavera (marzo a mayo) incrementa el consumo de gases refrigerantes, mientras que en la estación de verano (junio a agosto) se genera el mayor consumo de gases refrigerantes al igual que se registran las temperaturas mayores en dicha estación. A partir del otoño (septiembre a noviembre) se presenta un descenso de temperaturas en la región, y de la misma manera conforme a las gráficas, se observa una disminución en el consumo de gases refrigerantes.

Resultados correspondientes al año 2008

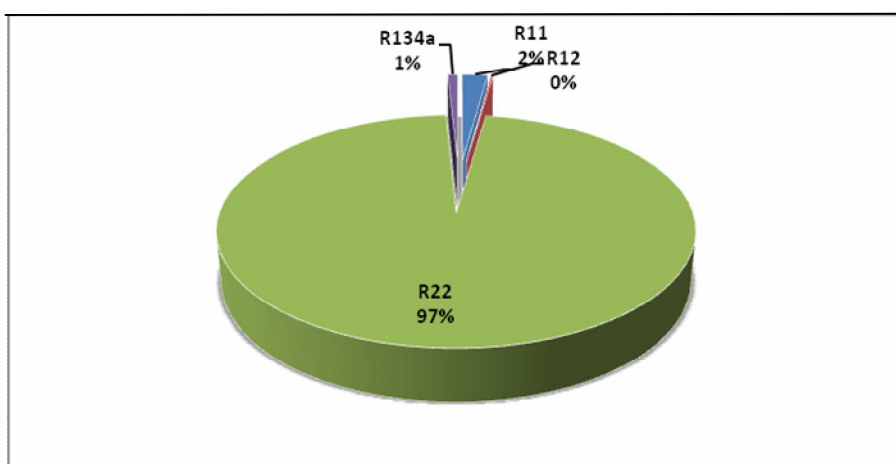


Figura 3.12: Distribución anual del consumo de gases refrigerantes año 2008

La figura 3.12 muestra una disminución pronunciada del consumo del gas refrigerante CFC: R-11, éste descendió casi un 100% en comparación a los otros años estudiados provocando con ello un incremento en el consumo de gas refrigerante HCFC: R-22 reflejándolo el 97% del consumo anual de gases refrigerantes. Por otro lado el suministro del gas refrigerante CFC: R-12, fue prácticamente nulo en este año y el gas HFC: R-134a se empleó en cantidades menores en comparación con los otros gases debido a que los refrigeradores requieren menor cantidad de servicios y su vez menor cantidad de gas refrigerante, sin embargo su consumo permanece constante en relación los años anteriores: 2006 y 2007.

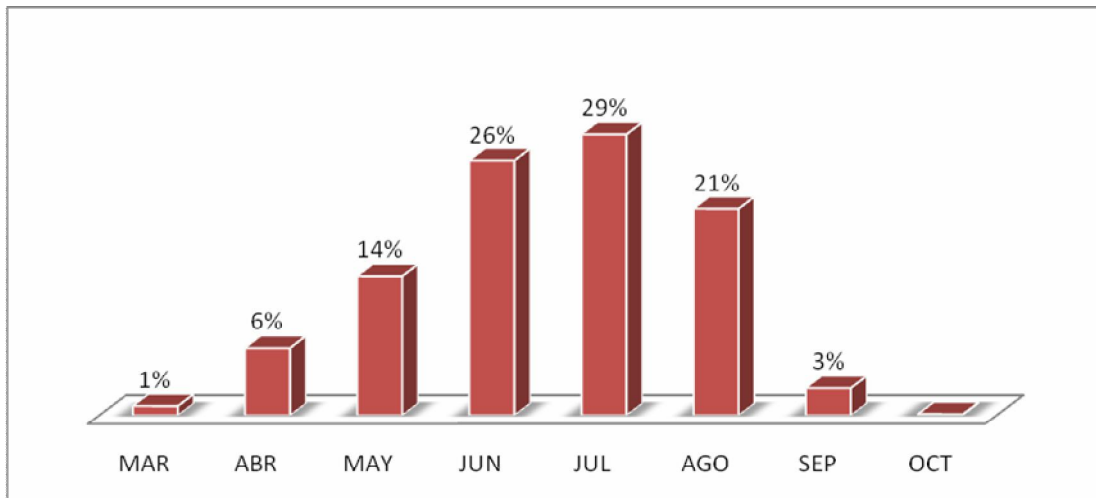


Figura 3.13: Distribución mensual del consumo de gases refrigerantes año 2008

Debido a que para este año en particular, la relación de registros abarcó un rango mayor en cuanto a tiempo, se muestra en la figura 3.13 cómo va aumentando la distribución de gases refrigerantes conforme se llega a la estación de verano, y posteriormente comienza a disminuir drásticamente en los meses comprendidos en la estación de otoño, y en consecuencia no se distribuye gas refrigerante en el periodo de invierno puesto que el estudio es a nivel doméstico, y el uso de los equipos comienza a mediados de la primavera e incrementa en el periodo de verano como se aprecia en la figura anterior.

3.3 Resultados: Mapas de porcentaje de masa fugada y mapas de porcentaje de ocurrencia (frecuencia relativa):

Mapas de porcentaje de masa fugada

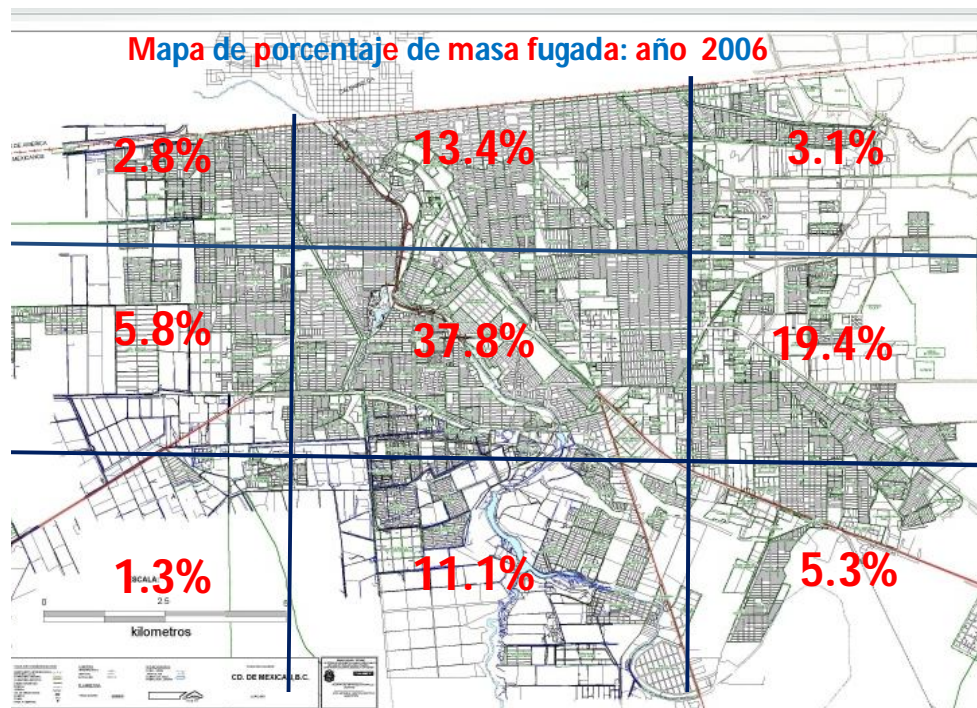


Figura 3.14: Mapa de porcentaje de masa fugada: año 2006.

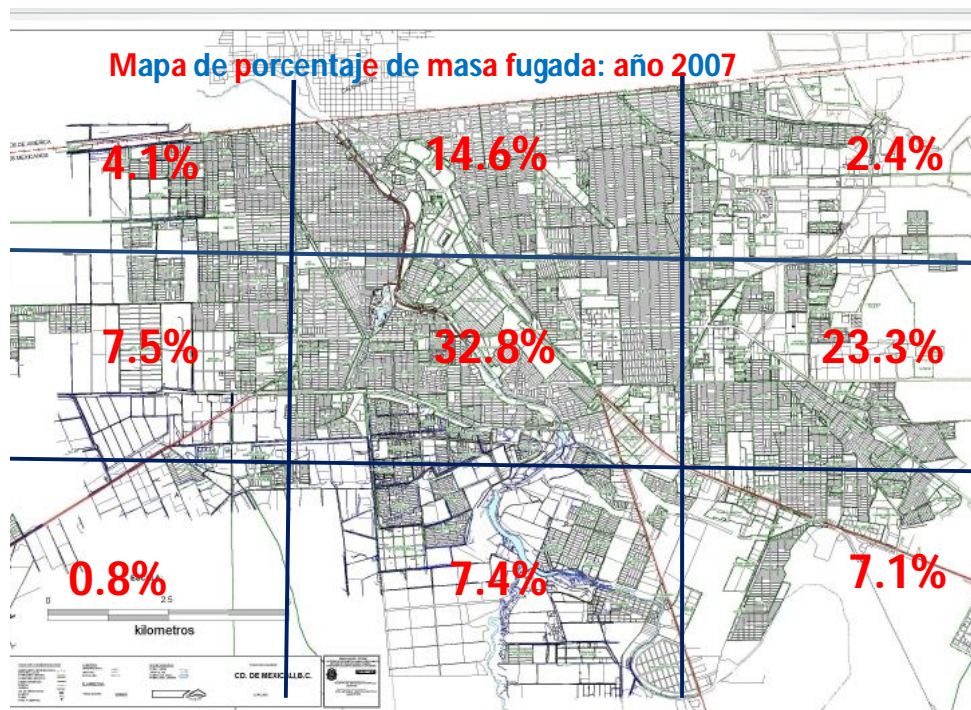


Figura 3.15: Mapa de porcentaje de masa fugada: año 2007.

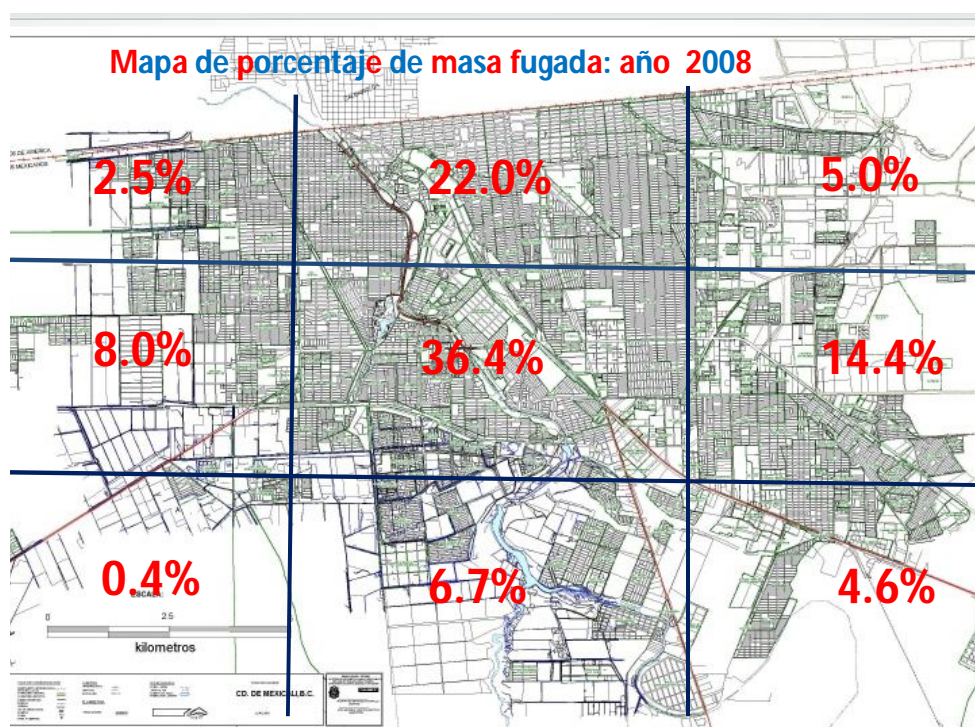


Figura 3.16: Mapa de porcentaje de masa fugada: año 2008.

De acuerdo a los mapas de porcentaje de masa fugada para cada año (figuras 3.14, 3.15 y 3.16), se observa una distribución no-homogénea en cuanto a las concentraciones de masa fugada. Aunque por cuestiones de la división simétrica de cada sección, a cada sección le pertenece un número diferente de colonias como se mencionó previamente en la metodología. Se observa que predomina el porcentaje de masa fugada en la sección V en la cual se encuentran colonias circundantes a la Laguna Xochimilco y al Bosque de la Ciudad como por ejemplo: la ampliación Xochimilco, Jardines del Lago, San Marcos y Santa Mónica. Los otros porcentajes se presentan en las secciones II, VI y VIII sucesivamente. En estas secciones, igualmente la distribución de las colonias es muy diferente, sin embargo el tipo de viviendas que predomina de acuerdo al diagnóstico de tipología de vivienda (Centro de población de vivienda, 1998) en estas secciones es el tipo progresivo e interés social. De igual manera, se ilustra el porcentaje de masa fugada siendo mínimo en las periferias de la ciudad de Mexicali Baja California, además se aprecia que a las secciones restantes les toca una cantidad menor de colonias a considerar.

Independientemente si la información en estudio pertenece a diferentes años y a diferentes fuentes de información (empresas), se presentó una distribución semejante en cuanto a la concentración de masa fugada por zonas. Es decir, la sección con mayor porcentaje de masa fugada en todos los casos coincidió en la sección V como se mencionó anteriormente: año 2006: 37.8%, año 2007: 32.8%, año 2008: 36.4%, y la zona con menor porcentaje concordó con la sección VII: año 2006: 1.3%, año 2007: 0.8%, año 2008: 0.4%, los demás porcentajes al igual coincidieron a las mismas secciones independientemente del año en estudio.

3.4 Mapas de porcentaje de ocurrencia (frecuencia relativa)

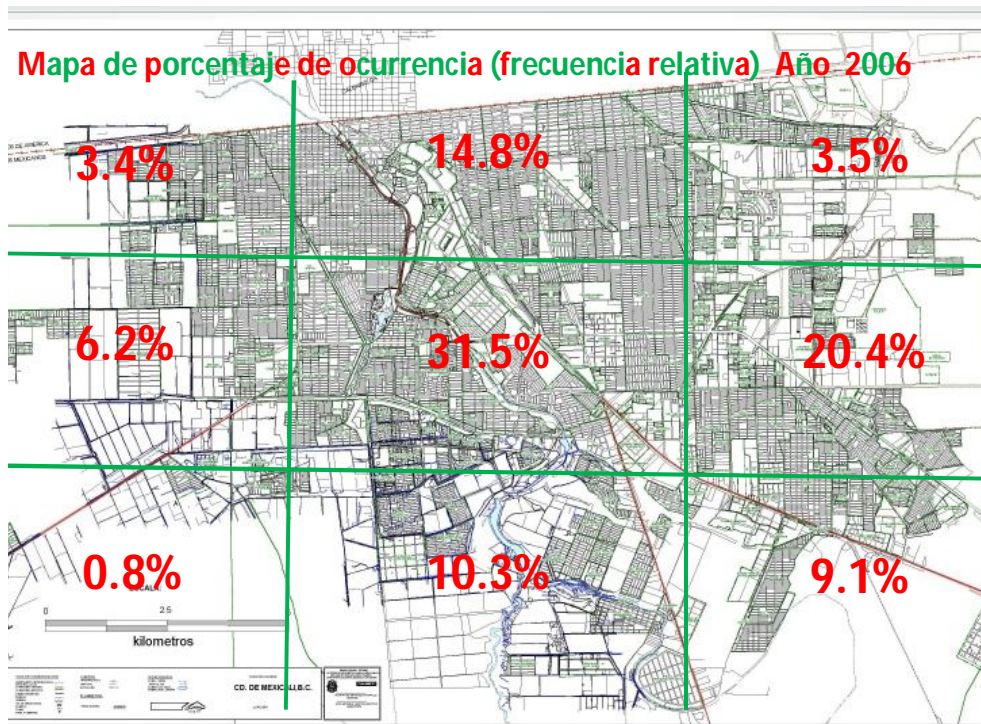


Figura 3.17: Mapa de porcentaje de frecuencia relativa: año 2006.

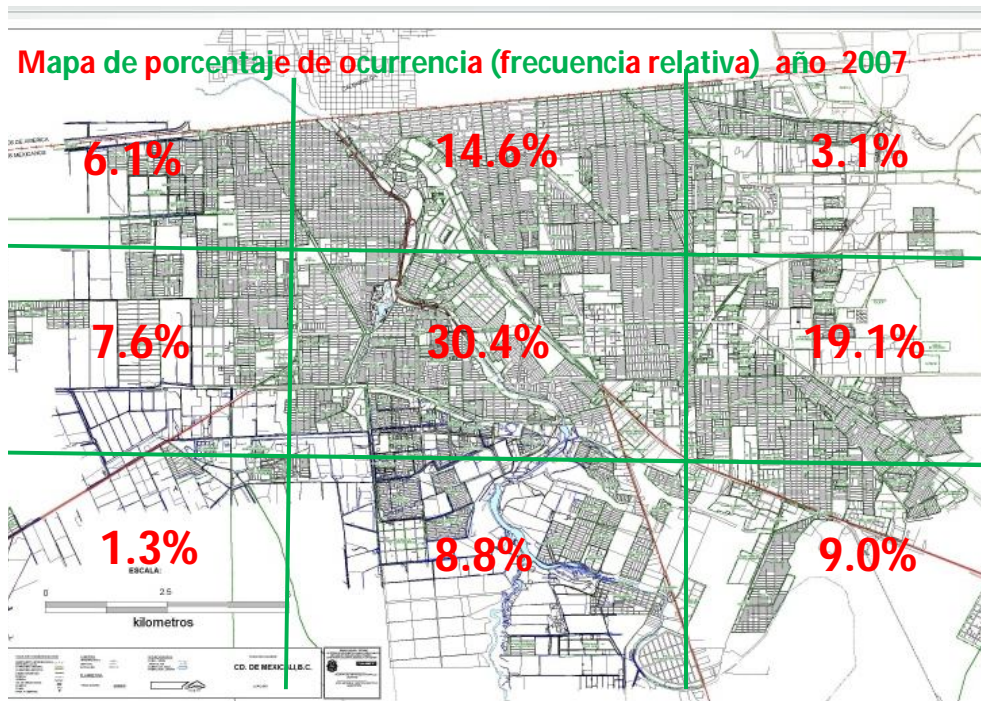


Figura 3.18: Mapa de porcentaje de frecuencia relativa: año 2007.

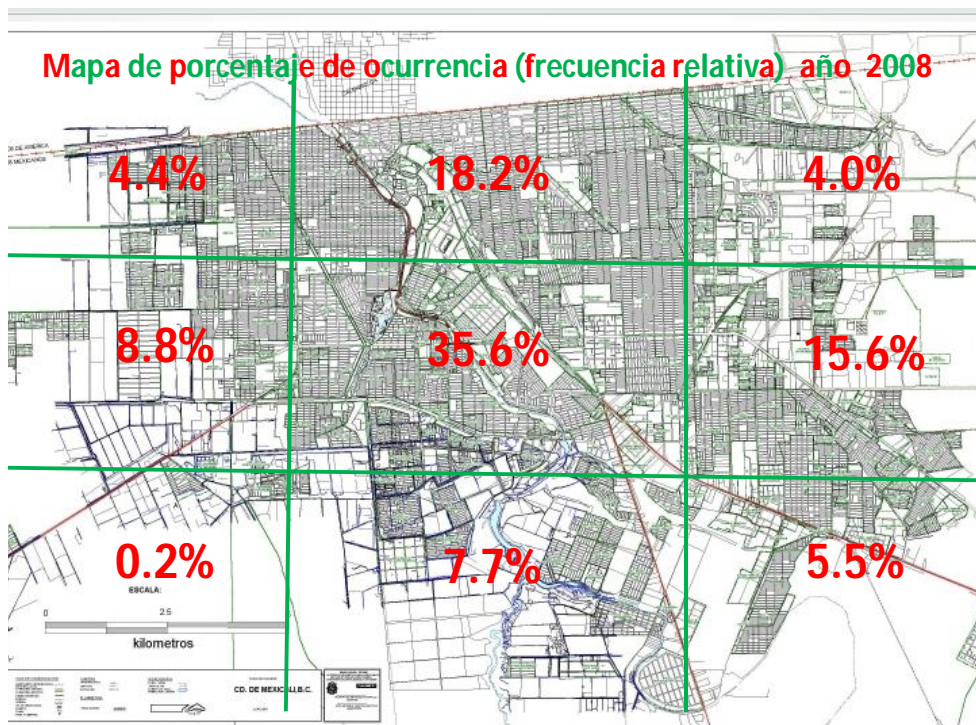


Figura 3.19: Mapa de porcentaje de frecuencia relativa: año 2008.

En los mapas de frecuencia relativa (figuras 3.17, 3.18 y 3.19), se presentó la misma relación en concordancia con los mapas de porcentaje de masa fugada para todos los años en estudio. Se esperaba que en alguno de los casos, al efectuar el análisis se encontrara que alguna sección en particular el porcentaje de masa fugada y de frecuencia relativa fueran muy diferentes. Por el contrario, los resultados revelaron una similitud proporcional entre ambos: Mapa de porcentaje de masa fugada: Mapa de porcentaje de ocurrencia (frecuencia relativa). Reafirmando con esto las distribuciones de la masa fugada respectivamente en cada sección.

3.5 Resultados de los mapas de distribuciones temporales y espaciales:

Se empleó como apoyo el mapa de tipología de vivienda (figura 3.20) para relacionar y verificar los resultados desplegados en MapInfo con zonas definidas en la región de estudio. Asimismo, se presenta la gráfica de distribución por tipo de vivienda de acuerdo al diagnóstico de vivienda Mexicali B.C. y a los datos analizados (figura 3.21) utilizada para relacionar los mapas.

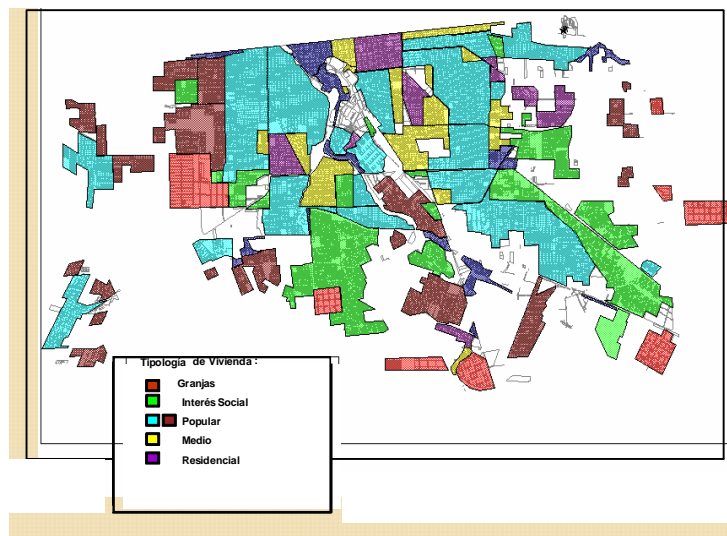


Figura 3.20: Diagnóstico de vivienda, Mexicali B.C. (Centro de población de vivienda, 1998).

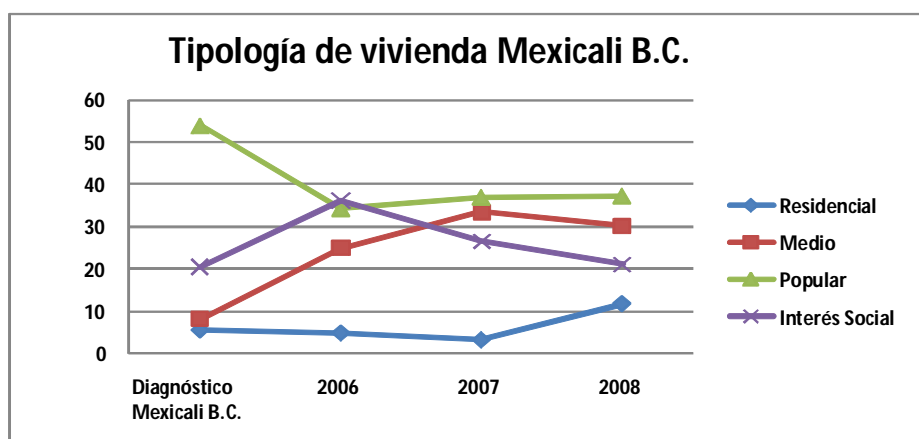


Figura 3.21: Distribución por tipo de vivienda de acuerdo al diagnóstico de vivienda Mexicali B.C. y a los datos analizados

Mapas de distribuciones temporales:

Distribución de acuerdo a la estación:

- ★ Primavera
- ★ Verano
- ★ Otoño
- ★ Invierno

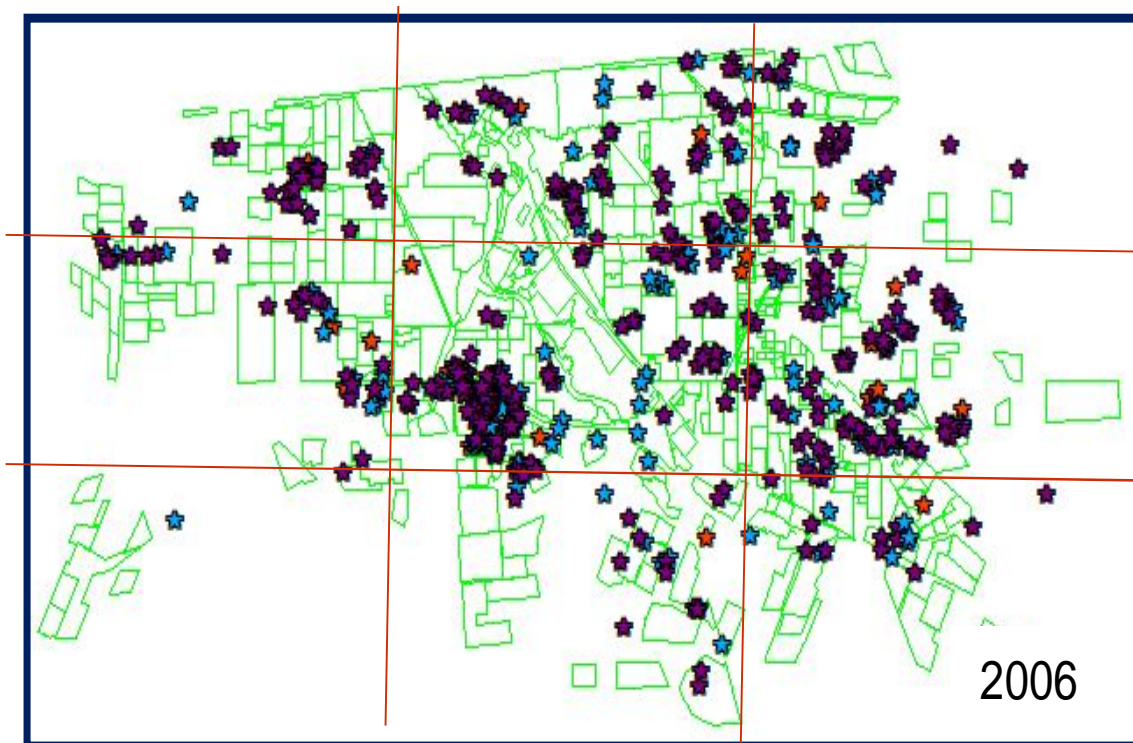


Figura 3.22: Mapa de distribución temporal: año 2006.

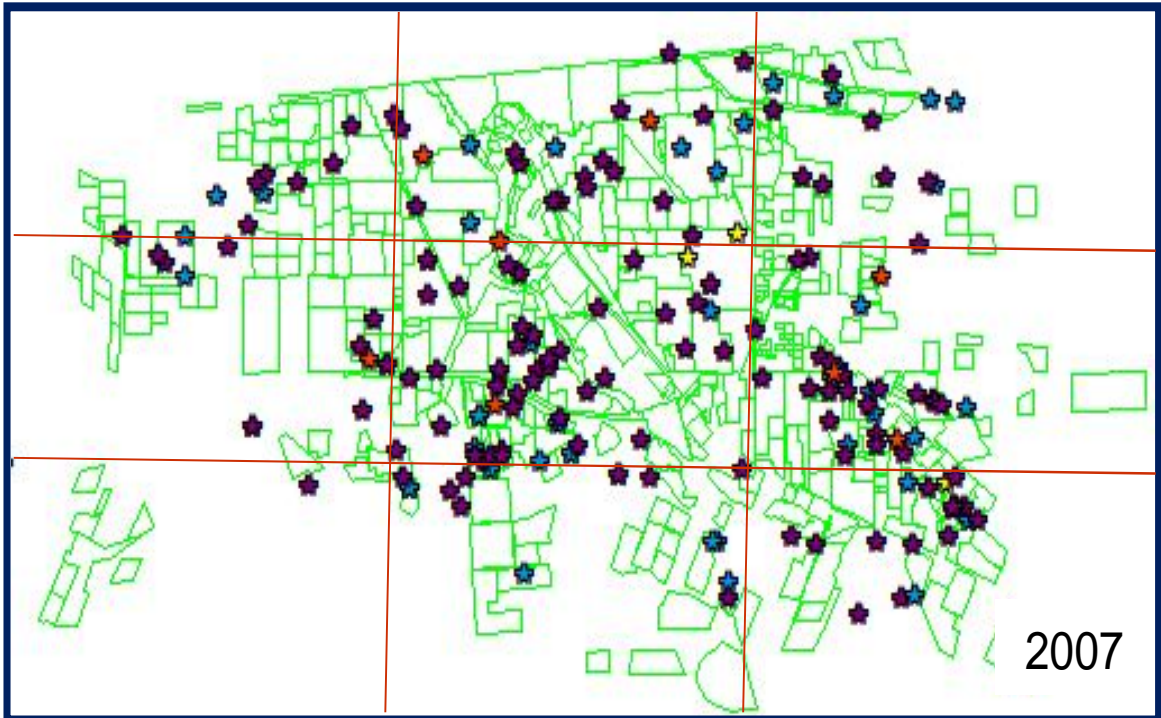


Figura 3.23: Mapa de distribución temporal: año 2007.



Figura 3.24: Mapa de distribución temporal: año 2008.

En general las distribuciones temporales correspondientes a los años 2006, 2007 y 2008 (figuras 3.22, 3.23 y 3.24), exponen una distribución predominante de acuerdo al siguiente orden: verano, primavera, otoño e invierno. En el caso del verano, la distribución se presenta en todos los tipos de vivienda, en la primavera, las distribuciones se presentan mayormente en los tipos de vivienda medio y progresivo y en algunos casos en el tipo de vivienda residencial. No existen muchos registros concernientes a las estaciones de otoño e invierno. Sin embargo, la distribución para el periodo de otoño e invierno se muestra principalmente en el tipo de vivienda residencial y medio. Solamente para el caso del otoño, en menor cantidad se observan algunos registros en el nivel de vivienda progresivo. Se puede suponer que las distribuciones temporales en periodo de invierno competen a los servicios preventivos que se llevan a cabo en las zonas geográficas residenciales.

3.6 Resultados de los mapas de distribuciones espaciales:

Distribución de acuerdo al tipo de refrigerante:

- R-11
- R-12
- R-22
- R-134a

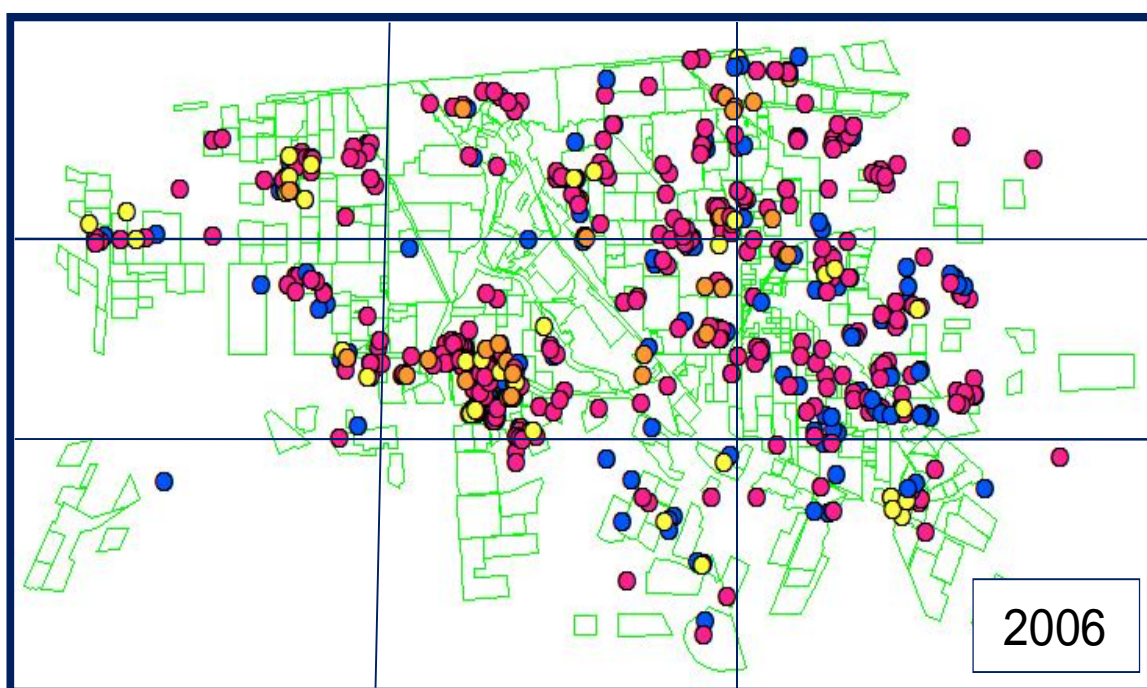


Figura 3.25: Mapa de distribución espacial: año 2006.

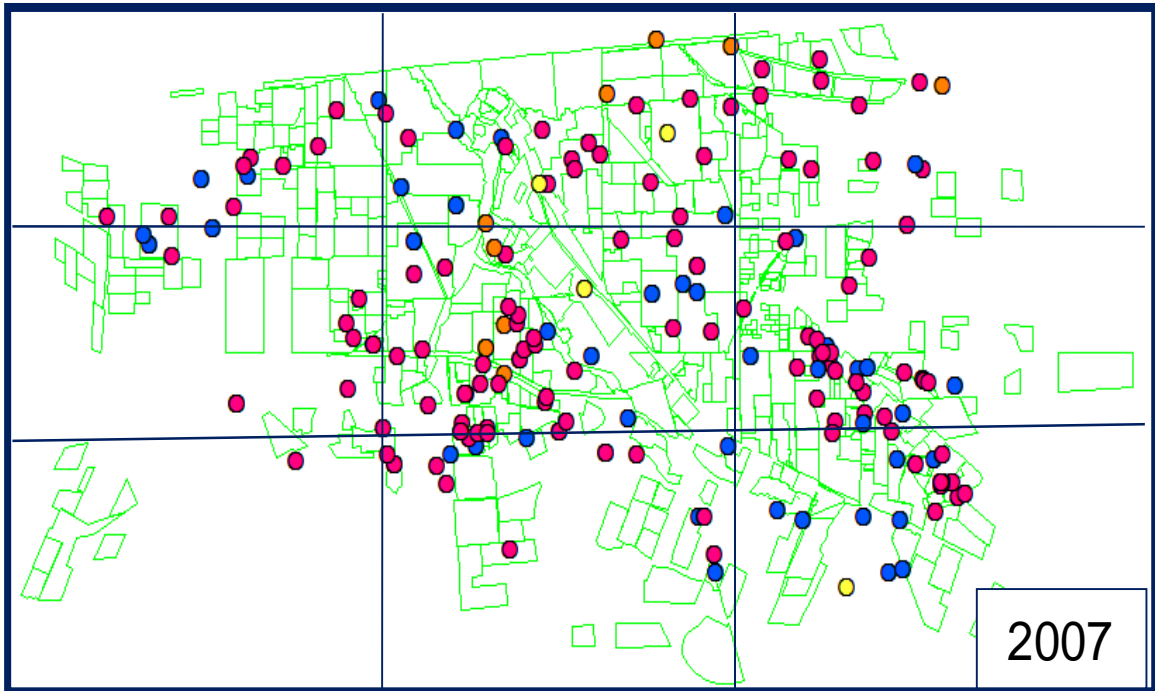


Figura 3.26: Mapa de distribución espacial: año 2007.

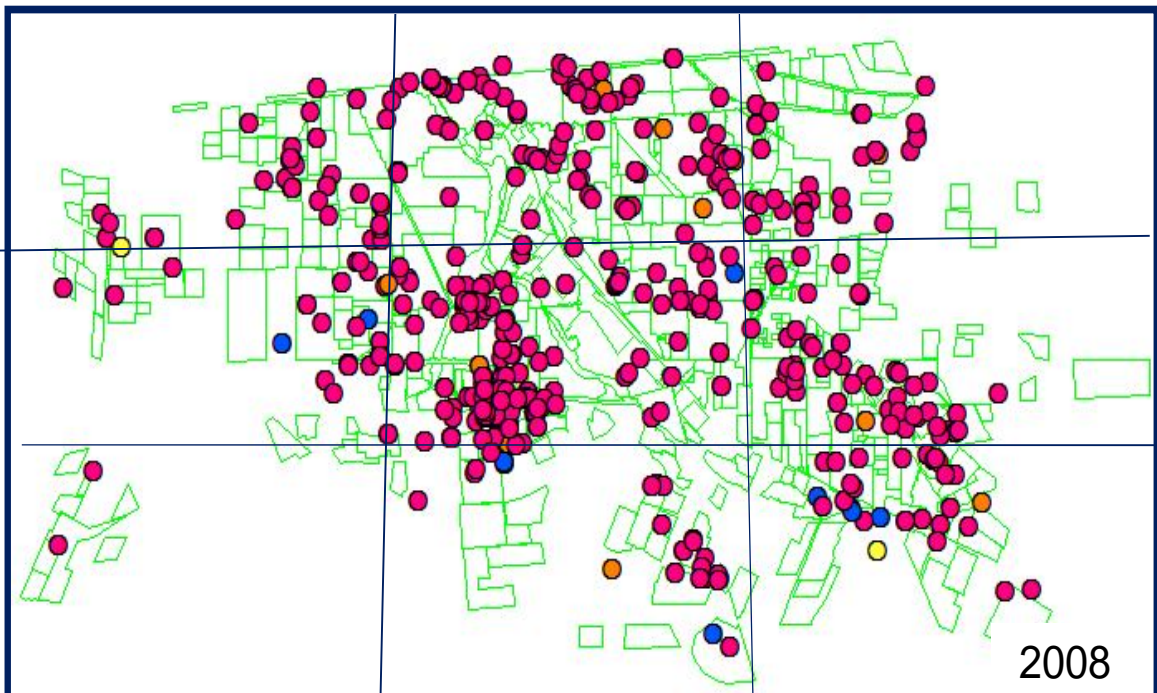


Figura 3.27: Mapa de distribución espacial: año 2008.

De acuerdo a la figura 3.25 en el año 2006 se muestra una distribución considerable de gas refrigerante R-11 alrededor de todos los tipos de viviendas, aunque se presenta en mayor cantidad en las zonas de interés social y a las zonas tipo Progresivo. También la distribución del gas refrigerante R-12 se presenta las mismas zonas con una proporción menor. La tendencia de la distribución del gas refrigerante R-22 es superior y se localiza en todos los tipos de vivienda de la ciudad dado que el R-22 es el elemento empleado como refrigerante. Por otro lado, la distribución del gas R-134a es la menor, sin embargo aparece en todos los tipos de vivienda puesto que este es utilizado en los servicios de refrigeradores.

En la figura 3.26 se observa que en el año 2007 la distribución espacial de los gases refrigerantes CFC ha disminuido, más aún, los registros correspondientes a dichos gases continúa predominando en los tipos de vivienda Popular e Interés Social principalmente. De la misma manera, la distribución espacial de gas HCFC se muestra en todos los tipos de vivienda.

Sin embargo, en la figura 3.27 se manifiesta una reducción notable de los gases CFC en el año 2008, de hecho, únicamente se presenta una distribución espacial para el CFC-R11 en el tipo de vivienda de interés social. Por el contrario se observa la distribución sobresaliente del gas refrigerante HCFC-R22, gas que comenzó a utilizarse como sustituto de los CFC- R11 y R12 en los servicios de refrigeración y aire acondicionado. La distribución espacial del gas refrigerante R134a se manifiesta dispersa en todos los tipos de vivienda puesto que corresponde a servicios de refrigeradores de acuerdo a los registros.

3.7 Resultados del modelo dinámico:

Dado que para el proyecto se recopilaron datos específicos obtenidos de mediciones directas de fugas de gases refrigerantes registrados por los técnicos en refrigeración. Se logró establecer una serie de condiciones, con las cuales se elaboró el modelo por medio del cual se pueden observar los cambios de las emisiones de los diferentes gases refrigerantes a través del tiempo. Esto permite simular lo que sucedería si se modifican las condiciones de entrada como son: la cantidad total de viviendas estratificadas que va desde un mínimo de 455 viviendas a un máximo de 100000, la relación gráfica: temperatura-fugas, y la cantidad de equipos de refrigeración con diferentes capacidades. En la figura 3.28 se puede ver cómo están organizadas las variables que tienen la flexibilidad de variar en cualquier momento.

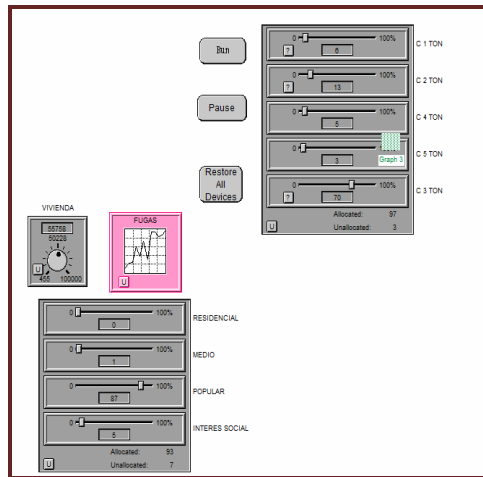


Figura 3.28: Condiciones de entrada flexibles del modelo dinámico.

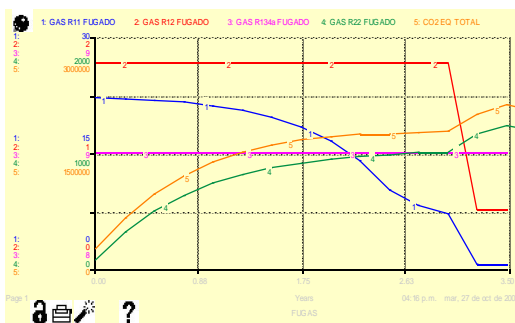


Figura 3.29: Resultado del comportamiento de los gases refrigerantes en Stella.

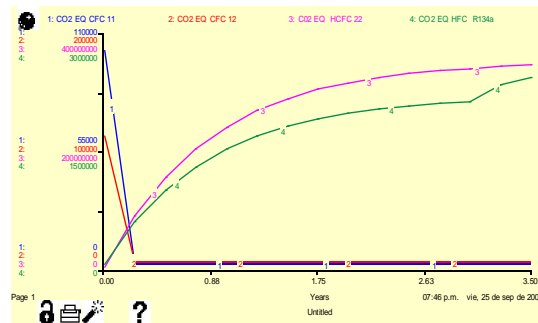


Figura 3.30: Totales de CO2 equivalente simulados en Stella.

Se observa en la figura 3.29 que las concentraciones de los CFC, disminuyen drásticamente en un periodo corto de acuerdo a los registros que abarcan desde el año 2006 al 2008, en consecuencia, se multiplican las emisiones del HCFC. No obstante, si se aumenta el número total de viviendas, se incrementan las concentraciones del gas R22, así como las del R134a y como resultado de dicho incremento se eleva el CO₂ equivalente como se ilustra en la figura 3.30. No obstante, si hubieran continuado elevándose las emisiones de los gases CFC, el total de CO₂ equivalente sería superior al indicado por la cuestión que el PCG del HCFC es 2900 veces menor que el del CFC R-11 y 8900 veces inferior al CFC R-12.

Por medio de la gráfica de la correlación de las distribuciones mensuales Temperatura-Fugas, se presenta un cambio radical conforme se altera la correlación. Es decir, influye tanto la temperatura en las fugas de gases refrigerantes, que algún cambio inesperado en la temperatura genera cambios notables en las emisiones de los gases refrigerantes.

Por medio del modelo, tanto las condiciones de cantidad de viviendas en general y por porcentajes de estratificación, número de equipos de refrigeración de diferentes capacidades, y la gráfica de la relación Temperatura-Fugas, pueden fácilmente modificarse para adaptarse a las condiciones deseadas y obtener por medio de ello, escenarios futuros de acuerdo a los resultados desplegados.

Por medio de la simulación, es posible y fácilmente observable la magnitud del problema de las emisiones de GEI a nivel regional, con lo que es posible comunicar y concientizar un poco más a la comunidad respecto al problema generado.

3.8 Resultados finales:

Tabla 3.1: Emisiones de gases refrigerantes por refrigeración y aire acondicionado en Mexicali Baja California año 2006

Gas refrigerante	kg Gas refrigerante/año	PCG	CO ₂ eq/año
R11	298.881	4600	1 374 852.6
R12	69.003	10600	731 431.8
R22	1 389.827	1700	2 362 705.9
R134a	13.205	1300	17 166.5
TOTAL CO₂ eq			4 486 156.8

Tabla 3.2: Emisiones de gases refrigerantes por refrigeración y aire acondicionado en Mexicali Baja California año 2007

Gas refrigerante	kg Gas refrigerante/año	PCG	CO ₂ eq/año
R11	328.547	4600	1 511 316
R12	35.145	10600	372 537
R22	1 577.93	1700	2 682 481
R134a	17.225	1300	22 392.5
TOTAL CO₂ eq			4 588 727

Tabla 3.3: Emisiones de gases refrigerantes por refrigeración y aire acondicionado en Mexicali Baja California año 2008

Gas refrigerante	kg Gas refrigerante/año	PCG	CO ₂ eq/año
R11	22.47	4600	103 362
R12	11.3	10600	119 780
R22	1 027.645	1700	1 746 997
R134a	8.5	1300	11 050
TOTAL CO₂ eq			1 981 189

Tabla 3.4: Frecuencia de registros por año de estudio.

Año	Σ Frecuencia	Σ Peso (kg)
2006	594	1770.916
2007	609	1962.200
2008	455	1081.381

Para establecer los diferentes escenarios, se propone modificar las condiciones de entrada al modelo de Stella: cantidad de viviendas totales: 450, 50 000 y 100 000 respectivamente.

Esto permitió desarrollar los diferentes escenarios que se presentan en la tabla 3.5.

Tabla. 3.5: Escenarios propuestos por medio de simulación en Stella.

	Cantidad de viviendas	Gas R11 total (kg)	Gas R12 total (kg)	Gas R22 total (kg)	Gas R134a total (kg)	CO2 equivalente total
Escenario 1	455	22	2	1 166	8	2 000 950
Escenario 2	50 228	6	2	112 940	1067	193 484 441
Escenario 3	100 000	1	1	224 644	2051	384 567 879

A fin de especificar si el modelo propuesto resulta rentable, se compararon los resultados producidos en Stella con los obtenidos con la información analizada en la base de datos. Se tomó como ejemplo el año 2008, y en la tabla 3.6 se observan los resultados, para lo cual se consideró un total de 455 viviendas.

Tabla. 3.6: Comparación de emisiones totales de gases refrigerantes: Base de datos-Stella.

Año 2008	Gas R11 total (kg)	Gas R12 total (kg)	Gas R22 total (kg)	Gas R134a total (kg)	CO ₂ equivalente total
Base de Datos	22.47	11.3	1 027.645	8.5	1 981 189
Simulación Stella	22	2	1 166	8	2 000 950

A pesar de que al incrementar la cantidad de viviendas con el tiempo afecta los resultados, el tipo de gases refrigerantes utilizados, es un factor importante puesto cada gas posee un diferente PCG por lo que alteran directamente el CO₂ equivalente total. Así mismo la capacidad de los equipos y la relación fugas-temperatura, son también claves para generar las estimaciones respectivas.

Hay que reconocer que la presente investigación inició hace dos años, y que se analizaron registros de tres años consecutivos con lo que se estudió el impacto en este periodo, y se simuló el impacto posible en años posteriores. En base a ello, se ilustra el escenario inercial, mismo que nos permite observar lo que sucedería si no se controlan las emisiones de los gases refrigerantes.

La bondad del modelo reside en su flexibilidad para generar escenarios futuros, y el hecho que hace falta información para

incrementar la confiabilidad de las predicciones establecidas, señala la importancia de estar generando el monitoreo tal como se planteó en la metodología.



Capítulo 4

Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones:

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que el consumo total anual de gases refrigerantes en kilogramos es similar en cada año estudiado. En promedio se consumen 1330 kg anualmente del gas R-22.

Sin embargo, se presenta una diferencia en cuanto al tipo de gases refrigerantes utilizados en los servicios de refrigeración y aire acondicionado en cada periodo. Por ejemplo en el año 2006 se presenta una distribución de 25% de CFC, en el año 2007 se da una disminución en la distribución del gas CFC R-12 y en el año 2008 disminuye drásticamente el consumo de ambos CFC hasta un 2%, quedando eliminado por completo el consumo del R-12. En consecuencia a estas distribuciones, el consumo del gas refrigerante HCFC R-22, anualmente fue incrementándose de 74% a 97%, hasta dominar casi completamente en el año 2008 en servicios a nivel doméstico.

Al disminuir el consumo de los CFC, se presenta una reducción de 2,504,967 de CO₂ equivalente en base a los años de estudio.

La razón principal se debe a que dejaron de producirse los gases CFC. Otra de las posibles causas radica en el hecho que anteriormente, en la localidad no existía información respecto a los problemas ambientales, sin embargo, no era tan alarmante la crisis ambiental como lo es actualmente en cuanto al consumo y distribución de gases refrigerantes.

Cabe recordar que a partir del año 2007 se inició con programas de capacitación en relación a buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado a los técnicos en refrigeración en ciertos estados de la República Mexicana a nivel nacional. En Baja California se instalaron dos centros de capacitación, uno en Mexicali y otro en Ensenada. Además de capacitar respecto a las buenas prácticas, se les premió con un equipo completo para servicio de recuperación y reciclado de gas refrigerante a los mejores técnicos de acuerdo a diferentes criterios, es decir experiencia y destreza en un examen de evaluación final del contenido del curso. De esta manera, se estimuló a los técnicos y cada vez se cuenta con más técnicos capacitados. A esto se le suma el factor que se instaló un centro de acopio de residuos de gases refrigerantes a donde podrán depositar los técnicos sus residuos en la región de estudio.

Sin embargo, un 88% de los técnicos en refrigeración continúa liberando el gas refrigerante hacia la atmósfera. Considerando que

anualmente la cantidad de gas que cada técnico libera excede los 50 kg, se recomienda evitar tal acción, para lograrlo es necesario continuar capacitando a los técnicos y fomentar en ellos la cultura de recuperación y/o reciclado de gas de desecho.

También hay que considerar que al reemplazar varios usuarios sus equipos por sistemas más eficientes con el apoyo del programa ASI de CFE, se contribuye a reducir las emisiones de los gases refrigerantes.

De acuerdo al inventario de emisiones de GEI del estado de Baja California (Molina, 2005), se calculó que un total 0.04 kg de gas R-22 es emitido hacia la atmósfera por cada registro considerado, sin embargo, conforme los datos analizados en el presente estudio, se estimó un promedio de 3.2 kg de R-22 por cada registro. Esto genera un error relativo igual al 96% entre ambos resultados, por esta razón sería adecuado continuar con el sistema de monitoreo propuesto para obtener mejores estimaciones al desarrollar los inventarios de emisiones.

Los mapas obtenidos indican que al igual que la temperatura ambiente, la ubicación geográfica también influye en las fugas de los sistemas ya que un 26% de los equipos nuevos y un 93% de los equipos usados presentan fugas en el primer año de uso. Por esta razón es recomendable realizar servicios de prevención.

En base a los mapas espaciales en cuanto a la distribución por tipo de gas refrigerante se mostró que la distribución de gases refrigerantes CFC se presentaba principalmente en las áreas correspondientes a los niveles de vivienda popular e interés social. Probablemente por la razón económica, ya que ésta es una limitante para cambiar periódicamente los equipos de refrigeración y aire acondicionado y prestar un servicio completo a estos. Generalmente en estos niveles se solicitan los servicios cuando algún componente del sistema cumple con su periodo de vida, es decir que se dañó completamente o simplemente se quemó, por ello hay que aplicar los gases CFC para limpiar el sistema y/o componentes antes de proporcionarle el servicio necesario. Sumado al costo del mantenimiento, se tiene que considerar el consumo de energía en el caso de los clientes. También es posible que en este tipo de sectores, algunos equipos provengan de la compra de equipos de segunda mano.

Las mayores concentraciones de fugas de igual manera se observan específicamente en las zonas de viviendas tipo popular e interés social, principalmente en la sección donde se concentra el 40% de las fugas. Influye en ello el comentario anterior respecto a los

equipos de segunda mano y a que en el caso de ser necesario un servicio de un cambio de un componente del equipo de refrigeración o aire acondicionado se requiera que además de la carga de gas, se tenga que reparar una fuga, y el cliente en ese momento no cuente con la cantidad necesaria para efectuar tal arreglo. En consecuencia, para poder continuar utilizando su equipo sólo solicita la recarga de gas pese a que en un periodo muy corto vuelva a requerir de otra recarga ya que el problema causante de la fuga no se corrigió.

Respecto a los mapas de distribuciones temporales, se observa que prácticamente los servicios a los equipos de refrigeración y aire acondicionado en periodos preventivos como son el otoño o el invierno, exclusivamente se llevan a cabo en las áreas de tipo de vivienda medio o residencial. Por otro lado se observa que en las temporadas de primavera y particularmente en el verano incrementa considerablemente la cantidad de servicios de refrigeración y aire acondicionado en todos los niveles de vivienda debido a que en esas temporadas se presenta un incremento en la temperatura ambiente, aumentando con ello el uso de los equipos, y la carga en ellos hasta el punto en que se presenten mayores y más frecuentes fugas en los sistemas.

En cuanto al desarrollo metodológico del presente trabajo, es conocido que la cantidad de las emisiones del GEI CO_2 , en comparación con las emisiones de los GEI CFC, HCFC e HFC es mucho mayor, sin embargo el efecto que ocasionan estos últimos GEI mencionados es hasta 4 veces más intenso que el del GEI CO_2 , por ello es relevante el uso de la metodología utilizada, ya que permite tener una cuantificación real de las emisiones de gases refrigerantes, y facilita el reporte de dichas emisiones.

El aporte del modelo dinámico propuesto permite observar el comportamiento temporal del fenómeno de las emisiones del sector residencial de Mexicali, mostrando los resultados tanto en gráficas como en tablas. Los resultados presentan el crecimiento en las emisiones de los diferentes gases refrigerantes empleados esencialmente en los servicios de refrigeración y aire acondicionado. El crecimiento de las emisiones de los gases refrigerantes, y el total de CO_2 equivalente, están influenciados directamente por el incremento en la densidad de población y expansión urbana de la ciudad, así como en función de la temperatura ambiente.

Esto provoca un incremento en el número de refrigeradores y de equipos de aire acondicionado, aumentando de este modo las

emisiones de los gases refrigerantes, lo cual afecta significativamente el deterioro de la capa de ozono y el cambio climático. Precisamente estas cuestiones requieren efectuar estudios y análisis entre las correlaciones de los problemas ambientales de la ciudad.

De acuerdo al estado del arte en materia de inventarios de GEI, tanto la EPA (Protection Environment Agency) como el IPCC, cuentan con diversos datos referentes a los inventarios de emisiones de diferentes gases de efecto invernadero. Mucha de esta información es principalmente para niveles de servicios públicos, comerciales e industriales. Sin embargo, a pesar de que estas fuentes son similares en naturaleza a los equipos de aire acondicionado doméstico, las diferencias particulares en el diseño, capacidad, tipo de gas, etc., entre los diferentes tipos de fuentes son aplicables para los factores de emisión y procedimientos para los cálculos de las grandes fuentes, y desafortunadamente dichos datos no pueden aplicarse para las fuentes de interés del presente proyecto.

En este contexto, podría considerarse que las emisiones de los gases refrigerantes de las fuentes de equipos de aire acondicionado en comparación con las emisiones de bióxido de carbono (CO₂) y otros gases provenientes de otras fuentes, son particularmente pequeñas. Sin embargo, la mayoría de estas fuentes que están en operación rutinaria específicamente a lo largo de 5 meses consecutivos en la ciudad de Mexicali, crean una categoría de fuente que definitivamente resulta ser relevante.

Aunando a esto, el factor que dichas fuentes emiten precursores tanto de ozono como de efecto invernadero, incrementa su importancia como contribuyentes directos a estos problemas de medio ambiente.

Los equipos de aire acondicionado que operan en la ciudad de Mexicali utilizan principalmente gases hidroclorofluorocarbonos R-22. A nivel doméstico los gases que se emplean para la limpieza de los sistemas si es necesaria son los clorofluorocarbonos R-11 y R-12, por otro lado los hidrofluorocarbonos R-134a se aplican mayormente en los refrigeradores. Esto aumenta la importancia del presente estudio puesto que los HFC son potenciales contribuyentes al calentamiento global y además, al agotamiento del ozono los gases refrigerantes CFC. El uso de este tipo de gases es un problema alarmante en cuanto a las emisiones y a cuestiones ambientales.

Finalmente, el principal motivo de preocupación, es la fuga de los equipos de aire acondicionados que operan a lo largo de la ciudad de Mexicali Baja California, puesto que existe una gran densidad de población, quienes cuentan con equipos de aire acondicionado. Asimismo, hay que aclarar que las emisiones también pueden resultar tanto del transporte de este gas como su manufactura, dichos problemas están fuera del alcance de este proyecto sin embargo, es importante reconocerlos.

4.2 Recomendaciones:

Aunque recientemente se haya iniciado con los cursos de capacitación a los técnicos en refrigeración, aun se requiere de más divulgación respecto a los efectos de las emisiones de los gases refrigerantes tanto a los técnicos como a los usuarios a nivel doméstico.

En base al entusiasmo de los técnicos en refrigeración, sería prudente hacer de carácter obligatorio el reportar las emisiones de gases refrigerantes.

A fin de conseguir la eliminación de las SAO, se requiere continuar integrando medidas técnicas reglamentarias a nivel nacional e internacional en base a las estrategias implementadas a nivel global. Podría establecerse una serie de políticas encargadas de regular y controlar el uso de dichas sustancias ya sea aplicando sanciones u otorgando estímulos.

Otra recomendación sería desarrollar un plan de gobierno a través del cual se subsidiara a las personas de nivel popular e interés social para que pudieran cambiar sus equipos por otros más eficientes, además con ello se evitaría el consumo de SAO contenidas en equipos de segunda mano.

Al presentarse una diferencia en cuanto al total de GEI correspondiente a los HCFC e HFC reportados en el Inventario de GEI de Mexicali Baja California, y los resultados obtenidos en el presente proyecto, es recomendable como lo indica el IPCC, utilizar datos específicos si es posible, pues se incrementa con ello la precisión del inventario.

Una de las opciones para lograr aminorar el problema de las SAO, sería establecer acuerdos a nivel industrial con la finalidad de reducir las importaciones de las SAO. También sería factible el hecho de reducir los impuestos aduanales correspondientes tanto a los sustitutos de las SAO, como a las tecnologías que no utilizan SAO. Por el contrario sería conveniente imponer mayores impuestos a las SAO, al igual que severamente prohibir las importaciones de aquellos productos que contiene SAO.

Es imprescindible no sólo tratar la oferta de las SAO sino también la demanda, y se sabe que como consecuencia de cerrar las plantas en las cuales se producen SAO, habrá una disminución en la oferta, mínimo hasta agotar con las sustancias en banco. Además se espera que conforme se cumpla con el compromiso de implementación de buenas prácticas en cuanto al mantenimiento de aire acondicionado,

readaptación de equipos a productos alternativos, y al control y cumplimiento con los acuerdos de prohibición de la importación de SAO o de aquellos productos que las contienen, se reducirá así la demanda de las SAO. Al no controlar la oferta y demanda de las SAO, se puede abrir paso al tráfico ilícito de SAO ya que el tráfico ilícito se presenta al existir excedentes de oferta en el mercado. Por consecuencia, para poder combatir el comercio ilícito de las SAO, es muy importante que la función en cuanto al control de las SAO que tienen las autoridades aduaneras se cumpla rigurosamente.

Apéndices

Apéndice [A]

Variables aplicadas en el modelo dinámico: STELLA.

Elementos utilizados en los diferentes subsistemas mencionados anteriormente.

Los elementos comprendidos en el primer grupo de subsistemas '1' se indican con el superscript (1): ¹

Los elementos comprendidos en el segundo grupo de subsistemas '2' se indican con el superscript (2): ²

Los elementos comprendidos en el tercer grupo de subsistemas '3' se indican con el superscript (3): ³

Los elementos comprendidos en el cuarto grupo de subsistemas '4' se indican con el superscript (4): ⁴

Los elementos comprendidos en el quinto grupo de subsistemas '5' se indican con el superscript (5): ⁵

Los elementos comprendidos en el sexto grupo de subsistemas '6' se indican con el superscript (6): ⁶

Los elementos comprendidos en el séptimo grupo de subsistemas '7' se indican con el superscript (7): ⁷

Los elementos comprendidos en el octavo grupo de subsistemas '8' se indican con el superscript (8): ⁸

Variables:

Distribución de equipos (por capacidad) de acuerdo al tipo de vivienda
C (1) ton ^{2,3}
1.5=C(15) ton ^{2,3}
C (2) ton ^{2,3}
C (3) ton ^{2,3}
C (4) ton ^{2,3}
C (5) ton ^{2,3}

Figura A.1: Variables de distribución de equipos de acuerdo a su capacidad: 2 y 3.

Tabla A.1: Variables utilizadas en los subsistemas: 3.

Equipos: Capacidad Toneladas	Tipo de Gas R11 : R11 T() ³	Tipo de Gas R12 : R12 T() ³	Tipo de Gas R22 : R22 T() ³	Recarga () R11 ³	Rectificación () R11 ³	Recarga () R12 ³	Rectificación () R12 ³	Recarga () R22 ³	Rectificación () R22 ³
C (1) ton	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.5=C(15) ton	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C(2) ton	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C(3) ton	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C(4) ton	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C(5) ton	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla A.2: Variables empleadas en los subsistemas: 3 y 4.

Equipos: Capacidad Toneladas	GAS R 11 SUMINISTRADO () ³ <small>Variable: Convertidor</small>	GAS R 12 SUMINISTRADO () ³ <small>Variable: Convertidor</small>	GAS R 22 SUMINISTRADO () ³ <small>Variable: Convertidor</small>	GAS R 134a SUMINISTRADO ⁴ <small>Variable: Convertidor</small>
C (1) ton	X	X	X	
1.5=C(15) ton	X	X	X	
C(2) ton	X	X	X	
C(3) ton	X	X	X	
C(4) ton	X	X	X	
C(5) ton	X	X	X	
REFRIGERADOR				X

Tabla A.3: Variables aplicadas en los subsistemas: 5, 6 y 7.

Tipo de Gas Refrigerante	Suma del suministro Total de gas: <i>Convertidor</i> Suma: TOTAL R () ^{5,6}	<i>Variable de Flujo Entrada</i> ² : MTO VOLUMEN DE GAS KGS R () ⁶	SERV REQ TOTALES R () ^{6,7}	<i>Stock</i> : CANTIDAD VOLUMEN DE GAS R () ⁶	GAS RECICLADO R () ⁶	<i>Variable de Flujo Salida</i> ² : GAS FUGADO R () ⁶
R (11)	X	X	X	X	X	X
R (12)	X	X	X	X	X	X
R (22)	X	X	X	X	X	X
R (134a)	X	X	X	X	X	X

Tabla A.4: Variables consideradas en los subsistemas: 4, 6 y 7

Variable	Símbolo	Tipo de Variable	Descripción
CO2 EQUIVALENTE TOTAL	CO2 EQ TOTAL ⁷	Variable Externa	Total de CO2 en base a la cantidad de emisiones de los gases refrigerantes y el PCG respectivo.
Volumen de masa de refrigerante	MTO VOLUMEN DE GAS R() ⁶	Variable Flujo de Entrada	Cantidad de masa de refrigerante que se suministra por medio de los servicios de mantenimiento. Respectivamente para cada tipo de gas.
Recarga a refrigeradores	REFRIG RECARGA R134a ⁴	Variable Externa	Porcentaje de gas R134a utilizado en servicios de recarga a refrigeradores
Rectificación a refrigeradores	REFRIG RECTIFICACION R134a ⁴	Variable Externa	Porcentaje de gas R134a utilizado en servicios de rectificación a refrigeradores
Total de Gas R134a	TOTAL R134a ⁴	Variable Externa	Cantidad total de gas R134a suministrado en servicios efectuados a refrigeradores.
Gas Fugado	GAS R() FUGADO ⁶	Variable Flujo de Salida Variable de Estudio	Cantidad de Gas que se emite hacia el medio ambiente (Kgs.)
Gas Recuperado	GAS R () RECICLADO ⁶	Variable Externa	Cantidad de Gas que se recupera. (Kgs.)

Tabla A.5: Variables integradas en los subsistemas: 1, 2, 4, 6 y 7.

Variable	Símbolo	Tipo de Variable	Descripción
Servicios requeridos por tipo de refrigerante	SERV REQ TOTALES R () ^{6,7}	Variable Externa	Total de servicios de A/A requeridos respectivamente en cada subsistema para cada tipo de gas refrigerante.
Servicios requeridos	SERV TOTALES ⁷	Variable Externa	Total de servicios de A/A requeridos en base a la cantidad de empresas participantes.
Servicios requeridos	SER TOT ⁷	Variable Externa	Total de servicios de A/A requeridos en base a la cantidad de empresas participantes.
Distribución de acuerdo a la categoría de Vivienda	VIVIENDA ^{1,2,4}	Variable Externa	Total de las viviendas correspondientes a los registros obtenidos.
Categoría de vivienda Residencial	RESIDENCIAL ^{1,2}	Variable Externa	Porcentaje de viviendas correspondientes a la categoría de nivel residencial.
Categoría de vivienda Medio	MEDIO ^{1,2}	Variable Externa	Porcentaje de viviendas correspondientes a la categoría de nivel medio.
Categoría de vivienda Popular	POPULAR ^{1,2}	Variable Externa	Porcentaje de viviendas correspondientes a la categoría de nivel popular.
Categoría de vivienda Interés Social	INTERES SOCIAL ^{1,2}	Variable Externa	Porcentaje de viviendas correspondientes a la categoría de nivel Interés Social.

Apéndice [B]

Distribución del tipo de vivienda

Tabla B.1. Distribución por tipo de vivienda respecto al diagnóstico de vivienda Mexicali B.C.

DIAGNOSTICO DE VIVIENDA MEXICALI B.C	
TIPO DE VIVIENDA	PORCIENTO
Residencial	5.470
Medio	8.080
Popular	53.930
Interés Social	20.380
Precaria y Granjas	12.140

Tabla B.2. Distribución por tipo de vivienda de acuerdo a los datos registrados: año 2006

AÑO 2006	
TIPO DE VIVIENDA	PORCIENTO
Residencial	4.545
Medio	23.737
Popular	32.492
Interés Social	34.343
Refrigeradores	4.882

Tabla B.3: Distribución por tipo de vivienda de acuerdo a los datos analizados: año 2007

Año 2007	
TIPO DE VIVIENDA	PORCIENTO
Residencial	2.960
Medio	31.340
Popular	34.860
Interés Social	25.000
Refrigeradores	5.747

Tabla B.4: Distribución por tipo de vivienda de acuerdo a los datos estudiados: año 2008

Año 2008	
TIPO DE VIVIENDA	PORCIENTO
Residencial	11.209
Medio	29.011
Popular	35.824
Interés Social	20.220
Refrigeradores	3.736

Apéndice [C]

Concentrados:

AÑO 2006 PORCENTAJES										
Aparato Ton		R11		R12		R22		R134a		TOTAL
		RCG	RCT	RCG	RCT	RCG	RCT	RCG	RCT	
1	FREC	0	0.1702128	0	0.1276596	0.306383	0.4036364			1
	WEIGHT	0	0.1756487	0	0.1317365	0.2842315	0.4083832			1
1.5	FREC	0	0.2542373	0	0.0847458	0.220339	0.440678			1
	WEIGHT	0	0.2600245	0	0.0866748	0.2025915	0.4507092			1
2	FREC	0	0.1666667	0	0.0229885	0.4195402	0.3908046			1
	WEIGHT	0	0.1740422	0	0.0240058	0.3938531	0.4080989			1
3	FREC	0	0.1666667	0	0.0454545	0.3939394	0.3939394			1
	WEIGHT	0	0.1735735	0	0.0473382	0.3688237	0.4102646			1
4	FREC	0	0.1588235	0	0.0117647	0.4588235	0.3705882			1
	WEIGHT	0	0.1665421	0	0.0123364	0.4325234	0.3885981			1
5	FREC	0	0.125	0	0.03125	0.5	0.34375			1
	WEIGHT	0	0.1316489	0	0.0329122	0.4734043	0.3620346			1
REFRIGERADOR	FREC							0.7931034	0.2068966	1
	WEIGHT							0.7750852	0.2249148	1

Figura C.1: Concentrado de datos: año 2006

AÑO 2007 PORCENTAJES										
Aparato Ton		R11		R12		R22		R134a		TOTAL
		RCG	RCT	RCG	RCT	RCG	RCT	RCG	RCT	
1	FREC	0	0.205	0	0.181	0.042	0.572			1
	WEIGHT	0	0.206	0	0.181	0.038	0.575			1
1.5	FREC	0	0.257	0	0.068	0.054	0.622			1
	WEIGHT	0	0.258	0	0.068	0.049	0.625			1
2	FREC	0	0.235	0	0	0.07	0.695			1
	WEIGHT	0	0.236	0	0	0.063	0.7			1
3	FREC	0	0.188	0	0	0.063	0.75			1
	WEIGHT	0	0.189	0	0	0.057	0.755			1
4	FREC	0	0.131	0	0	0.09	0.778			1
	WEIGHT	0	0.132	0	0	0.082	0.785			1
5	FREC	0	0.053	0	0	0.053	0.895			1
	WEIGHT	0	0.053	0	0	0.048	0.9			1
REFRIGERADOR	FREC							0.057	0.943	1
	WEIGHT							0.052	0.948	1

Figura C.2: Concentrado de datos: año 2007

Aparato Ton		AÑO 2008 PORCENTAJES				TOTAL
		R11	R12	R22	R134a	
		RCG	RCG	RCG	RCG	
1	FREC	0.053571429	0.035714286	0.910714286	0	100
	WEIGHT	0.060468803	0.040312535	0.899218662	0	100
1.5	FREC	0.055555556	0	0.944444444	0	100
	WEITH	0.060340099	0	0.939659901	0	100
2	FREC	0.06504065	0	0.93495935	0	100
	WEITH	0.075101344	0	0.924898656	0	100
3	FREC	0	0	1	0	100
	WEITH	0	0	1	0	100
4	FREC	0	0	1	0	100
	WEITH	0	0	1	0	100
5	FREC	0	0	1	0	100
	WEITH	0	0	1	0	100
REFRIGERADOR	FREC	0	0	0	1	100
	WEITH	0	0	0	1	100

Figura C.3: Concentrado de datos: año 2008

Anexos

Anexo [1]: Encuesta piloto

1.- ¿De los diferentes tipos de refrigerantes que existen, cuáles de ellos son los que más utiliza?

CFCs:

R11, R12, R1381, R113, R114, R500, R502, R503.

HCFCs:

R22, R123, R124, R401A, R401B, R402A, R402B, R403B, R408A, R409A, R414B, R416A.

HFCs:

R23, R134a, R404A, R407c, R410A, R417A, R507, R508B.

2.- Dentro del periodo de un año: ¿Qué cantidad de refrigerante suministra?

	(0-20) Kg.	(20-40) Kg.	(40-60) Kg.	(60-80) Kg.	(80-100) Kg.	(>100) Kg.	Cantidad Exeda
R-11							
R-12							
R-22							
R-123							
R-124							
R-134*							
R-404*							
R-410*							

3.- ¿De acuerdo a su experiencia, después de cuánto tiempo un aparato de refrigeración presenta

	(0-1) años	(1-2) años	(2-3) años	(4-5) años	(> 5) años
Equipos nuevos					
Equipos usados					

4.- ¿Qué disposición final le da a los gases refrigerantes de desecho?

5.- ¿Alguna vez ha descargado gas refrigerante a la atmósfera?

Si ()

¿Aproximadamente qué cantidad anualmente?

(0-10)Kg. (10-20)Kg. (20-30)Kg. (30-40)Kg. (40-50)Kg. (> 50)Kg.

Cantidad aproximada: _____Kg.

No ()

Anexo [2]: Encuesta final



ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES REFRIGERANTES

Importante: La siguiente información será usada únicamente con fines científicos.

Fecha: _____

Tipo de equipo _____

Capacidad de enfriamiento _____

Tipo de refrigerante _____

¿Se recargó refrigerante? () Si () No Cantidad recargada _____

¿Ha presentado fugas el equipo anteriormente? () Si () No

¿Con qué frecuencia? () cada año () cada 2 años () cada 3 años o más

Posible causa de la fuga _____

Dirección dónde se realizó el servicio _____

Glosario

Glosario

Agotamiento de la Capa de Ozono: Proceso mediante el cual las moléculas de ozono estratosférico son destruidas por los productos químicos fabricados por el hombre, llevando a una reducción en su concentración.

Alcanos: Un tipo de hidrocarburos con la fórmula general C_nH_{2n+2} . Los alcanos, son compuestos que no contienen enlaces dobles o triples. Sus nombres terminan en *-ano*, como por ejemplo el metano. Los alcanos no son muy reactivos. Con la luz ultravioleta, reaccionan con los halógenos para formar una mezcla de productos de sustitución. Esto involucra una reacción en cadena de radicales libres, y es importante como primer paso en la formación de otros compuestos de los alcanos.

Capa de Ozono: Trioxígeno (O_3). El ozono es inestable, y se descompone en oxígeno al calentarse. Es un fuerte agente de oxidación. Está presente en las capas superiores de la atmósfera, donde filtra a la Tierra de los rayos ultravioleta de onda corta. Existe la preocupación de que la capa de ozono se esté deteriorando por los fluorocarbonos y otros compuestos producidos por la industria.

*Una disminución en la capa de ozono, se presenta en las primaveras en la Antártica (Hemisferio Sur). La reducción de la capa de ozono implica que una mayor parte de los rayos ultravioleta del Sol alcanzan la Tierra, lo que provoca un incremento de la temperatura global, cánceres de piel y un peligro para los cultivos entre otros daños. Los datos indican que la concentración de ozono sobre la Antártida disminuyó cerca de un 70% entre los últimos 70-90 años, dando origen al deterioro de la capa de ozono. Estudios recientes indican que debido a la pérdida de ozono y al efecto invernadero están ocasionando que la situación en el hemisferio Norte esté pareciéndose a la del Hemisferio Sur. Lo cual provocaría un agujero de ozono ártico en los siguientes años.

Calentamiento Global: El calentamiento Global de la atmósfera y el cambio climático son producidos por la emisión de los gases de efecto invernadero que atrapan el calor que sale de la Tierra, haciendo que la temperatura de la atmósfera aumente. Los gases de efecto invernadero incluyen, dióxido de carbono, metano, CFC, HCFC y halones. El potencial de calentamiento global de la atmósfera (PCG) es la contribución de cada uno de los gases de efecto

invernadero al calentamiento global de la atmósfera, relativa a la del dióxido de carbono, cuyo PCG por definición tiene el valor de 1. Normalmente se refiere a un intervalo de tiempo de 100 años (PCG 100).

Clorofluorocarbono CFC: Familia de las sustancias químicas orgánicas compuestas por cloro, flúor y carbono. Estas sustancias completamente halogenadas se usan comúnmente en refrigeración, espumados, aerosoles, esterilizantes, solventes de limpieza y en una variedad de aplicaciones. Los CFC tienen el potencial de destruir las moléculas de ozono en la estratosfera y son una de las principales causas del agotamiento de ozono.

Compuestos orgánicos: se definen como aquellos compuestos que pueden obtenerse a partir de organismos vivos, y se conforman primordialmente por carbón, hidrogeno y oxígeno.

Efecto Invernadero: La función del CO₂ y de otros gases de la atmósfera, es fungir como un vidrio de un invernadero, permitiendo de esta manera que pasen los rayos solares, pero impidiendo que gran parte del calor de la Tierra escape hacia el espacio. Provocando de esta manera que la Tierra sea cada vez más cálida.

Gas de Efecto Invernadero (GEI): Gases que impiden que la energía que emite la Tierra de manera de radiación infrarroja, cuando es calentada con la radiación del Sol, salga de nuevo hacia el espacio, contribuyendo así al calentamiento global del planeta.

Grupo Alquilo: Es un grupo que se obtiene al remover un átomo de hidrógeno de un alcano. Por ejemplo, el grupo metilo (CH₃) se deriva del metano (CH₄).

Haluros: Compuestos que contiene halógenos. Los haloalcanos son un ejemplo.

Haloalcanos: Un tipo de compuestos orgánicos en donde uno o más átomos de hidrogeno del alcano, se han reemplazado por átomos de halógenos. Los haloalcanos pueden formarse por la reacción directa con un halógeno. Los haloalcanos son mucho más reactivos que los alcanos, y son compuestos de inicio muy útiles para preparar un amplio rango de químicos orgánicos.

Halocarbonos: Un compuesto químico que contiene átomos de carbón unidos a los átomos de un halógeno y en algunas ocasiones a átomos de hidrogeno. Los halocarbonos incluyen los haloalcanos tales como el tetraclorometano (CCl₄). Existen varios tipos de de halocarbonos que son muy útiles, pero que también son

contaminantes significantes. Por ejemplo, los Clorofluorocarbonos (CFC), contiene carbón, flúor y cloro. Se utilizan como refrigerantes, aerosoles y para la fabricación de espumas. De cualquier Sin embargo, también se piensa que dañan la capa de ozono por lo cual existe un acuerdo internacional para desfasar su uso. Compuestos similares son los HCFC hidroclorofluorocarbonos (HCFC), los cuales contienen hidrogeno al igual que flúor y cloro, y los hidrofliorocarbonos (HFC), los cuales contiene hidrogeno y flúor. Los halocarbonos también contribuyen al calentamiento global.

Halogenación de los alcanos: son reacciones de sustitución en donde un halógeno reemplaza uno (o más) de los átomos de hidrogeno del alcano.

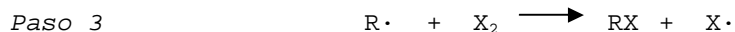


La reacción se lleva a cabo por medio de mecanismos de reacción.

Iniciación de la Cadena



Propagación de la Cadena



Pasos terminales de la Cadena

Paso 4



Halógenos: Un grupo de elementos VIIA, de la tabla periódica. Los halógenos son caracterizados por su alta afinidad de electrones y su alta electronegatividad.

Hidrocarburos: Cualquier compuesto que solo contenga uno o más átomos de carbón rodeados por átomos de hidrogeno. Los alcanos, alquenos y alquinos son algunos ejemplos.

Hidroclorofluorocarbonos HCFC: Familia de las sustancias químicas hidrogenadas relacionadas con los CFC, que contiene hidrogeno así

como cloro, flúor y carbono. El hidrogeno que contienen hace que su vida en la atmósfera se reduzca haciendo que, a largo plazo, los HCFC sean menos nocivos que los CFC.

Hidrofluorocarbonos HFC: Familia de las sustancias químicas hidrogenadas relacionadas con los CFC, que contiene hidrogeno así como flúor y carbono, pero no cloro y, por consiguiente, no agotan la capa de ozono.

MapInfo: es un sistema de información geográfica utilizado para la creación, visualización y análisis de mapas e información basada en localización, dirigida para profesionales de todas las disciplinas.

Mapa Temático: Un mapa temático, es un mapa creado para reflejar un tema particular respecto a un área geográfica y ayuda a representar gráficamente una variable, de acuerdo a un rango de valores seleccionado. Por medio de ellos se pueden mostrar aspectos sociales, políticos, culturales, económicos, ambientales, etc., de una ciudad, estado, región, nación o continente. Esta designado para servir un propósito especial o para ilustrar un tema particular a diferencia de un mapa general. Enfatizan variaciones espaciales e interrelaciones de distribuciones geográficas. Mientras que un mapa común, muestra dónde se encuentra algo en un espacio, un mapa temático, describe un aspecto de ese lugar. La localización es importante por supuesto para indicar la referencia base de donde ocurre el fenómeno en estudio.

Modelo Dinámico: es una abstracción de un fenómeno que abarca las variables más relevantes de un sistema.

Molécula de Ozono: Molécula que contiene tres átomos de oxígeno y cuya presencia en la estratosfera constituye la capa de ozono. Es una sustancia venenosa de color azul.

Potencial de Agotamiento del Ozono PAO: Medida de la capacidad que posee una sustancia para destruir el ozono estratosférico, que se basa en su duración en la atmósfera, estabilidad, reactividad y contenido de elementos que pueden atacar al ozono, como por ejemplo cloro y bromo. Todos los PAO se basan en una medida de referencia que es 1 para el CFC-11.

Potencial de Calentamiento Global PCG: Define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea hoy de 1 kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂ está basado

en un tiempo horizonte de 100 años, por ejemplo la emisión de 1 kg de R-134a es equivalente a la emisión de 1300 kg de CO₂.

Radicales (o radicales libres): son reactivos intermedios que tiene un electrón sin aparear.

Reacciones en Cadena: son reacciones en cuyo mecanismo involucra una serie de pasos, y en cada paso, se produce un reactivo intermedio que ocasiona que ocurra el siguiente paso. La halogenación de un alcano, es una reacción en cadena.

Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono SAO: Toda sustancia controlado por el protocolo de Montreal y sus Enmiendas.

*Las SAO incluyen CFC, HCFC, halones, tetracloruro de carbono, metilcloroformo, bromoclorofluorocarbono y bromuro de metilo. Las SAO tiene un potencial de agotamiento del ozono mayor que 0 y pueden agotar la capa de ozono estratosférico.

Stella: es un programa designado para ayudar a los usuarios a generar simulaciones propias utilizando sistemas dinámicos. En lugar de diagramas que solamente representan circuitos de retroalimentación casuales, otros aspectos del sistema dinámico se toman en consideración. Stella proporciona formas icónicas de niveles, flujos, convertidores y conectores. Con estas herramientas, se puede generar simulación sofisticada que contengan circuitos complicados.

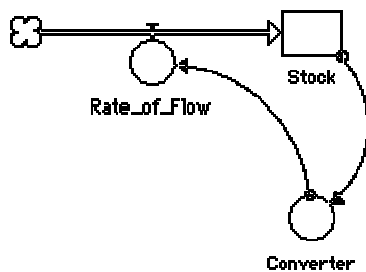
*Una de las herramientas únicas de Stella, son las funciones gráficas. Básicamente, el usuario es capaz de dibujar una gráfica que represente la relación entre dos factores. Estas funciones, estimulan al usuario a considerar explícitamente a través de experimentos, las relaciones casuales entre dos variables.

*El programa Stella utiliza ecuaciones diferenciales simultáneas para producir graficas sin problemas. El programa puede crear gráficos de dispersión de dos variables o una superposición de grafica de series en el tiempo mostrando hasta cuatro variables diferentes a la vez. Inferir el comportamiento de los gráficos es una gran manera de interpretar los resultados. Ser capaz de analizar datos de trazados a lo largo del tiempo es vital para la comprensión de las simulaciones y continua ayudando a interpretar y perfeccionar los modelos. Los gráficos pueden ayudar a hacer inferencias sobre el funcionamiento interno del sistema, y permiten transmitir la idea de un cambio dinámico en términos visuales.

WGS 84: World Geodesic System (WGS 84), es un estándar de referencia geográfica utilizado en la cartografía, geodesia y navegación a nivel mundial modificado en 1984. Es el sistema de coordenadas de referencia actual, utilizado por el Sistema de Posicionamiento Global, que comprende un marco estandarizado de coordenadas para la tierra.

VARIABLES UTILIZADAS EN STELLA:

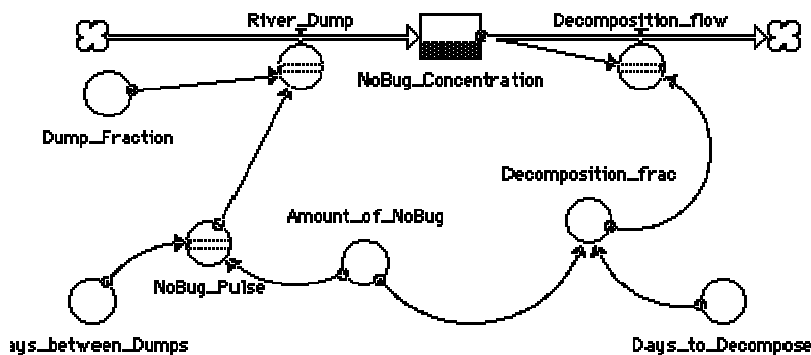
- ❖ **Conectores:** permiten mostrar la dirección de la relación en un sistema.



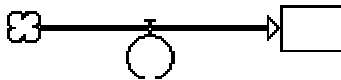
- ❖ **Convertidores:** generan influencias externas, calculan coeficientes, y proveen relaciones graficas. Convierten las entradas en salidas.



- ❖ **Estructura Stock-Flujo:** En Stella, al combinar los iconos mencionados, se obtiene diagramas de variables interrelacionadas entre sí, y posteriormente, la computadora puede trazar la dinámica de la simulación y animar los componentes. Una vez que el diagrama esta completo, se establecen relaciones casuales asignando operaciones o relaciones algebraicas a los iconos.



- ❖ **Flujos:** controlan la tasa del material procedente o saliente de o hacia los Stocks. Los flujos en Stella son realmente tasas, estos representan algún cambio en una variable en el tiempo. Cuando se tiene un cambio en el flujo, se presenta un cambio en la tasa.



- ❖ **Niveles:** en Stella se llaman **Stocks**, se van construyendo en el tiempo. Por lo general, los Stocks, representan uno de los actores clave más importantes en la simulación.



- ❖ **Sub Modelos o Estructuras de los Sectores:** son amplias categorías conceptuales dentro de un modelo en el que los iconos del modelo (stocks, flujos, variables auxiliares y los conectores) se organizan
- ❖ **Sistema Dinámico:** un enfoque de modelado para comprender el comportamiento de los sistemas. Percibe los sistemas como una serie de causas y efectos generados por circuitos de retroalimentación entre factores interdependientes, los cuales cambian con el tiempo, a menudo con retardos. El modelado utiliza la dinámica de sistemas para explicar las interacciones económicas ecológicas y sociales de un sistema.

- ❖ **Software de Sistemas Dinámicos:** crea modelos dinámicos utilizando los stocks, flujos, variables auxiliares, y los conectores que simulan escenarios de prueba: "qué sucede si" como apoyo en la comprensión de cómo puede un sistema cambiar con el tiempo. Existen varios tipos de software de sistemas dinámicos disponibles comercialmente. STELLA es el software utilizado en este proyecto.

- ❖ **Variable auxiliar:** cualquier otra variable se define en el modelo que no es un almacén o un flujo. Por ejemplo, una variable auxiliar es un convertidor y se puede utilizar para definir los tipos de cambio o de conversión de unidades.

Referencias

Referencias:

1. AFEAS, 2006.
Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study.
www.afeas.org/
2. Brown, 2003.
Chemistry the Central Science. Ninth Edition/ Brown, LeMay, Bustin. Prentice Hall, Pearson Education INC. Upper Saddle River New Jersey 07468.
3. Esparza, 2009.
Plano de la Ciudad 2009, 5ta Edición. Editorial Esparza, 2009
4. Ford Andrew, 1999.
Stella Modeling the Environment. An Introduction to System Dynamics Models of Environmental Systems/ Andrew Ford. Island Press, Washington D.C.
5. Grant William, 2001.
Ecología y Manejo de Recursos Naturales; Análisis de Sistemas y Simulación/ William E. Grant, Sandra L. Marin, Ellen K. Perderson-XIV, 340p23. ISBN 92-9039-4536
6. Hernández Roberto, 1998.
Metodología de la Investigación, Roberto Hernández, Sampieri. Editorial Mc Graw Hill.
7. INEGEI, 2002.
Inventario Nacional de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. México.
http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/mexico_nghji_2002.pdf
8. IPCC, 1996.
"Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"; Reporting Instructions (Volume 1, 2 y 3).
www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/8_QA-QC.pdf
9. PNUMA, 2000.
Manual de los Tratados Internacionales para la Protección de la Capa de Ozono.
www.unep.org/ozone/pdf/Handbook2000-sp.PDF
10. SAOP, 2001.
Mapa de la Capital del estado de Baja California: Mexicali.
<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=227321>
11. Molina Mario, 2007.

Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Baja California 2005/Mario Molina. Centro Mario Molina. México
Octubre de 2007.

<http://www.centromariomolina.org/imagescont/proyectos/IEGEI-Final.pdf>

12. Centro de Población de vivienda, 1998.
Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Mexicali BC., Diagnóstico de Vivienda, Tipología de Vivienda. Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali,

13. IPCC, 2001.
Reporte de Resumen: Cambio Climático 2001
www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/.../impact-spm-ts-sp.pdf

14. SEMARNAT, 2007.
Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado/ SEMARNAT y ONUDI, México.

15. Solomons T.W. Graham, 2004.
Organic Chemistry 9th Ed/ T.W. Graham Solomons, Craig B. Fryhle.
John Wiley & Sons Inc.
University of South Florida

16. Wingrove Alan, 1992.
Química Organica/Alan S. Wingrove, Robert L. Caret. Editorial Harla, México.

