

41



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO
ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS
EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A N :

OSCAR ADRIAN HERNÁNDEZ CASTAÑEDA

CARLOS JIMÉNEZ CRUZ

EDUARDO JURADO MILLAN

JOSÉ MANUEL VAZQUEZ HERNÁNDEZ

Director de tesis Ing. Narciso Talamantes Chávez



MÉXICO, D.F.

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/218/99

Señores
OSCAR ADRIAN HERNÁNDEZ CASTAÑEDA,
CARLOS JIMÉNEZ CRUZ,
EDUARDO JURADO MILLAN,
JOSE MANUEL VAZQUEZ HERNÁNDEZ,
Presente .

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. NARCISO TALAMANTES CHÁVEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

“ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS PARA OFICINAS”

- Introducción.**
- I. Objetivo.**
- II. Método estadístico.**
- III. Formulación del modelo de cargas vivas en edificios para oficinas.**
- IV. Estimación de cargas vivas en pisos para oficinas.**
- V. Procesamiento de los datos y presentación de los resultados obtenidos.**
- VI. Conclusiones y recomendaciones.**
- Bibliografía.**
- Anexos.**

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU”
México, D.F., a 3 de noviembre de 1999
EL DIRECTOR

M. en C GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB/GMP/ser

ÍNDICE

**ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS EN
EDIFICIOS PARA OFICINAS**

ÍNDICE

| | PÁGINA |
|--|---------------|
| INTRODUCCIÓN | INT-1 |
| CAPÍTULO I OBJETIVO | I-1 |
| CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO | II-1 |
| II.1 Conceptos básicos de probabilidad y estadística | II-1 |
| II.2 Procedimiento para la aplicación de un método estadístico | II-1 |
| II.3 Distribución de frecuencias | II-2 |
| II.4 Medidas de las funciones de distribución | II-4 |
| II.4.1 Tendencia central | II-4 |
| II.4.2 Dispersión | II-6 |
| II.5 Funciones de distribución de probabilidad | II-9 |
| II.5.1 Distribuciones probabilísticas discretas | II-9 |
| II.5.2 Distribuciones probabilísticas continuas | II-10 |
| II.5.2.1 Función de distribución exponencial | II-11 |
| II.5.2.2 Función de distribución gamma | II-12 |
| II.5.2.3 Función de distribución extrema Tipo I | II-13 |
| II.6 Introducción a los procesos aleatorios | II-14 |
| II.6.1 Proceso de Poisson | II-15 |
| II.6.2 Método Montecarlo | II-16 |
| II.6.2.1 Descripción y utilidad del método de simulación de Montecarlo | II-16 |
| II.6.2.2 Variable aleatoria discreta | II-17 |
| II.6.2.3 Variable aleatoria continua | II-18 |
| CAPÍTULO III FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS PARA OFICINAS | III-1 |
| III.1 Descripción general de las cargas | III-1 |
| III.2 Tipos de cargas actuantes | III-1 |
| III.3 Carga sostenida | III-3 |
| III.4 Carga sostenida máxima | III-4 |

**ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS EN
EDIFICIOS PARA OFICINAS**

| | | |
|-------|---|-------|
| III.5 | Carga extraordinaria | III-4 |
| III.6 | Carga extraordinaria máxima | III-5 |
| III.7 | Carga total máxima | III-6 |
| III.8 | Aplicación del método de simulación de Montecarlo | III-7 |

CAPÍTULO IV ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS **IV-1**

| | | |
|----------|---|-------|
| IV.1 | Medición de mobiliario, equipo y objetos de oficina | IV-1 |
| IV.1.1 | Equipo para realizar el trabajo de Medición | IV-2 |
| IV.1.2 | Metodología y clasificación | IV-2 |
| IV.1.3 | Histogramas resultantes de la medición de equipo y objetos de oficina | IV-4 |
| IV.2 | Estimación de la carga viva en edificios para oficinas | IV-7 |
| IV.2.1 | Procedimiento general de estimación de cargas | IV-7 |
| IV.2.2 | Área a muestrear | IV-12 |
| IV.2.3 | Estimación de cargas en el edificio 2 del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México | IV-12 |
| IV.2.3.1 | Primer nivel Coordinación de Mecánica aplicada | IV-12 |
| IV.2.3.2 | Segundo nivel Coordinación de Estructuras | IV-13 |
| IV.2.4 | Estimación de cargas en el edificio de la Secretaría de Educación Pública | IV-14 |
| IV.2.4.1 | Oficinas de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública (DGIT-SEP) | IV-14 |
| IV.2.4.2 | Piso 2 de la Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias de la Secretaría de Educación Pública (DGETA-SEP) | IV-15 |

**ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS EN
EDIFICIOS PARA OFICINAS**

| | | | |
|-------------------|---------|--|------------|
| | IV.2.5 | Estimación de cargas en el edificio de la Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración del Instituto Mexicano del Petróleo | IV-16 |
| | IV.2.6 | Estimación de cargas en el edificio de la Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas Industriales del Instituto Mexicano del Petróleo | IV-17 |
| | IV.2.7 | Estimación de cargas en el edificio de Ingeniería de la empresa Ingenieros Civiles Asociados, S. A. | IV-18 |
| | IV.3 | Resultados de la estimación de cargas vivas en pisos para oficinas | IV-19 |
| CAPÍTULO V | | PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS | V-1 |
| | V.1 | Análisis estadístico | V-1 |
| | V.1.1 | Metodología | V-1 |
| | V.1.2 | Resultados del análisis estadístico | V-10 |
| | V.1.2.1 | Resultados del análisis de cada uno de los cinco edificios estudiados | V-10 |
| | V.1.2.2 | Resumen de resultado de los cinco edificios | V-13 |
| | V.1.2.3 | Histogramas de cargas sostenidas y funciones de distribución de probabilidades gamma ajustadas | V-14 |
| | V.2 | Datos de entrada y resultados de la simulación | V-17 |
| | V.3 | Valores de carga viva que recomienda el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 | V-23 |
| | V.3.1 | Tipos de acciones | V-23 |
| | V.3.2 | Valores nominales de carga viva | V-24 |
| | V.4 | Valores de carga viva que recomienda el American National Standards Institute A-58 de 1994 | V-26 |
| | V.5 | Comparación de las reducciones permitidas por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 y el American National Standards Institute A-58 de 1994 | V-29 |

**ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS EN
EDIFICIOS PARA OFICINAS**

| | | |
|--------------------|--|-------------|
| V.6 | Probabilidades de excedencia de las cargas que recomienda el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 y el American National Standards Institute A-58 de 1994 | V-30 |
| V.7 | Propuesta de reducción de los valores de carga viva en edificios para oficinas | V-31 |
| V.7.1 | Comparación de las reducciones que permiten el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 y el American National Standards Institute A-58 de 1994, con la propuesta de reducción de valores de carga viva de la tesis | V-33 |
| CAPÍTULO VI | CONCLUSIONES | Y |
| | RECOMENDACIONES | VI-1 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

- Anexo I Alfabeto griego
- Anexo II Programa de simulación de cargas vivas en lenguaje Fortran
- Anexo III Croquis de localización de los cinco edificios estudiados

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Dentro de las actividades que realiza el ingeniero civil, algunas veces se ve en la necesidad de enfrentarse al manejo de problemas en los cuales existe algún grado de **incertidumbre**; para los que no siempre se tendrán exactamente los mismos valores observados, aún cuando se realicen bajo condiciones aparentemente idénticas. Dentro de esas actividades, hablando específicamente del área de estructuras, el funcionamiento de las mismas dependerá de los valores que tengan las variables que intervienen directamente en el diseño, ejemplo de ello serían: la resistencia de los elementos estructurales y las cargas actuantes sobre la misma (solicitaciones); de ahí que el ingeniero deba reconocer y tratar la incertidumbre, mediante modelos matemáticos, de manera realista y económica, sin perder de vista un aspecto fundamental: **la seguridad** de las mismas.

Dependiendo de las características que presente un problema dado, de esa misma forma el ingeniero civil deberá tratar la incertidumbre, si el grado de variabilidad de los valores es pequeño y si las consecuencias de ésta, no son significativas, el ingeniero puede ignorarlas y suponer que la variable será igual a la mejor estimación disponible con que se cuente en ese momento, que puede ser el promedio de un número de valores observados. Ejemplos característicos son: las constantes de elasticidad de materiales y dimensiones físicas de diversos objetos.

Si la incertidumbre es considerable, o sea si el grado de variabilidad de los valores es grande, el ingeniero puede seleccionar “**estimaciones prudentes**”. Esto sucede frecuentemente, por ejemplo, al fijar “un mínimo especificado” en las propiedades de resistencia de materiales, o al establecer la carga viva para el diseño de edificios; pero en la práctica es en esta etapa del manejo de la incertidumbre, cuando surgen varias interrogantes al utilizar estas “estimaciones prudentes”, tales como:

¿De qué forma se puede mantener cierta coherencia en proponer valores mínimos para una situación en particular y usarlos para otra?

Por ejemplo, diferentes comités profesionales establecen separadamente el *mínimo especificado* de la resistencia a la compresión del concreto; o el *mínimo especificado* del valor de carga viva para el diseño de escuelas; entre otros valores.

¿Se puede establecer siempre un valor prudente en todas las situaciones?

Una estimación prudente del coeficiente de fricción de un tubo, debería ser el límite superior de la mejor evaluación y tener así una apreciación sensata o conservadoramente baja del flujo en el tubo; pero esta estimación puede producir valores conservadoramente altos de los flujos en otros tubos paralelos en la misma red.

INTRODUCCIÓN

¿Qué tan excesivo resulta el costo del diseño de la estructura resultante?

Las consecuencias debidas a precipitaciones extraordinarias que excedan la capacidad de colectores de aguas de lluvia pueden ser pequeñas, pero el costo inicial de un sistema con máxima capacidad de flujo, puede ser muy elevado.

¿Puede predecirse el comportamiento de la estructura adecuadamente con solo una estimación conservadora?

Por ejemplo, el asentamiento que tendrá la cimentación de un edificio de departamentos al cabo de 30 años depende de los valores que se presenten en las cargas reales (vivas, muertas y accidentales) actuando durante ese período de tiempo sobre la misma.

Por lo tanto, el ingeniero civil puede tratar con éxito y de manera racional la incertidumbre y la variabilidad mediante mejores estimaciones o estimaciones conservadoras, sólo si la situación lo permite. Es posible considerar en general, que si la decisión que se debe tomar no está sujeta a incertidumbre o esta es relativamente pequeña, puede ignorarse en su análisis; en caso contrario, debe tratarse explícitamente durante el proceso de diseño. Con bastante frecuencia en experiencias de laboratorio, investigaciones y en proyectos no se conoce con precisión la manera como la variabilidad de los valores observados afectará decisiones posteriores.

Es por todo lo anterior de gran importancia que se disponga de medios eficaces para poder detectar, tanto cualitativa como cuantitativamente, el grado de incertidumbre existente en un problema determinado, para hacer el análisis requerido y posteriormente transmitir a las autoridades la información acerca del manejo más adecuado que se le debe dar a dicha incertidumbre.

En los últimos años la probabilidad y estadística han demostrado ser una herramienta muy poderosa para modelar diversos fenómenos de distintas ramas del conocimiento en los que exista incertidumbre; una de ellas es la ingeniería civil, la que ha encontrado aplicaciones en sismología, hidráulica, mecánica de suelos, entre otras. Y ha sido de gran utilidad al resolver problemas tales como: las variaciones espaciales de las propiedades de los materiales, en la predicción de avenidas, en la probable falla de un suelo, etc.

En la determinación de las solicitaciones (cargas muertas, cargas vivas y cargas accidentales) a las que se verá sujeta una estructura durante su vida útil, existe incertidumbre, ya que no se puede conocer con precisión la magnitud de las acciones que se presentarán. De ahí que sea necesario hacer un análisis racional de la variabilidad de las mismas y poder llegar así a "estimaciones prudentes"; lo cual es un paso importante en el diseño y proceso de ejecución del proyecto, ya que a partir de las magnitudes que se acepten para estas solicitaciones, se diseñaran los diversos miembros que constituyen a la estructura.

INTRODUCCIÓN

En general un buen diseño deberá cumplir lo siguiente:

1. Una estimación adecuada de las solicitaciones que actuarán durante la vida útil de la estructura.
2. El uso de modelos, tanto para el análisis como para el diseño que representen lo mejor posible el comportamiento real de la estructura.

Considerando lo anterior, este trabajo comprende fundamentalmente tres etapas:

En la primera se estiman las **cargas vivas sostenidas**, mediante las mediciones realizadas en los pisos de cinco edificios de oficinas: uno de la Secretaría de Educación Pública (SEP), dos del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), uno de Ingenieros Civiles Asociados (ICA) y uno del Instituto de Ingeniería (I.I.-UNAM) de la Universidad Nacional Autónoma de México; correspondientes en suma a un área de aproximadamente 15,000 m².

La segunda etapa consiste en realizar un análisis estadístico con los datos derivados del muestreo o mediciones, para obtener los valores que alimenten el modelo de simulación.

Finalmente, en una tercera etapa se alimenta el modelo de simulación de Montecarlo con los datos resultantes del análisis estadístico y se obtienen valores de cargas vivas para diferentes áreas de influencia, se determinan las probabilidades de excedencia para los valores de cargas nominales del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993, el American National Standards Institute A.58 de 1994 y los obtenidos de la simulación.

Esta tesis está compuesta de las partes siguientes: la Introducción; el capítulo I en el cual se presenta el Objetivo de la misma; en el capítulo II se mencionan los conceptos básicos de probabilidad y estadística necesarios que se utilizaron para poder manejar los datos estadísticos levantados y que se señalan en el capítulo IV; en el capítulo III se describe la forma en como se modeló la carga viva como un proceso estocástico para posteriormente en el capítulo V hacer el análisis correspondiente de los datos y obtener las probabilidades de excedencia de las *cargas nominales* para compararlas con las del reglamento norteamericano del American National Standards Institute A.58 de 1994. En el capítulo VI se mencionan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó como resultado del análisis de las cargas vivas en edificios para oficinas en el Distrito Federal. Y al final se presenta la bibliografía usada y en los anexos: el alfabeto griego, el programa de simulación en Fortran desarrollado por el Ing. José Alberto Soriano Martínez para modelar las cargas vivas y los croquis de localización de los edificios que sirvieron para este estudio.

Cabe hacer la aclaración, que no existe una relación entre las cargas vivas de este trabajo y el tipo de suelo o el tipo de estructuración; esto significa que los resultados obtenidos en el presente estudio se pueden emplear independientemente respecto al tipo de estructura y cimentación.

CAPÍTULO I
OBJETIVO

CAPÍTULO I

OBJETIVO

El objetivo de esta tesis es realizar un estudio estadístico de cargas vivas en edificios para oficinas en el Distrito Federal y mediante el método de Montecarlo hacer una simulación con los datos obtenidos del estudio para estimar las funciones de distribución de probabilidades de las cargas vivas totales máximas en distintas superficies de oficinas y calcular las probabilidades de excedencia utilizando los valores especificados en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 y a su vez, compararlas con las probabilidades obtenidas con los valores correspondientes a los del American National Standards Institute A.58 de 1994.

Como se mencionó en la Introducción, dentro de las solicitaciones a que está sujeta una estructura se encuentran las **cargas vivas**. En esta tesis se analiza la incertidumbre existente en los *valores nominales* de carga viva máxima propuestos por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 para edificios destinados a oficinas.

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 propone valores de cargas vivas para diferentes usos de estructuras, estos valores no están fundamentados sobre estudios recientes que respalden su validez y de aquí surgió la necesidad de realizar estudios sobre cargas vivas que permitan dictaminar si los valores propuestos por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal son adecuados.

Además de lo antes mencionado, el presente estudio comprende otros objetivos:

- La obtención de datos estadísticos de cargas vivas a partir de un muestreo en cinco edificios para oficinas ubicadas en el Distrito Federal.
- La obtención de valores medios de cargas vivas máximas, para diferentes áreas de influencia mediante el modelo de simulación de Montecarlo.
- La comparación de las cargas vivas para oficinas que propone el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 con las del American National Standards Institute A.58 de 1994 y con las obtenidas del modelo de simulación, así como, determinar las probabilidades de excedencia para cada caso.
- Con base en lo anterior emitir un juicio sobre los valores que propone el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993.

CAPÍTULO II
MÉTODO ESTADÍSTICO

CAPÍTULO II

MÉTODO ESTADÍSTICO

II.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA

En los últimos años la teoría de la probabilidad y la estadística han demostrado ser una herramienta poderosa para la explicación de los diversos fenómenos físicos en distintas ramas del conocimiento, entre ellas se ha encontrado una gran aplicación en todas las ramas de la ingeniería.

En el presente capítulo se exponen los conceptos básicos de probabilidad y estadística que se emplean para el tratamiento estadístico, así como, para la simulación matemática de los datos obtenidos en la medición y estudio de las cargas vivas en edificios para oficinas.

II.2 METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE UN MÉTODO ESTADÍSTICO

Cuando se tiene una colección de datos como resultado de la toma y recopilación de los mismos en un experimento equis, es necesario interpretarlos, estos se deben ordenar, exponer, etc., para su análisis de tal manera que proporcionen cualitativamente una idea clara de lo que como conjunto representan. Por ejemplo, una ordenación es una colocación de los datos numéricos tomados en orden creciente o decreciente de magnitud. La diferencia entre el mayor y menor de los datos se llama recorrido o **rango de los datos**, así en la figura II.1 *Histograma*, el rango es $225-25 = 200$

Al disponer de un gran número de datos es útil resumirlos en **intervalos de clases** o categorías y determinar el número de observaciones pertenecientes a cada clase, esto es la **frecuencia de clase**. En la figura II.1 *Histograma* la primera clase o categoría, por ejemplo, está comprendida entre 25 y 50, por lo tanto se indica por el símbolo 25-50 y puesto que 18 datos pertenecen a esta clase, su correspondiente frecuencia de clase es 18. Una ordenación tabular de los datos en intervalos de clase, reunidas las clases y sus frecuencias correspondientes a cada una, se conoce como una **distribución de frecuencias**.

Con el proceso de agrupamiento generalmente se pierde parte de la información original, puesto que ya no se tienen los datos individuales, sin embargo tiene la importante ventaja de presentarlos en un modo sencillo que facilita el hallazgo de las relaciones que pueden haber entre ellos.

La aplicación de estos métodos de probabilidad y estadística para describir y modelar la variabilidad de las observaciones, permitirán extraer una conclusión (o una deducción) basada en los datos seleccionados. El total de las observaciones forma un grupo llamado **población o universo** y dado que frecuentemente es imposible o poco práctico examinar la totalidad de los datos, se opta por examinar una parte seleccionada del grupo llamada **muestra**.

II.3 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Una **distribución de frecuencias** es un resumen compacto de los datos obtenidos de las observaciones originales y para su construcción se debe dividir el rango de los datos en intervalos de clase y de ser posible los intervalos deben ser de igual ancho para incrementar la información visual en la distribución de frecuencias y proporcionar una imagen razonable. El número de intervalos de clase que se utiliza depende del número de observaciones y la cantidad de discriminación o dispersión en los datos. Una distribución de frecuencias en la que se emplean muy pocos o demasiados intervalos de clase no será muy informativa. Se encuentra en general que entre 5 y 20 intervalos son satisfactorios en muchos casos y que su cuantía debe aumentar con el número de observaciones. Una elección que a menudo funciona bien en la práctica, es considerar el número de intervalos aproximadamente igual a la raíz cuadrada de la cantidad de observaciones. Como se ve, la elección del número y la amplitud del intervalo es importante, ya que de ello depende obtener una rápida y buena interpretación del conjunto de datos.

Otra manera de expresar las frecuencias, es por medio de una **distribución de frecuencias relativas**, que se determina dividiendo la frecuencia observada en cada intervalo de clase por el número total de observaciones y se expresa generalmente como porcentaje. Por ejemplo, la frecuencia relativa para la clase 25-50 es $18/100 = 18\%$. La suma de las frecuencias relativas de todas las clases es evidentemente 1 o 100 %.

La distribución de frecuencias se representa gráficamente de diferentes formas, la más común es mediante un **histograma**. Para dibujar un histograma, se usa el eje horizontal para representar la escala de medida y se dibujan las fronteras de los intervalos de clase, el eje vertical representa la escala de frecuencia(o frecuencia relativa). La figura II.1 *Histograma* muestra un ejemplo de esta representación.

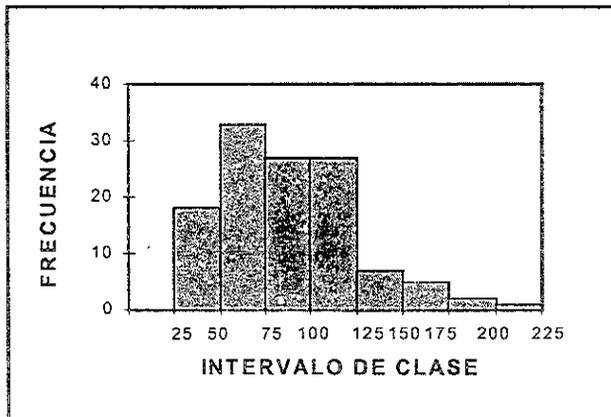


Figura II.1 Histograma

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

Si los intervalos de clase tienen igual anchura, las alturas de los rectángulos dibujadas en el histograma son proporcionales a las frecuencias, si son de ancho desigual se acostumbra entonces dibujar rectángulos cuyas áreas sean proporcionales a las frecuencias. El histograma brinda una interpretación visual de la forma de la distribución de las mediciones, así como información acerca de la diseminación o dispersión de los datos

Anteriormente se habló de los intervalos de clase como un símbolo que define una clase, tal como 25-50. Los números extremos 25 y 50 son los límites de clase; el número menor 25 es el **límite inferior** de la clase y el mayor 50 es el **límite superior**. La **marca de clase** es el punto medio del intervalo de clase y se obtiene sumando los límites superior e inferior de la clase y dividiendo por 2, así la marca del intervalo 25-50 es $(50+25)/2 = 37.5$. Para análisis matemáticos posteriores, todas las observaciones pertenecientes a un intervalo de clase dado se suponen coincidentes con la marca de clase.

En ocasiones, la frecuencia dentro de un intervalo de clase se presenta como un punto cuya abscisa es la del punto medio o marca de la clase, al unir estos puntos se obtiene un gráfico de línea denominado **polígono de frecuencias**.

Se acostumbra prolongar el polígono en los rectángulos extremos hasta las marcas de clase inferior y superior inmediatas, que corresponderían a la clase de frecuencias cero, en tal caso la suma de las áreas de los rectángulos del histograma es igual al área total limitada por el polígono de frecuencias y el eje de las abscisas.

Al trazar un polígono de frecuencias es usual indicar los valores de los puntos medios y no los límites de clase como en el caso del histograma, la línea entre los puntos no es significativa por lo que los valores medios no se deben de leer en relación con ella.

La suma o frecuencia total de todos los valores menores que el límite superior de clase de un intervalo de clase dado se conoce como **frecuencia acumulada** hasta ese intervalo de clase inclusive. Por ejemplo, la frecuencia acumulada hasta el intervalo 100-125 inclusive es $18+33+26+26 = 103$.

La frecuencia acumulada también se puede representar gráficamente. Los intervalos de clase se marcan en el eje horizontal y la frecuencia acumulada se representa como ordenada en el límite superior, de esta manera las ordenadas representan el área a la izquierda de la ordenada correspondiente al histograma. Esta curva recibe también el nombre de **ojiva**.

A causa de su afinidad con la probabilidad, los gráficos de frecuencias relativas se conocen también como **curvas de probabilidad** o **distribuciones de probabilidad**.

En la figura II.2 se aprecia la *curva de frecuencia acumulada* correspondiente al histograma de la figura II.1

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

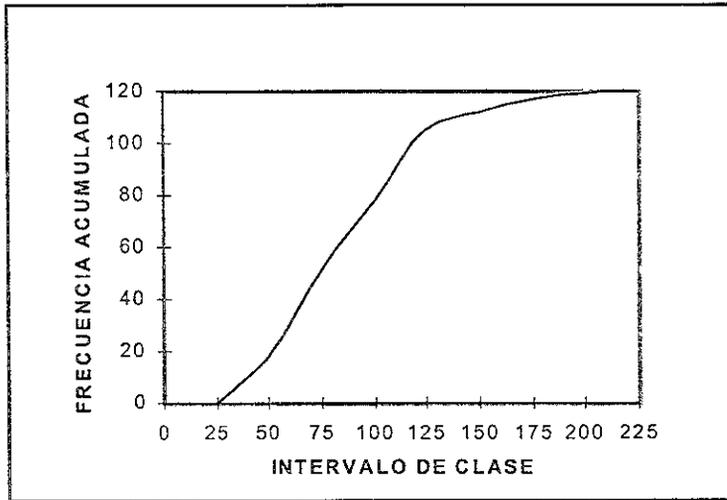


Figura II.2 Curva de frecuencia acumulada

II.4 MEDIDAS DE LAS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN

Del mismo modo que las gráficas pueden mejorar la presentación de datos, las descripciones numéricas son también valiosas. En esta sección, presentamos varias medidas numéricas importantes para describir las características de los datos. Estas medidas se caracterizan por dos grupos de expresiones matemáticas, conocidos como “medidas de tendencia central” y “medidas de dispersión”.

II.4.1 TENDENCIA CENTRAL

La tendencia central se mide sobre la base de promedios, que son valores típicos o representativos que tienden a situarse en el centro del conjunto de datos. Los elementos sometidos a prueba se conocen como **muestras** y a la totalidad de estos como **población**.

Aquí se enuncian algunos tipos de medidas más comunes de centralización. Cada una de ellas tiene sus ventajas e inconvenientes, dependiendo su aplicación de los resultados que se pretende obtener de los datos. Se definen los siguientes tipos de “promedios”:

- media aritmética o media
- mediana
- moda

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

En el desarrollo de este trabajo sólo se usó el valor de la media aritmética, las otras dos medidas de tendencia central: la mediana y la moda no se emplearon aquí.

Media aritmética

Esta medida de tendencia central es la más común y se denomina simplemente promedio o media de la muestra y representa el valor promedio de todas las observaciones de la muestra. Si consideramos a las observaciones como si tuvieran unidades de masa, la media es exactamente el centro de masa de los datos.

Si las observaciones en una muestra de tamaño n son $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, entonces la media μ (mu) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Ecuación. II.1

Una de las propiedades de la media es que la suma algebraica de las desviaciones o diferencias entre los datos y su media aritmética es cero.

Mediana

Otra medida de tendencia central es la **Mediana** o punto en el cual la muestra se divide en dos mitades iguales. Sean $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(n)}$ los elementos de una muestra arreglada en orden creciente de magnitud; esto es $x_{(1)}$ denota la observación más pequeña, $x_{(2)}$ es la segunda observación más pequeña, ..., y $x_{(n)}$ la observación más grande. Entonces la mediana (M) se define matemáticamente como:

$$M = x_{((n+1)/2)} \quad \text{para } n \text{ impar}$$

$$M = (x_{(n/2)} + x_{((n/2)+1)})/2 \quad \text{para } n \text{ par}$$

Geoméricamente la mediana es el valor de la abscisa que corresponde a la vertical que divide un histograma en dos partes de igual área.

Moda

Si se tiene un conjunto de datos discretos, la **Moda** será aquel valor que ocurre con mayor frecuencia. Puede no existir o haber más de una moda. Si la distribución es continua la moda será el punto medio o marca de clase que posea la mayor frecuencia en el histograma que represente los datos.

Resumiendo, la **Moda (Mo)** es el valor correspondiente al punto más alto de la curva, la **Mediana (M)** divide el área en dos partes iguales y la **media (μ)** pasa por el centroide de la figura.

Sesgo o asimetría

Si los datos son simétricos y unimodales (solo tienen una sola moda) entonces, coinciden la media, la mediana y la moda; si los datos están sesgados (asimétricos, con una larga cola en un lado), estos tres parámetros no coinciden y la curva de distribución es asimétrica.

La asimetría suele ser resultado de causas naturales y es característica de múltiples distribuciones, sin embargo existen variables que están distribuidas de manera simétrica.

La mediana se encuentra entre la media y la moda o coincide con ellas. Suele encontrarse que si la distribución es asimétrica hacia la derecha la **moda es menor que la mediana y menor que la media** y si es asimétrica a la izquierda se tiene que la **moda es mayor que la mediana y mayor que la media** o sea que la curva de distribución es sesgada hacia la derecha cuando la mediana se encuentra a la derecha de la moda, y sesgada hacia la izquierda en caso contrario.

II.4.2 DISPERSIÓN

En la sección anterior se expusieron los parámetros que miden la tendencia central de un conjunto de observaciones, sin embargo no necesariamente proporcionan suficiente información para describir los datos en forma adecuada, por eso es importante medir tanto la tendencia central como la dispersión.

Si se consideran las resistencias a la ruptura en tensión obtenidas de dos muestras de 5 elementos cada una:

| | | | | | |
|------------|-----|-----|------|------|------|
| Muestra 1: | 850 | 900 | 1000 | 1100 | 1150 |
| Muestra 2: | 500 | 700 | 1000 | 1300 | 1500 |

La media de ambas muestras es 1000. Sin embargo la dispersión o variabilidad de los valores de la muestra 2 es mucho mayor que la de la muestra 1, de aquí la importancia de tener parámetros que midan la dispersión de los datos.

En esta sección se definen varias medidas de dispersión ampliamente usadas:

- varianza
- desviación estándar
- desviación media
- coeficiente de variación

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

Varianza

Si una *población* finita o conjunto de valores x_1, x_2, \dots, x_n , está formado por n observaciones y su media es μ , se puede determinar la desviación de cada observación respecto a la media: $(x_i - \mu)$. La desviación cuadrática promedio recibe el nombre de varianza de la población σ^2 (sigma cuadrada) y su valor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}$$

Ecuación II.2

Desviación estándar

En algunas ocasiones la varianza no es tan práctica debido a que sus unidades son los cuadrados de las unidades originales de la variable y no es fácil interpretarla. En consecuencia si σ^2 (sigma cuadrada) es pequeña la variabilidad de las observaciones es pequeña, si σ^2 (sigma cuadrada) es grande la variabilidad es relativamente grande, sin embargo podemos resolver el problema de la magnitud trabajando con la raíz cuadrada de la varianza, σ (sigma) denominada **desviación estándar**, esto brinda una medida de la dispersión expresada en las mismas unidades que la variable original y se calcula como sigue:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}}$$

Ecuación II.3

La ecuación II.1 es aplicable cuando se desea obtener la media de una población de n observaciones que han sido realizadas, por lo que μ (mu) es el valor de la media de la población. En la práctica únicamente se analiza una muestra y se desconoce el verdadero valor de la media de la población y solo se tiene el promedio de los datos medidos. Si conociéramos en realidad el verdadero valor de la media de la población μ (mu), podríamos definir la **varianza** de la muestra como la desviación cuadrática promedio de las observaciones de la muestra alrededor de μ (mu). En estos casos se calculan las desviaciones respecto a la media de la muestra y no respecto a la población, por lo que se emplea $(n-1)$ en el denominador de las ecuaciones II.2 y II.3 para estimar la varianza σ^2 y la desviación estándar σ de la muestra.

Es importante tener en cuenta la diferencia entre una u otra modalidad de las ecuaciones II.2 y II.3 para emplearlas correctamente.

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

Desviación media

En algunos casos en lugar de la desviación estándar se utiliza la desviación media que esta dada por la siguiente expresión:

$$d_n = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{n}$$

Ecuación II.4

Donde: n es el número de observaciones
 \bar{x} es la media de la muestra
 $(x_i - \bar{x})$ es la desviación de cada observación respecto a la media de la muestra

Coefficiente de variación

En ocasiones, se desea expresar la dispersión de los datos en forma porcentual como una fracción de la media. Una medida de la variación relativa denominada **coeficiente de variación** de la muestra se define como:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}}(100)$$

Ecuación II.5

Donde: σ es la desviación estándar de la muestra
 \bar{x} es la media de la muestra

El coeficiente de variación es útil cuando se compara la variabilidad de dos o más conjuntos de datos que difieren de modo considerable en la magnitud de las observaciones.

Coefficiente de asimetría

El coeficiente de asimetría γ (gamma) no es una medida de la dispersión, sirve para indicar el sesgo o asimetría de una distribución. Así si $\gamma > 0$ (gamma mayor que cero), la distribución será positivamente asimétrica, si $\gamma < 0$ (gamma menor que cero), la distribución será negativamente asimétrica y si $\gamma = 0$ (gamma igual a cero) la distribución será simétrica.

El coeficiente de asimetría se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\gamma = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\sigma^3}$$

Ecuación II.6

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

Donde: n es el número de observaciones
 \bar{x} es la media de la muestra
 $(x - \bar{x})^2$ es el cubo de la desviación de cada observación respecto a la media de la muestra

II.5 FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Existen dos tipos básicos de variables: las **variables continuas**, las cuales difieren en cifras infinitesimales ya que pueden tomar *todos los valores comprendidos dentro de un intervalo*, y las **variables discretas** que solo pueden tener ciertos *valores específicos dentro de un intervalo*.

Las variables continuas y las discretas no están separadas de manera inevitable. Si los valores de una variable que está distribuida continuamente se agrupan en intervalos y después se les da un tratamiento en grupos, el problema se convierte en un problema de variables discretas. Por el contrario cuando una variable discreta está constituida por una gran cantidad de clases, su distribución se aproxima a la de una variable continua y en muchas ocasiones resulta conveniente emplear dicha aproximación.

II.5.1 DISTRIBUCIONES PROBABILÍSTICAS DISCRETAS

Si una variable aleatoria x puede asumir valores discretos $x_0, x_1, x_2, \dots, x_k$ con sus respectivas probabilidades $p_0, p_1, p_2, \dots, p_k$, en las que $p_i > 0$ para todas las i .

$$\sum_{i=0}^{i=k} p_i = 1$$

entonces la probabilidad $p(x_i) = p_i$, caracteriza una distribución probabilística discreta como se indica en la figura II.3 *Distribución probabilística de una variable aleatoria discreta x* .

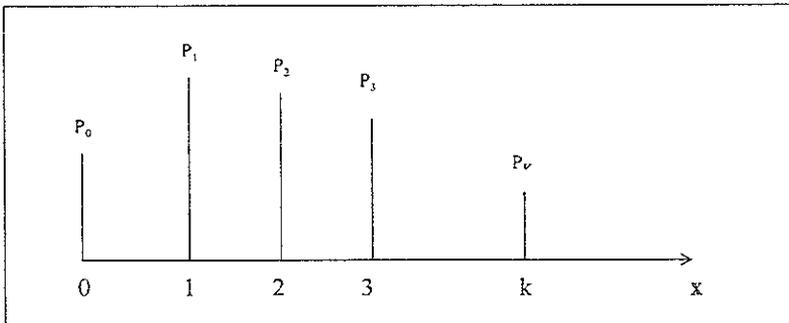


Figura II.3 Distribución probabilística de una variable aleatoria discreta x

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

La función de distribución acumulada de una variable aleatoria discreta se define como:

$$P(X) = \sum_{v \leq x} p_v$$

Dicha función es de tipo escalón y es constante en cada intervalo como se muestra en la figura II.4 *función de distribución acumulada (fda) de una variable aleatoria discreta x*.

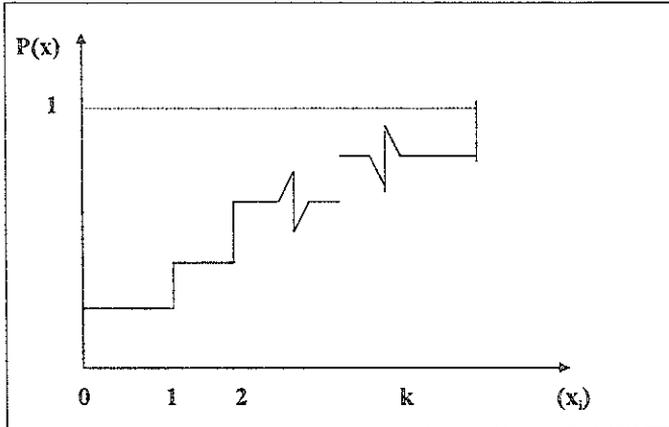


Figura II.4 Función de distribución acumulada (fda) de una variable aleatoria discreta x

II.5.2 DISTRIBUCIONES PROBABILÍSTICAS CONTINUAS

Anteriormente se mencionó como los datos de una variable continua se pueden representar mediante un histograma y un polígono de frecuencias. Si la amplitud del intervalo de clase tendiera a cero tanto el histograma como el polígono de frecuencias se acercarían a la forma de una **curva continua**. Si en dicha curva la frecuencia fuera estandarizada de manera que el área bajo dicha curva fuera igual a la **unidad**, entonces se determinaría una **distribución probabilística continua** donde $p(x)$ es la función de densidad de probabilidad:

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(x) dx = 1$$

Por consiguiente, la probabilidad de que un valor x quede comprendido entre x_1 y x_2 será:

$$\text{probabilidad}(x_1 < x < x_2) = \int_{x=x_1}^{x=x_2} p(x) dx$$

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

La función de distribución acumulada $P(X)$, para una variable continua se define como la probabilidad de obtener un valor menor o igual a X , matemáticamente se expresa como:

$$P(X) = \int_{-\infty}^x p(x) dx$$

Esperanza matemática

Si x es una variable aleatoria discreta y tiene una distribución probabilística p , la esperanza matemática o media de x se define como:

$$E(x) = \sum_{i=1}^k p_i x_i$$

para el caso de que x sea continua se tiene:

$$E(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x p(x) dx$$

que también se puede expresar como $\mu = E(x)$.

A continuación se presentan algunas funciones de distribución de probabilidades que se utilizan posteriormente.

II.5.2.1 Función de distribución exponencial

La distribución exponencial se utiliza a menudo para representar la distribución del tiempo que transcurre antes de la ocurrencia de un suceso y será empleada posteriormente para generar los intervalos de tiempo de las cargas sostenidas. La función de distribución exponencial está definida por la siguiente expresión:

$$f_T(t) = \nu_s e^{-\nu_s t}$$

Ecuación II.7

donde:

ν_s es el número promedio de sucesos por unidad de tiempo
 t es un intervalo de tiempo.

cuya función de distribución acumulada es:

$$F_T(t) = 1 - e^{-\nu_s t} \quad t \geq 0$$

Ecuación II.8

El valor de la media de $f_T(t)$ está dado por:

CAPÍTULO II
MÉTODO ESTADÍSTICO

$$M(t) = \frac{1}{\nu_s}$$

Ecuación II.9

y la varianza por:

$$V(t) = \frac{1}{\nu_s^2}$$

Ecuación II.10

II.5.2.2 Función de distribución gamma

La función de distribución gamma se utiliza más adelante en la generación de las intensidades de carga sostenida; el investigador Pier Jong Chern ha mostrado que la carga sostenida queda bien representada por una función de este tipo. Esto se corroboró con los datos obtenidos del muestreo que se realizó en cinco edificios de oficinas en la ciudad de México.

La función de distribución Gamma está descrita por la siguiente expresión:

$$f_{x_i}(x) = \frac{\lambda(\lambda x)^{k-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(k)}$$

Ecuación II.11

donde la función gamma $\Gamma(k)$ esta dada por:

$$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{k-1} du$$

Ecuación II.12

Teniendo como restricciones de inicio: $\lambda > 0$ y $k > 0$. El valor k suele llamarse el *parámetro de forma* y λ recibe el nombre de *parámetro de escala*.

La media y la varianza están dadas por las siguientes expresiones:

$$M(x) = \frac{k}{\lambda}$$

Ecuación II.13

$$V(x) = \frac{k}{\lambda^2}$$

Ecuación II.14

CAPÍTULO II
MÉTODO ESTADÍSTICO

II.5.2.3 Función de distribución extrema tipo I

Esta función de distribución se empleará para representar el comportamiento probable de la carga extraordinaria máxima. Se define mediante la siguiente expresión:

$$f_y(y) = \alpha e^{-\alpha(y-u)} e^{-\alpha(y-u)}$$

Ecuación II.15

Su distribución acumulada es:

$$F_y(y) = e^{-\alpha(y-u)} \quad ; -\infty \leq y \leq \infty \quad ; \quad \begin{array}{l} \alpha > 0 \\ u > 0 \end{array}$$

Ecuación II.16

donde:

α es una medida de dispersión
 u es la moda de la distribución.

Los parámetros α y u deben estimarse de datos observados en cada caso

El valor de la media se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$M(y) = u + \frac{\gamma}{\alpha} \approx u + \frac{0.577}{\alpha}$$

Ecuación II.17

Donde: γ es la constante de Euler

La varianza esta dada por:

$$V(y) = \frac{\pi^2}{6\alpha^2} \approx \frac{1.645}{\alpha^2}$$

Ecuación II.18

La desviación estándar es:

$$D(y) = \frac{\pi}{\sqrt{6}\alpha} \approx \frac{1.282}{\alpha}$$

Ecuación II.19

II.6 INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS ALEATORIOS

La palabra estocástico es sinónimo de aleatorio. Un proceso estocástico es un sistema que se desarrolla en el tiempo a través del cual pasa por fluctuaciones al azar. Se puede describir un sistema definiendo una familia de variables aleatorias $\{X_t\}$, donde X_t mide en el instante t , el aspecto del sistema en estudio.

Los valores que puede tomar X_t son llamados **estados** y los cambios en el valor X_t reciben el nombre de **transacciones** entre sus estados.

Los modelos estocásticos son aplicables a cualquier sistema en el que exista variabilidad al azar en el transcurso del tiempo.

Por proceso estocástico se entiende una familia de variables aleatorias $\{X_t\}$, donde t es un punto en un espacio paramétrico T y donde para cada $t \in T$ (t es un elemento de T), X_t es un punto en un espacio de estados S .

La familia $\{X_t\}$ podría ser la trayectoria de una partícula que se mueve al azar en un espacio S , siendo X_t su posición en el instante t . Un registro de estas trayectorias se conoce como realización del proceso.

Mediante la teoría de probabilidades se pueden determinar relaciones entre las X_t para diferentes valores fijos de t .

Algunas aplicaciones de procesos estocásticos en la ingeniería civil son las siguientes:

- Sismología (ocurrencia de temblores, acelerogramas, respuesta de estructuras, efecto del filtro del subsuelo).
- Variaciones espaciales de las propiedades de los materiales (suelo, roca).
- Predicción de avenidas, oleaje, etc.
- Filtraciones en materiales permeables o fisurados.
- Geoestadística.

y en este caso se utilizan para modelar los cambios de ocupación de las cargas sostenidas a través del tiempo.

Suponiendo que $X(t)$ es un proceso real y continuo, y que $F_x(x, t)$ es la función de distribución acumulada derivada del proceso mencionado. Entonces la función de distribución de probabilidades para este proceso es:

$$f_x(x, t) = \frac{\partial F_x(x, t)}{\partial x}$$

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

Para un valor fijo de t se puede definir la media y la varianza de la variable aleatoria correspondiente.

La media está dada por la siguiente expresión:

$$M[X(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} x f_x(x, t) dx$$

y la varianza por:

$$V[X(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f_x(x, t) dx - M[X(t)]^2$$

II.6.1 PROCESO DE POISSON

Una de las distribuciones de probabilidad de variable aleatoria discreta más útil es la de Poisson y se emplea con frecuencia como un modelo apropiado para caracterizar el número de ocurrencias relativas al tiempo; por ejemplo la tasa promedio de permanencia de las cargas en pisos durante un periodo de tiempo.

Un proceso de Poisson se desarrolla bajo las siguientes características:

- Cualquier punto tiene la misma probabilidad de ocurrir en cualquier instante.
- La ocurrencia de cada evento es independiente de la de los demás eventos.
- Sólo una ocurrencia se puede presentar en un determinado tiempo.

El proceso queda definido como sigue:

$$P(X=r) = \frac{(v_s T)^r}{r!} e^{-v_s T}$$

donde:

- r es el número de ocurrencias de la carga
- v_s es el índice medio de ocurrencia por unidad de tiempo
- T es el período de tiempo.

El modelo de simulación que se utiliza en este trabajo asume que los cambios en la carga sostenida y la forma en que se presentan las cargas extraordinarias obedecen a un proceso de Poisson.

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

II.6.2 MÉTODO DE MONTECARLO

El método de Montecarlo es un método numérico que permite resolver problemas matemáticos de variables aleatorias tales como 1) simular cualquier proceso cuya marcha depende de factores aleatorios y 2) en muchos problemas matemáticos, que no tienen la menor relación con cuestiones aleatorias, se puede inventar un modelo probabilista artificial que permite solucionar estos problemas

II.6.2.1 Descripción y utilidad del método de simulación de Montecarlo.

Existen dos peculiaridades del método Montecarlo: la primera es que su algoritmo tiene una estructura muy sencilla. Como regla, se elabora primero un programa para la realización de una prueba aleatoria, la cual posteriormente se repetirá N veces, de modo que cada prueba sea independiente de las demás y se toma la media de los resultados de todos los experimentos. Por esto el método de Montecarlo se denomina a veces *método de pruebas estadísticas*.

La segunda peculiaridad consiste en que el error es proporcional a la magnitud $\sqrt{D/N}$, donde D es una constante y N el número de pruebas. Mediante la utilización de este método es posible obtener una mayor exactitud dependiendo del número de pruebas. Además un problema puede ser resuelto por distintas variantes del método de Montecarlo, escogiendo un procedimiento de cálculo al que le corresponde un valor mucho menor de D, lo que permite elevar la exactitud.

Este método genera variables aleatorias a partir de una función de distribución de probabilidades, al mismo tiempo que permite simularlas.

En las etapas iniciales del desarrollo del método Montecarlo, los investigadores intentaban obtener cada variable aleatoria construyendo una ruleta apropiada. Por ejemplo para obtener los valores de la variable aleatoria con la siguiente distribución:

| | |
|-------|----------|
| x_1 | $p(x_1)$ |
| x_1 | 0.500 |
| x_2 | 0.250 |
| x_3 | 0.125 |
| x_4 | 0.125 |

Se empleaba la ruleta mostrada en la figura II.5 *Ruleta de probabilidades*, que está dividida en partes proporcionales a las p,

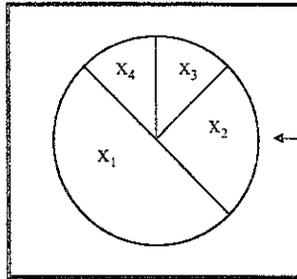


Figura II.5 Ruleta de probabilidades

Sin embargo ésta no es necesaria, ya que los valores de cualquier variable aleatoria se pueden obtener efectuando transformaciones de una sola variable aleatoria. Suele emplearse con este fin la variable aleatoria γ' definida en el intervalo $(0,1)$ y su densidad es $p(x)=1$, se dice entonces que está uniformemente distribuida en $(0,1)$. De esta forma cualquiera que sea el intervalo (a', b') que esté dentro de $(0,1)$, la probabilidad de que γ' tome un valor perteneciente al intervalo (a', b') es igual a la longitud de este intervalo.

Se denomina *sorteo* de la variable aleatoria ξ (x_i) el proceso de determinar esta variable ξ mediante la transformación de uno o varios valores de γ'

II.6.2.2 Variable aleatoria discreta

Si se quiere obtener valores de la variable aleatoria discreta ξ (x_i) que tiene la siguiente distribución:

$$\xi=(x_1 p_1; x_2 p_2; \dots x_n p_n)$$

Considerando el intervalo $0 < y < 1$ dividiéndolo en n intervalos de longitudes $p_1, p_2, \dots p_n$ es evidente que las coordenadas de los puntos de división serán $y=p_1, y=p_1+p_2, \dots y=p_1+p_2+\dots +p_n$

Se indica con $1, 2, \dots, n$ los intervalos obtenidos, como se observa en la figura II.6.

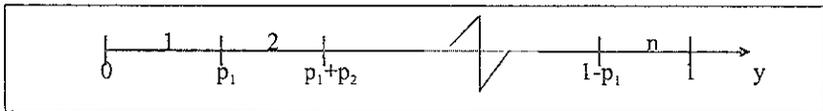


Figura II.6 Distribución de probabilidades acumuladas

CAPÍTULO II MÉTODO ESTADÍSTICO

Con esto concluyen los preparativos del sorteo de ξ (x_i). Cada vez que se tenga que realizar un experimento y sortear el valor de ξ , se tomará un valor de γ' y se construye el punto $y=\gamma'$. Si este punto aparece en el intervalo correspondiente al número i , se acepta que $\xi=x_i$ para este experimento.

II.6.2.3 Variable aleatoria continua

Si se desea obtener valores de una variable aleatoria ξ (x_i) distribuida con densidad $p(x)$ en el intervalo (a, b) .

Los valores de ξ se pueden determinar mediante la siguiente expresión:

$$\int_a^{\xi} p(x) dx = \gamma'$$

De modo que una vez escogido el valor de γ' es preciso resolver la igualdad anterior para hallar el valor de ξ .

Un ejemplo que ilustra esto es el siguiente:

Se dice que la variable aleatoria ξ (x_i) está uniformemente distribuida en el intervalo (a, b) si su distribución es constante en este intervalo:

$$p(x) = \frac{1}{b-a} \quad a < x < b$$

para sortear los valores de ξ se forma la expresión:

$$\int_a^{\xi} \frac{dx}{b-a} = \gamma'$$

La integral se calcula fácilmente y resulta:

$$\frac{\xi - a}{b - a} = \gamma'$$

De donde se obtiene una expresión explícita para ξ :

$$\xi = a + \gamma' (b - a)$$

CAPÍTULO III
FORMULACIÓN DEL MODELO
DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS
PARA OFICINAS

CAPÍTULO III

FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

III.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CARGAS

En este capítulo se describe la representación de las cargas vivas como un proceso estocástico y se hace una descripción del modelo de simulación de Montecarlo desarrollado por el Maestro en Ingeniería José Alberto Soriano Martínez y por la Doctora en Ingeniería Sonia Elda Ruiz Gómez (*ver referencia bibliográfica 1*), el cual se emplea posteriormente en este trabajo.

Una estructura durante su vida útil se ve sujeta a variaciones aleatorias de la carga viva. Estas variaciones se pueden representar mediante modelos matemáticos que representen el comportamiento aleatorio de dichas cargas.

III.2 TIPOS DE CARGAS ACTUANTES

El modelo adoptado en este trabajo para representar las cargas vivas considera que la **carga viva total** (figura III.1.c) que actúa sobre una planta de oficinas está compuesta por **cargas sostenidas** (figura. III.1.a) y **cargas extraordinarias** (figura. III.1.b).

El mobiliario y el personal que normalmente labora en una oficina están representados por las **cargas sostenidas** (figura III.1.a), cuya intensidad se considera constante durante ciertos intervalos de tiempo hasta que ocurre un nuevo cambio de ocupación. Durante estos intervalos de tiempo se presentan eventos inusuales de sobrecarga, representados por las **cargas extraordinarias**, (fig. III.1b), cuya magnitud puede alcanzar valores muy altos de carga viva pero su duración es pequeña comparada con la de las cargas sostenidas, por lo que se consideran que ocurren en un instante. Ejemplos de este tipo de cargas extraordinarias son: las fiestas o reuniones de personal, o cuando se hace una remodelación en donde es necesario almacenar el mobiliario y demás objetos en un área relativamente pequeña con el fin de dejar espacio libre para poder llevar a cabo dicho trabajo.

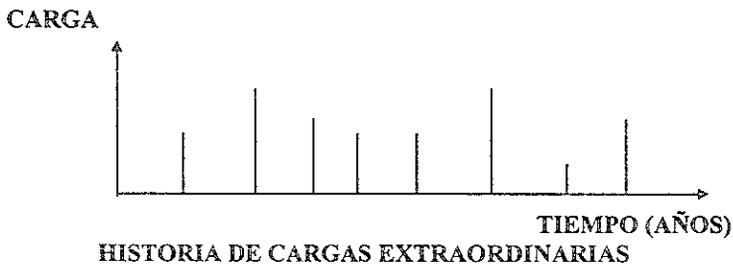
En las siguientes figuras, que se nombran *Historia de cargas sostenidas*, *Historia de cargas extraordinarias* e *Historia de cargas totales*, se representan esquemáticamente las cargas vivas totales, como la suma de las cargas sostenidas más las cargas extraordinarias en el transcurso del tiempo, lo que permite visualizar de manera sencilla las cargas a que están sometidas las estructuras durante su vida útil.

CAPÍTULO III
FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS
EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

a) Cargas sostenidas



b) Cargas extraordinarias



c) Suma de las cargas sostenidas y de las cargas extraordinarias

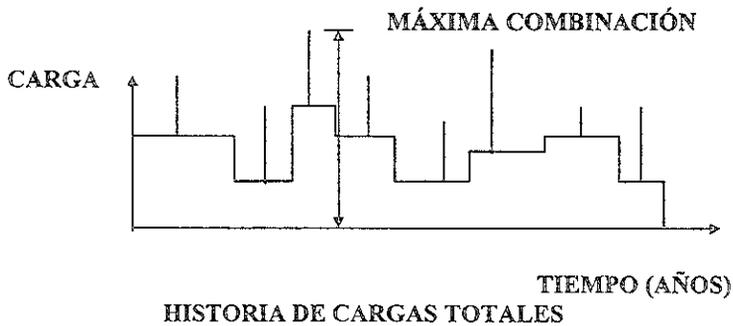


Figura III.1 Representación esquemática de las cargas vivas

CAPÍTULO III
FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS
EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

III.3 CARGA SOSTENIDA

Se considera que la carga sostenida en un área cualquiera se mantiene constante durante cierto intervalo de tiempo hasta que ocurre un cambio de ocupación, se supone que estos cambios siguen un proceso de Poisson.

Jong-Chern, Pier (*ver referencia bibliográfica 8*), encontró que la magnitud de las cargas vivas puede ser representada por una función de distribución de probabilidades Gamma.

Investigadores extranjeros como Bruce Ellingwood y Charles Culver (*ver referencia bibliográfica 5*) analizaron la carga viva sostenida y llegan, al igual que en este trabajo a las siguientes conclusiones:

La media es independiente del área del piso A, esto es:

$$E(u) = m_u$$

Ecuación III.1

donde: u es la carga viva de servicio de un edificio

y que el valor de la varianza depende del área del piso A:

$$Var(u) = \sigma_a^2 + \frac{\sigma_s^2}{A}$$

Ecuación III.2

m_u , σ_a^2 y σ_s^2 se determinan experimentalmente a partir de datos de cargas vivas de servicio.

donde: m_u es la media de la carga viva de servicio

σ_a^2 es la varianza y

σ_s^2 es una constante experimental que resulta de un ajuste razonable a datos de pequeñas áreas de servicio.

Cuando la carga real sostenida no es uniforme sobre un área de piso las ecuaciones III.1 y III.2 se modifican como sigue:

$$E(L) = m_u = m_L$$

Ecuación III.3

Donde: L es la carga instantánea uniformemente distribuida

$$Var(L) = \sigma_a^2 + \frac{k\sigma_s^2}{A}$$

Ecuación III.4

CAPÍTULO III
FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS
EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

Donde k , está en función de una superficie particular de influencia. Ellingwood, Bruce y Culver, Charles (*ver referencia bibliográfica 5*) sugirieron un valor de $k = 2.2$, el cual se considera suficientemente exacto para diseño.

III.4 CARGA SOSTENIDA MÁXIMA

Como ya se ha mencionado se considera que las cargas sostenidas permanecen constantes durante ciertos períodos de tiempo hasta que hay un cambio de ocupación, se supone que **estos cambios siguen un proceso de Poisson**, por lo que el tiempo entre cambios de cargas sostenidas puede ser modelado por una **función de distribución de probabilidades exponencial**. McGuire, Robin K. y Cornell, C. Allin (*ver referencia bibliográfica 6*), encontraron que los **valores máximos** de las cargas sostenidas se pueden modelar mediante una **función de distribución de probabilidades Extrema Tipo I**.

III.5 CARGA EXTRAORDINARIA

En la *referencia bibliográfica 5*; Ellingwood Bruce y Culver Charles, "*Analysis of live loads in office buildings*", Journal of the Structural Division, ASCE, 1977, aparece el siguiente modelo de cargas extraordinarias, que es el mismo que se emplea en este trabajo.

Se supone que las cargas extraordinarias se presentan siguiendo un proceso de Poisson. Durante cada evento se considera que la gente se reúne en grupos. El número de cada uno de estos es también un proceso de Poisson con su media que depende del área designada por A_i .

$$E(E) = \frac{m_w m_R \bar{\lambda}}{A_i}$$

Ecuación III.5

$$Var(E) = \frac{\bar{\lambda} k (m_R \sigma_w^2 + m_w^2 \sigma_R^2 + m_w^2 m_R^2)}{A_i^2}$$

Ecuación III.6

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{A_i - 155}{6.3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación III.7

CAPÍTULO III
FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS
EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

donde:

- E representa las cargas extraordinarias
- $\bar{\lambda}$ es el promedio de celdas cargadas en un área A_i
- k es un valor que considera que la carga real no está uniformemente distribuida y su valor es 2.2
- m es la media
- σ es la desviación estándar
- A_i es el área de influencia

Los subíndices W y R se refieren al peso de una persona y al número de gentes en un grupo, respectivamente.

III.6 CARGA EXTRAORDINARIA MÁXIMA

Se supone que la magnitud de las cargas extraordinarias sigue una función tipo Gamma. Al igual que la carga sostenida máxima los valores máximos de las cargas extraordinarias siguen una función de distribución Extrema Tipo I.

El investigador Yi-Kwei Wen (*ver referencia bibliográfica 13*), desarrolló en el año 1977, una aproximación para obtener la media y la desviación estándar de las cargas extraordinarias máximas suponiendo que están asociadas a una función tipo Gamma. Las expresiones que propuso son las siguientes:

$$\mu_{x_m} = \mu_x + p\sigma_x$$

Ecuación III.8

$$p = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N + 0.5772 \frac{1 + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N \frac{\sigma_x}{\mu_x}}{2 \frac{\sigma_x}{\mu_x} + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N}$$

Ecuación III.9

$$\sigma_{x_m} = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \sigma_x C_2$$

Ecuación III.10

$$C_2 = \frac{1 + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N \frac{\sigma_x}{\mu_x}}{2 \frac{\sigma_x}{\mu_x} + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N}$$

Ecuación III.11

CAPÍTULO III
FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS
EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

Posteriormente, el mismo autor, en 1979 propuso una expresión para evaluar p con la que se obtienen mejores resultados. Esta es la siguiente:

$$p = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N \left(1 + 0.1 \left(\frac{\sigma_x}{\mu_x} \right)^3 \right)$$

Ecuación III.12

donde:

- μ_x es la media de la intensidad de la carga de un evento extraordinario.
- σ_x es la desviación estándar de la intensidad de la carga de un evento extraordinario
- N es el número de repeticiones independientes

III.7 CARGA TOTAL MÁXIMA

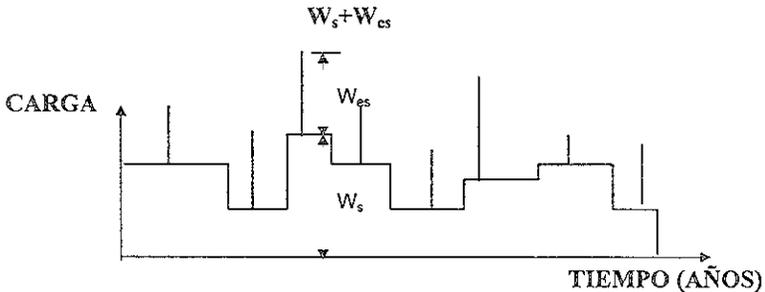
La carga total máxima que actúa en una determinada área está formada por una carga sostenida más una carga extraordinaria.

Entonces la máxima carga viva originada por la combinación de la carga sostenida y la extraordinaria durante la vida útil de la estructura se puede dar por uno de los siguientes tres casos según los investigadores Phillip L. Chalk y Ross B. Corotis (ver referencia bibliográfica 9).

Si se define:

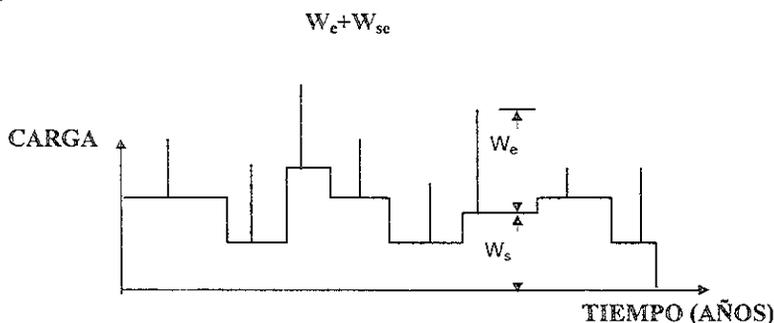
- W_s como carga sostenida máxima durante la vida útil de la estructura.
- W_{es} como la carga extraordinaria asociada a W_s .
- W_e como la máxima carga extraordinaria que se presenta durante la vida útil de la estructura
- W_{se} como la carga sostenida asociada a W_e

Primer caso:

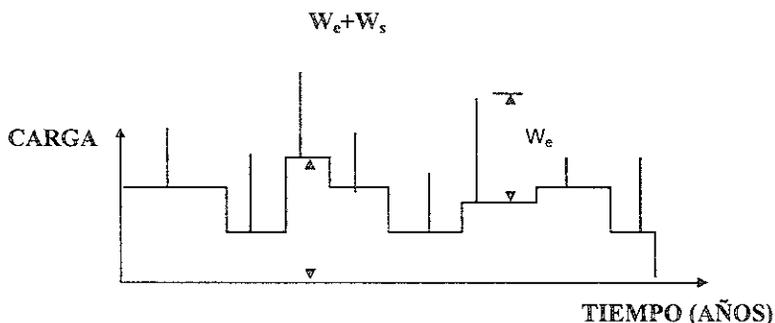


CAPÍTULO III FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

Segundo caso:



Tercer caso:



Entonces un modelo de carga total máxima debe de considerar estos tres casos, en el modelo de simulación que se utiliza en este trabajo se sigue otro procedimiento que implícitamente considera los tres casos anteriores. Este es el método de Montecarlo.

III.8 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE SIMULACIÓN DE MONTECARLO

En la sección II.6.2 de este estudio se comentó que mediante el método Montecarlo se pueden generar números aleatorios y simular variables aleatorias que sigan el comportamiento de una función de distribución de probabilidades en particular.

A continuación se describe el método de simulación de Montecarlo que se utiliza más adelante. El Maestro en Ingeniería José Alberto Soriano Matínez y la Doctora en Ingeniería Sonia Elda Ruiz Gómez realizaron un programa de cómputo en lenguaje FORTRAN en el cual, mediante el método de simulación de Montecarlo se generan cargas vivas máximas aleatorias. En este trabajo se utiliza dicho programa (Ver Anexo II *Programa de simulación de cargas vivas en lenguaje Fortran*).

CAPÍTULO III

FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

El programa de simulación requiere de los siguientes datos:

- media de las cargas sostenidas (Ecuación III.3)
- varianza de las cargas sostenidas (Ecuación III.4)
- media de las cargas extraordinarias (Ecuaciones III.5 y III.7)
- varianza de las cargas extraordinarias (Ecuaciones III.6 y III.7)

El modelo consiste en los siguientes pasos:

1) Generación de la duración de los intervalos de tiempo de la carga sostenida

Dado que se supone que los cambios de ocupación en una oficina obedecen a un proceso de Poisson, los intervalos de duración de las cargas sostenidas se generan aplicando el método Montecarlo a una función de distribución de probabilidades exponencial.

Se generan intervalos de tiempo t_i dentro del intervalo de tiempo de vida útil (periodo de retorno $T_R=50$ años para oficinas), considerando un índice de cambios de ocupación de cargas sostenidas $v_s=0.125$ lo que indica un tiempo promedio de cambio de 8 años.

2) Generación de la magnitud de la carga sostenida

Con la media y la desviación estándar que se obtengan del muestreo de cargas y mediante las ecuaciones II.13 y II.14 se obtienen los parámetros k y λ de la función de distribución Gamma. (Ecuación II.11). Aplicando el método Montecarlo a la función Gamma y con los parámetros k y λ calculados se genera aleatoriamente la magnitud de las cargas sostenidas.

3) Generación de la carga extraordinaria máxima

Mediante las ecuaciones III.5 a III.7 se obtiene la media y la desviación estándar de un evento simple extraordinario para el área de influencia que se esté simulando. Con estos valores y con las ecuaciones III.8, III.12, III.10 y III.11 se obtienen la media y la desviación estándar de las cargas extraordinarias máximas.

Con la media obtenida por la Ecuación III.8, la desviación estándar obtenida por la Ecuación III.10, y mediante las ecuaciones II.17 y II.19, se obtienen los parámetros α y u de la función de distribución Extrema Tipo I (Ecuación II.15).

Se obtienen valores aleatorios (método Montecarlo) de la función de distribución de probabilidades Extrema Tipo I, y con los parámetros previamente determinados (α y u) se genera de manera aleatoria la intensidad de la máxima carga extraordinaria para cada intervalo de duración de las cargas sostenidas.

CAPÍTULO III
FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS
EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

4) Se elige la combinación más desfavorable de carga sostenida más carga extraordinaria y se guardan los valores asociados a esta (carga sostenida, extraordinaria y total).

5) Se repiten los pasos anteriores un número N de veces. Donde N es el número de simulaciones que se desean realizar.

6) Se obtienen los valores medios de cargas sostenidas, extraordinarias y totales obtenidos en cada ciclo de la simulación (paso 4).

1. Se realizan los pasos 1 a 6 para diferentes valores del área de influencia.

En el siguiente *capítulo IV*, denominado *Estimación de cargas en pisos de oficinas*, se describe en forma detallada el proceso de estimación de las cargas vivas, que sirvió para determinar los valores a utilizar en el programa de simulación, basado en el método de Montecarlo.

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS
EN PISOS PARA OFICINAS

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS
EN PISOS PARA OFICINAS

La estimación de las cargas vivas en los diferentes pisos de oficinas es una de las etapas más importantes, de la precisión con que se hagan las estimaciones dependerán los datos del muestreo y de estos, los resultados finales.

En este capítulo se describe la metodología que se siguió para estimar las cargas vivas en los edificios de oficinas que sirvieron para el muestreo y que se enumeran a continuación:

- Edificio 2 del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el Circuito Interior de Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México, Distrito Federal.
- Edificio de la Dirección General de Institutos Tecnológicos y de la Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias de la Secretaría de Educación Pública, ubicado en la esquina que forman las calles de Dr. Vertiz y Dr. Martínez del Río en la Colonia de los Doctores, Delegación Cuauhtémoc, México, Distrito Federal.
- Edificio de la Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración del Instituto Mexicano del Petróleo, ubicado en Av. De los Cien Metros 152. Colonia Nueva Vallejo, Delegación Gustavo A. Madero, México, Distrito Federal.
- Edificio de la Subdirección de Perforación y Plantas Industriales del Instituto Mexicano del Petróleo, ubicado en Av. de los Cien Metros 152. Colonia Nueva Vallejo, Delegación Gustavo A. Madero, México, Distrito Federal.
- Edificio de Ingenieros Civiles Asociados-Ingeniería, ubicado en Río Becerra 27, Colonia Nápoles, Delegación Benito Juárez. México, Distrito Federal.

Los croquis de localización de cada uno de los edificios antes mencionados se muestran en el anexo III y su referencia es con respecto a la Guía Roji de la Ciudad de México, edición 1998.

IV.1 MEDICIÓN DE MOBILIARIO, EQUIPO Y OBJETOS DE OFICINA

Para la realización del presente trabajo fue necesario conocer la manera en como se encontraban *cargados* los edificios en estudio, es decir, que tanto peso actuaba sobre las losas de entepiso de cada uno de ellos en los diferentes niveles que los conforman y como se encuentran actuando dichos pesos en el área de cada nivel. Para ello se tuvieron que pesar todos y cada uno de los objetos, personas, etc., que ocupaban cada uno de los niveles. El proceso de medición se describe enseguida.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

IV.1.1 EQUIPO PARA REALIZAR EL TRABAJO DE MEDICIÓN

Una de las etapas principales de este trabajo fue estimar las **cargas vivas instantáneas sostenidas** debidas a personas, mobiliario, etc., en diferentes plantas de oficinas. Para lograr esto fue necesario seleccionar las herramientas adecuadas para pesar los objetos que se encuentran dentro de las oficinas, utilizándose 2 básculas de palancas equilibradas a base de contrapesos con una plataforma de 30 x 40 cm y capacidad para 140 kg cada una. Siendo ideales para utilizarse en el proyecto, ya que se transportan con relativa facilidad, tienen la capacidad suficiente para pesar todos los objetos que generalmente ocupan las oficinas, se ajustan con facilidad y presentan bajo riesgo de descompostura.

También se utilizaron: flexómetros, un gato de patín con capacidad de 2000 kg, fajas de soporte con tirantes útiles para izar objetos, guantes de nitrilo, polmes, tablonés y tablas de madera.

IV.1.2 METODOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN

Para estimar las cargas por unidad de área que actúan sobre una planta de oficinas es necesario:

- Conocer el peso de los diversos muebles
- Estimar los pesos de los muebles y materiales que ocupan las oficinas, así como los del personal que en ellas laboran.
- Contar con las dimensiones de la planta de oficinas

Para esto fue necesario pesar físicamente muebles, objetos, etc., y ordenarlos en un catálogo para irlos referenciando.

A continuación se describe la clasificación de objetos y muebles adoptada en este trabajo.

Libros: se pesaban paquetes de libros y se medían sus dimensiones a distintas alturas con el fin de obtener sus promedios. A partir de estas mediciones se obtenía su peso volumétrico promedio.

Engargolados y carpetas de argollas: esta clasificación se eligió debido a que tanto los engargolados como las carpetas de argollas tienden a dejar un espacio libre entre las hojas, lo que los hace más ligeros. La forma de medirlos y pesarlos fue similar a la de los libros.

Hojas de papel y hojas para impresora: la metodología para su medición fue similar a los anteriores.

Combinados: esta clasificación se empleó para el caso de paquetes que eran una combinación de libros, folders, carpetas, etc.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

Folders: esta clasificación es importante ya que los folders son de uso muy frecuente en oficinas. Muchas veces los archiveros contienen únicamente folders en su interior.

Archiveros: se clasificaron en “archiveros antiguos” de madera y “archiveros modernos” de metal. Pesándose primeramente los archiveros solos, (sin cajones). Esto se hizo, tanto para archiveros modernos como antiguos. La distinción se hizo sobre la base de que los materiales con los que están fabricados no son los mismos, lo cual influye significativamente en el peso. Posteriormente se pesaron los cajones para distintas condiciones como "cajón lleno" y "cajón medio lleno". Esto, con el fin de estimar las cargas de la manera más realista posible.

Debido a las dimensiones de los archiveros para poder pesarlos fue necesario utilizar las dos básculas al mismo tiempo; se inclinaba el archivero y se introducía una báscula, repitiéndose el proceso para el lado opuesto. Obteniéndose el peso total al sumar las dos lecturas. Enseguida se tomaban las dimensiones, así como el número de cajones y se diferenciaba entre archivero metálico ó de madera.

Escritorios: se clasificaron en chicos (0.90x0.75x0.75 m), medianos (1.20x0.75x0.75 m) y grandes (1.50x0.75x0.75 m). Esta clasificación se hizo sobre la base del tipo de material, las dimensiones y el número de cajones.

Los escritorios se pesaron con los cajones llenos, quitando todos aquellos objetos que estuviesen sobre la cubierta. Los cuales se pesaban por separado.

Los escritorios también se pesaron con las dos básculas y el auxilio de dos polines (previamente pesados). Se colocaban sobre las básculas los polines para que sirvieran de apoyo a las patas del escritorio, se sumaban las dos lecturas y se restaba el peso de los polines y así se obtenía el peso del escritorio, se medían sus dimensiones (ancho, largo y alto) para determinar su peso volumétrico y su peso por unidad de área.

Impresoras: estas se dividieron en impresoras láser grandes y chicas, e impresoras de punto: grandes y chicas. Igualmente, se pesaban y se tomaban sus dimensiones, que generalmente eran de 0.41x0.40x0.40 m (grandes) y 0.37x0.36x0.20 m (chicas).

Sillas: las sillas se clasificaron en: sillas con y sin coderas, y con ruedas y sin ruedas. Pesándose en una báscula y con el auxilio de una tabla (previamente pesada) que servía de plataforma para poder colocar la silla. Se tomaron las dimensiones en planta. El peso se obtenía restando a la lectura de la báscula el peso de la tabla.

Mesas: para las mesas se siguió el mismo procedimiento utilizado con los escritorios. Se clasificaron en mesas medianas, grandes y de cómputo.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

Libreros: para poder pesarlos también fue necesario emplear las dos básculas. Los libreros se dividieron en: metálicos y de madera, con y sin vidrios; así como libreros de madera, con y sin puertas y libreros grandes y pequeños. Cuando fue posible dichos libreros se pesaron vacíos y llenos. A continuación, se estimó el peso de lo que contenían. De esta manera se calibró, en parte, el sistema de estimación. Dicho sistema se utilizó posteriormente para estimar los pesos sin necesidad de pesar físicamente los objetos que se encontraban dentro del mueble.

Para obtener el peso de: *monitores, Unidades de Procesamiento Central (CPU's), teclados y reguladores*, se procedió de manera similar a la antes descrita.

IV.1.3 HISTOGRAMAS RESULTANTES DE LA MEDICIÓN DE EQUIPO Y OBJETOS DE OFICINA

En la figura IV.1 *Histogramas de equipo y objetos de oficina* se muestran los histogramas de algunos de los objetos que fueron pesados con mayor frecuencia: engargolados, hojas de papel, hojas de computadora, libros, folders, combinados, sillas, escritorios medianos, CPU's y monitores.

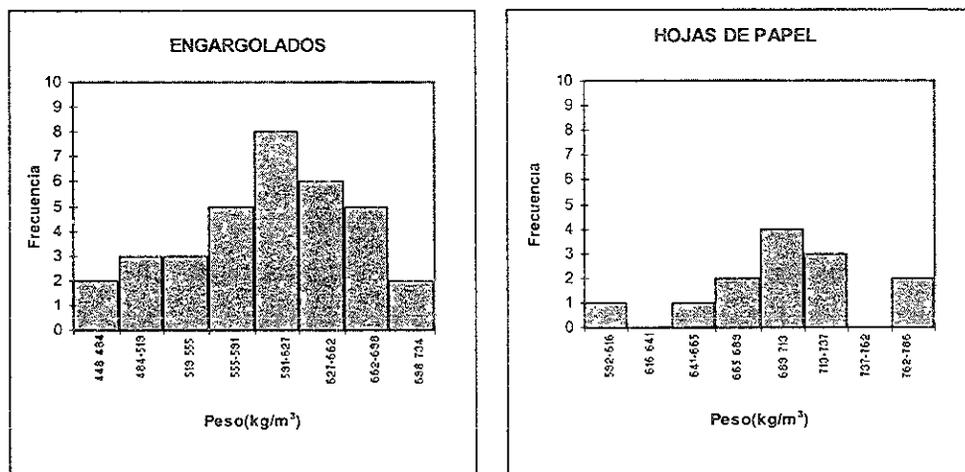


Figura IV.1 Histogramas de equipo y objetos de oficina

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

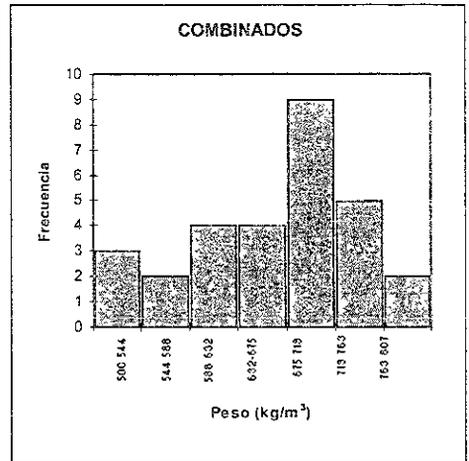
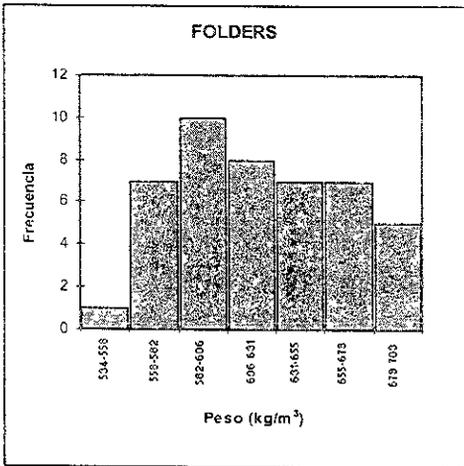
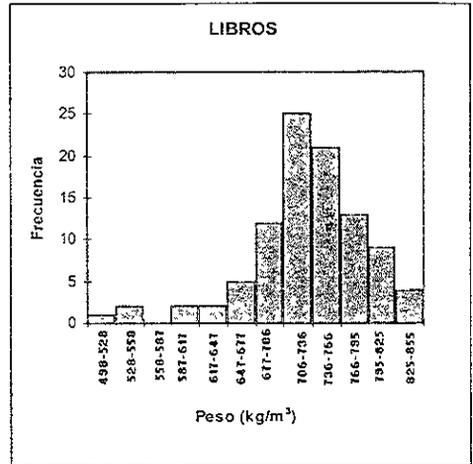
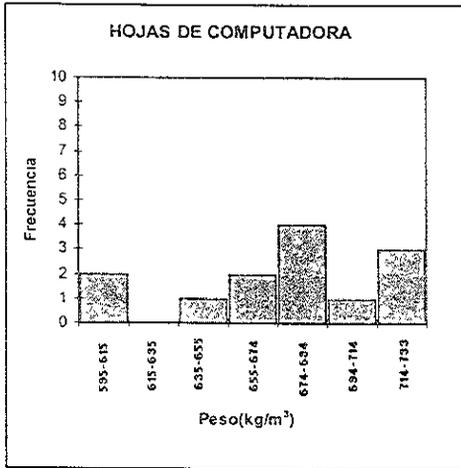


Figura IV.1 Histogramas de equipo y objetos de oficina (continuación).

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

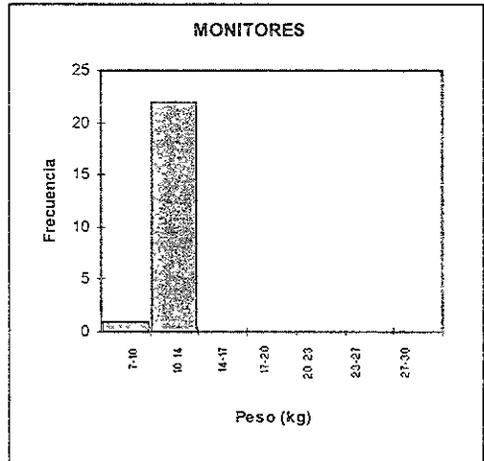
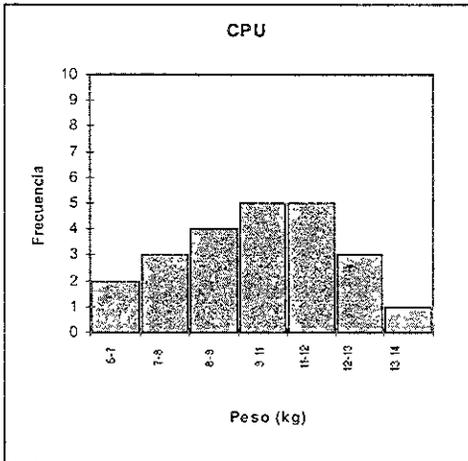
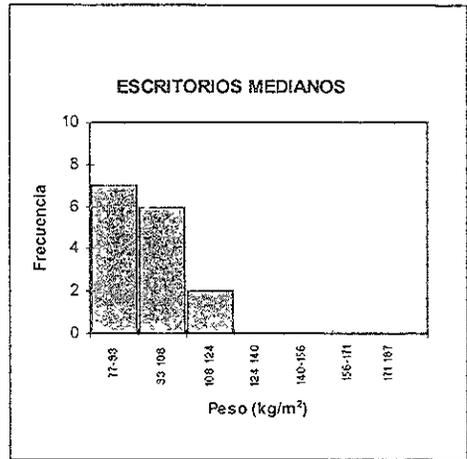
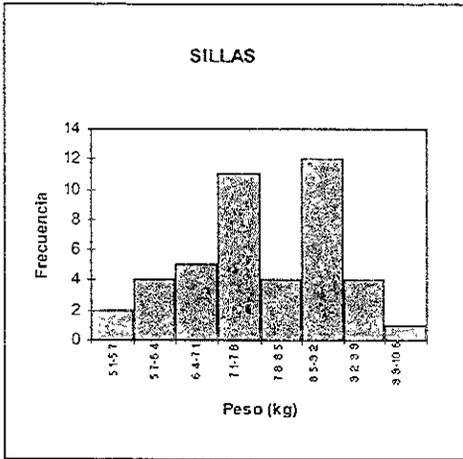


Figura IV.1 Histogramas de equipo y objetos de oficina (continuación).

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

IV.2 ESTIMACIÓN DE LA CARGA VIVA EN EDIFICIOS PARA OFICINA

En este punto se describe el procedimiento en detalle para la estimación de cargas vivas en los edificios analizados.

IV.2.1 PROCEDIMIENTO GENERAL DE ESTIMACIÓN DE CARGAS.

A fin de estimar las cargas actuantes en las losas de los edificios estudiados sin necesidad de pesar físicamente los objetos, el procedimiento fue el siguiente:

1) Arreglos preliminares

En esta etapa se solicita la autorización para efectuar las estimaciones de carga y todo lo que esto involucra. Una vez obtenida la autorización se requirieron y consultaron los planos del edificio en estudio para conocer las plantas de los niveles en los cuales se valorarán las cargas.

2) Inspección inicial

Enseguida se realiza un recorrido por las instalaciones, haciendo una inspección visual para observar el tipo de mobiliario predominante, la distribución de las oficinas y la posición del mobiliario en cada nivel, así como su verificación en los planos correspondientes para agregar al catálogo los objetos que no se tengan considerados.

3) Estado de carga

En esta parte se verifica físicamente las condiciones de carga de escritorios y archiveros. Esto es: si están llenos, medio llenos, o prácticamente vacíos y además que es lo que contienen (papel, folders, etc.). Es decir, se observa con más detalle la distribución del mobiliario.

4) Selección de la muestra de mobiliario que debe pesarse

Después de haber inspeccionado el estado de carga y de haber hecho la inspección visual, se elige una muestra que se considere representativa del mobiliario predominante. Así como los objetos de los que no se tienen estadísticas.

5) División de áreas básicas

La división de áreas básicas (menores que 20 m²) para las cuales se estimará la carga se hace principalmente con base en los dos siguientes criterios:

- De acuerdo a los requerimientos para el análisis estadístico: por lo que es necesario considerar áreas relativamente pequeñas.

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

- o La distribución del mobiliario, así como las divisiones físicas de las oficinas son factores que influyen de manera importante en la selección de las áreas básicas a considerar, dichas áreas básicas deben ser geométricamente fácil de localizar; esto se logra tratando de que las divisiones imaginarias coincidan con divisiones físicas reales como mamparas, columnas, pasillos etc.

Cuando la división de las áreas básicas se ha realizado sobre la base de los anteriores criterios el registro es más fácil y rápido. La división se hace en un plano, marcando los límites de cada área y se les asigna un número que permita la identificación de cada una de ellas.

6) Obtención de los pesos de las muestras seleccionadas y ampliación del catálogo

En esta etapa se pesan físicamente los objetos que previamente se han elegido y se comparan con los existentes en el catálogo. Esto es con la finalidad de observar si existen cambios considerables con respecto a lo que se tiene previamente asentado. Si es que se tienen registrados, se comprueba su valor medio y si no se tienen se agregan al catálogo. Con esto se decide el valor de los pesos promedio que se tomarán de los objetos en el edificio en estudio.

7) Formato para registro.

La finalidad del formato para registro es la de hacer la estimación más práctica y rápida. El formato debe contener el peso promedio por objeto ó el peso por unidad de longitud o volumen de los objetos que se han estimado previamente para cada oficina. Este formato se adapta a las condiciones particulares de cada edificio o piso de oficinas, tanto en tipo de mobiliario y objetos como en pesos promedio. En la tabla IV.1 *Ejemplo de formato de registro* se muestra un ejemplo de estos formatos.

| Objeto de oficina | Peso | Unidad | Área analizada de losa de piso | | | | | | |
|----------------------------|--------|-------------------|--------------------------------|----------------|----------------|------|------|------|----------------|
| | | | A ₁ | A ₂ | A ₃ | | | | A _n |
| Engargolados y carpetas | 605.17 | kg/m ³ | | | | | | | |
| Hojas de papel | 710.46 | kg/m ³ | | | | | | | |
| Hojas para computadora | 677.31 | kg/m ³ | | | | | | | |
| Libros | 733.29 | kg/m ³ | | | | | | | |
| Combinados | 667.75 | kg/m ³ | | | | | | | |
| Folders | 624.60 | kg/m ³ | | | | | | | |
| Archiveros | | | | | | | | | |
| Metálicos llenos 3 cajones | 105.97 | kg | | | | | | | |
| Metálicos llenos 4 cajones | 140.00 | kg | | | | | | | |
| Metálicos llenos 5 cajones | 203.04 | kg | | | | | | | |

Tabla IV.1 Formato para registro de cargas.(Continua en hoja siguiente)

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

Continuación de la tabla IV.1

| Objeto de oficina | Peso | Unidad | Área analizada de losa de piso | | | | | | |
|------------------------------|--------|-------------------|--------------------------------|----------------|----------------|------|------|------|----------------|
| | | | A ₁ | A ₂ | A ₃ | | | | A _n |
| Metálicos llenos 2 cajones | 70.65 | kg | | | | | | | |
| Credenzas | 117.83 | kg | | | | | | | |
| Anaqueles | 178.72 | kg | | | | | | | |
| Escritorios: | | | | | | | | | |
| Pequeños (0.90x0.75x0.75)m | 65.00 | kg | | | | | | | |
| Medianos (1.20x0.75x0.75)m | 100.00 | kg | | | | | | | |
| Grande (1.50x0.75x0.75)m | 135.00 | kg | | | | | | | |
| Modular (0.90x0.75x0.75)m | 36.30 | kg | | | | | | | |
| Restirador (1.20x1.00x0.75)m | 82.00 | kg | | | | | | | |
| Restirador (1.20x1.00x0.75)m | 27.60 | kg | | | | | | | |
| Mesas cómputo: | | | | | | | | | |
| Grandes (1.20x0.75x0.70)m | 75.20 | kg | | | | | | | |
| Medianas (1.20x0.60x0.68)m | 38.95 | kg | | | | | | | |
| Gavetas (0.60x0.53x0.27)m: | | | | | | | | | |
| Llenas | 43.50 | kg | | | | | | | |
| Medio llenas | 24.55 | kg | | | | | | | |
| Planeros: | | | | | | | | | |
| Verticales | 91.58 | kg | | | | | | | |
| Horizontales | 241.50 | kg/m ³ | | | | | | | |
| Sillas con ruedas | 12.65 | kg | | | | | | | |
| Triple | 37.65 | kg | | | | | | | |
| Doble | 21.75 | kg | | | | | | | |
| Sencilla | 7.00 | kg | | | | | | | |
| Con Coderas | 8.50 | kg | | | | | | | |
| Mamparas | 30.22 | kg/m | | | | | | | |
| Computadoras Completas | 28.25 | kg | | | | | | | |
| Monitores: | | | | | | | | | |
| Pantalla de 17" (43.18 cm) | 30.00 | kg | | | | | | | |
| Pantalla de 14" (35.56 cm) | 11.07 | kg | | | | | | | |
| Teclados | 1.18 | kg | | | | | | | |
| Impresoras | | | | | | | | | |
| Grandes (0.41x0.40x0.40)m | 26.35 | kg | | | | | | | |
| Pequeñas (0.37x0.36x0.20)m | 13.81 | kg | | | | | | | |
| CPU's: | | | | | | | | | |
| Grandes (0.37x0.15x0.45)m | 16.50 | kg | | | | | | | |

Tabla IV.1 Formato para registro de cargas.(Continua en hoja siguiente)

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

Continuación de la tabla IV.1

| Objeto de oficina | Peso | Unidad | Área analizada de losa de piso | | | | | | |
|-------------------------------|-------|--------|--------------------------------|----------------|----------------|------|------|------|----------------|
| | | | A ₁ | A ₂ | A ₃ | | | | A _n |
| Normales (0.43x0.36x0.12)m | 9.98 | kg | | | | | | | |
| Rollo de papel de 50m x 1.07m | 4.25 | kg | | | | | | | |
| Rollo de papel albanene | 10.00 | kg | | | | | | | |
| Caja archivero | 32.33 | kg | | | | | | | |
| Personas | 80.00 | kg | | | | | | | |
| Máquinas de escribir | 11.50 | kg | | | | | | | |
| Portapapeles | 6.00 | kg | | | | | | | |
| Percheros | 3.50 | kg | | | | | | | |
| Ventiladores | 5.63 | kg | | | | | | | |
| Lámparas. | 10.00 | kg | | | | | | | |
| De escritorio | ---- | ---- | | | | | | | |
| De piso | ---- | ---- | | | | | | | |
| Macetas | 57.30 | kg | | | | | | | |
| Libreros | ---- | ---- | | | | | | | |
| Otros objetos de oficina | ---- | ---- | | | | | | | |

Tabla IV.1 Formato para registro de cargas.

8) Estimación por áreas

Consiste en anotar en la hoja para registro lo siguiente:

- El edificio en estudio
- El piso cuya carga se está estimando
- El número de "área básica" del piso
- El número de muebles u objetos de cierto tipo (contenidos en el formato de registro).

Preferentemente la división de áreas se hará de tal forma que los muebles queden dentro de las áreas definidas de manera que no sea dudosa su pertenencia a una u otra área; sin embargo, esto no siempre será posible por lo que se tomarán a criterio de quien está realizando la estimación el considerarlo perteneciente a una u otra área. De ser necesario se puede considerar cierto porcentaje del peso del mueble actuando en una área y el restante para la otra u otras áreas.

9) Obtención de las cargas para cada área básica

De los registros obtenidos se multiplican las cantidades de objetos por su peso promedio y de ésta manera se obtiene la carga estimada para las diferentes áreas que se seleccionaron.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

10) Dibujo de la planta.

Se dibuja la planta basándose en los planos y se marca la división de áreas adoptadas (*área básica*), así como la carga por unidad de área estimada para las distintas áreas básicas.

Con esto, la información queda lista para su análisis estadístico.

El proceso anterior se aplicó en los siguientes edificios:

- a) Edificio 2 del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en el Circuito Interior de Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México, Distrito Federal. Dos pisos correspondientes a las coordinaciones de Mecánica Aplicada y Estructuras, 1° y 2° pisos respectivamente. Para el piso correspondiente a la coordinación de Mecánica Aplicada la carga por unidad de área se obtuvo de haber pesado todos los muebles y objetos que habían sobre él, con esto se pudo formar un primer catálogo de pesos, que serviría de referencia para estimaciones posteriores.
- b) Secretaría de Educación Pública (SEP). Dirección General de Institutos Tecnológicos, ubicado en la esquina que forman las calles de Dr. Vertiz y Dr. Martínez del Río, Colonia de los Doctores, Delegación Cuauhtémoc, México, Distrito Federal. Dos pisos correspondientes a la Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGIT) y un piso correspondiente a la Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias (DGETA).
- c) Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Tres pisos correspondientes a la Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración (SIPE), ubicado en Av. de los Cien Metros 152, Colonia Nueva Vallejo, Delegación Gustavo A. Madero, México, Distrito Federal.
- d) Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Tres pisos correspondientes a la Subdirección de Perforación y Plantas Industriales (SIPPI), ubicado en Av. de los Cien Metros 152, Colonia Nueva Vallejo Delegación Gustavo A Madero, México, Distrito Federal.
- e) Ingenieros Civiles Asociados (ICA). Cuatro pisos correspondientes a ICA Ingeniería Civil, ubicado en la calle de Río Becerra 27, Colonia Nápoles, Delegación Benito Juárez, México, Distrito Federal.

A continuación se describen las dimensiones en que se dividieron las áreas básicas en cada una de las losas de entrepiso de los edificios cuyas cargas fueron estimadas, así como las áreas totales correspondientes a cada uno de ellos.

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

IV.2.2 ÁREA A MUESTREAR

Como se mencionó en el inicio de este trabajo, el área que se muestreo fue de cerca de 15,000 m². (14,890 m²). Es un área relativamente pequeña, pero con la cual se pudo hacer un análisis adecuado, ya que se eligieron edificios tanto del sector público como del privado, cuyas cargas se consideran típicas en edificios para oficinas.

En la tabla IV.2 se detalla el *área muestreada* para cada edificio así como el área total.

| Edificio | Dimensiones (m) | Área básica (m ²) | Área total (m ²) |
|---|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
| Instituto de Ingeniería UNAM | 1.00 x 1.00 | 1.00 | 464.00 |
| Secretaría de Educación Pública | 3.65 x 3.65 | 13.32 | 6,711.80 |
| Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración | 3.30 x 3.30 | 10.89 | 2,740.20 |
| Subdirección de Perforación y Plantas Industriales | 3.30 x 3.30 | 10.89 | 2,613.60 |
| Ingenieros Civiles Asociados | 2.55 x 2.55 | 6.50 | 2,360.40 |
| Área Total Muestreada | | | 14,890.00 |

Tabla IV.2 Área muestreada

IV.2.3 ESTIMACIÓN DE CARGAS EN EL EDIFICIO 2 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

IV.2.3.1 Primer nivel Coordinación de Mecánica aplicada

En el piso correspondiente a la coordinación de Mecánica Aplicada del Edificio 2 del Instituto de Ingeniería de la UNAM, ubicado en el Circuito Interior de Ciudad Universitaria. Se pesó físicamente toda la carga viva que incidía sobre la losa de entrepiso. Al mismo tiempo que se pesaban los objetos, mobiliario y equipo típico de oficina, se fue haciendo una clasificación con la que se integró el formato de registro (tabla IV.1).

En dicho entrepiso el método fue el siguiente:

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

El registro se realizó por cubículo. Se hizo un croquis de las dimensiones de la planta del entrespacio y de sus divisiones (cubículos), así como de todos los muebles y objetos que incidían sobre la planta. En dicho croquis se anotaban las dimensiones del cubículo, la carga actuante y la intensidad de carga por unidad de área, así como la distribución del mobiliario y objetos. De esta manera se obtuvo el croquis en detalle de todas las cargas actuantes.

Posteriormente, se dibujó la planta del entrespacio completo incluyendo las áreas donde actuaban las cargas con su respectiva intensidad por unidad de área.

Cabe mencionar que el haber pesado absolutamente todo, requirió de bastante tiempo; sin embargo fue un paso necesario dentro del proyecto. Algunas de las razones por las que posteriormente sólo se estimó la carga sin pesar todos los muebles, son las siguientes:

- El tiempo que requería el pesar todo el mobiliario en los edificios estudiados.
- La incomodidad que se causó al mover a las personas que se encontraban laborando, para pesar lo que existía en la oficina.
- El riesgo de causar daños al mobiliario.

Posteriormente se realizó en este mismo piso una estimación de cargas, los valores estimados se compararon con los previamente pesados y se obtuvieron errores cercanos a $\pm 5\%$. El error total fue aproximadamente del 3%. Es preciso remarcar que este resultado se obtuvo gracias a que la estimación se hizo minuciosamente, cosa que no fue posible en otros casos; sin embargo, la metodología probada dio confianza para decidir que la estimación sin necesidad de pesar todos los muebles tendría un grado de exactitud bastante confiable.

IV.2.3.2 Segundo nivel, Coordinación de Estructuras

Este piso presenta características muy similares a las del piso de la Coordinación de Mecánica Aplicada del mismo Instituto de Ingeniería de la UNAM.

A grandes rasgos las características son las siguientes:

Cubículos que contienen una gran cantidad de libreros, archiveros y equipo de cómputo y que están en áreas relativamente pequeñas, lo que hace que la carga por unidad de área sea mayor en comparación con otras plantas de oficinas que se muestrearon.

Para este piso se siguió el procedimiento general de estimación descrito en la sección IV.2.1.

Vale la pena mencionar que al encontrarse mobiliario muy similar al del primer nivel (en el cual se pesó todo) la estimación fue sencilla, rápida y confiable.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

IV.2.4 ESTIMACIÓN DE CARGAS EN EL EDIFICIO DE LA SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Este edificio se localiza en la esquina que forman las calles de Dr. Vértiz y Dr. Martínez del Río, en la Colonia Doctores, Delegación Cuauhtémoc, México, Distrito Federal. Consta de planta baja y tres niveles.

La planta baja y el primer nivel corresponden a las oficinas de la Dirección General de Institutos Tecnológicos. El segundo y tercer nivel corresponden a oficinas de la Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias.

La estimación se realizó en dos partes dado que las oficinas de la Dirección General de Institutos Tecnológicos y de la Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias son totalmente independientes. Lo que implica que presenten diferente tipo de mobiliario.

IV.2.4.1 Oficinas de la Dirección de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública (DGIT-SEP).

Las oficinas de la Dirección General de Institutos Tecnológicos están localizadas en el piso 1, presentan las siguientes características:

Una gran cantidad de archiveros de 4 cajones (según se clasifican en la tabla IV-1) concentrados en gran cantidad a lo largo de ciertas áreas generalmente junto a muros o divisiones de los pisos. Los escritorios son en general de un mismo tipo. No se presenta un gran número de divisiones, se encuentran algunos cubículos independientes y divisiones a media altura que separan los diferentes departamentos.

Se observó el contenido de algunos archiveros y el estado de carga en que se encontraban, así como el tipo de material que contenían. Con el apoyo de personal de intendencia de la Dirección General de Institutos Tecnológicos se pesaron algunos muebles.

De forma similar se pesaron escritorios y se calculó su valor promedio.

Otros objetos que también se pesaron fueron: ventiladores, sillas, portagarrafones, ceniceros de pie y macetas.

Con esta información se estableció un formato de registro acorde con las características de la Dirección General de Institutos Tecnológicos.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

La división de áreas para la planta baja de este edificio se realizó siguiendo las divisiones físicas de dicha planta. Por este motivo se obtuvieron áreas de diferentes formas y tamaños. Esto llevó a un lento y minucioso trabajo para obtener las intensidades de carga por unidad de área.

En lo que respecta al primer nivel, se dividió el espacio entre columnas en cuatro áreas; así, la subárea ubicada al noroeste sería la 1, la ubicada al noreste la subárea 2, la ubicada al suroeste la subárea 3, y la ubicada al sureste la subárea 4.

Para estimar el peso debido a la presencia de un gran número de libreros con carpetas y folders se tomaron las dimensiones de estos y se multiplicó por su peso volumétrico promedio (obtenido previamente).

IV.2.4.2 Piso 2 de la Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias de la Secretaría de Educación Pública (DGETA-SEP).

El piso de la Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias presentó características diferentes a los de la Dirección General de Institutos Tecnológicos en cuanto a mobiliario. Se encontraron archiveros de 3 y 4 cajones de madera y metálicos. Existe una gran variedad de escritorios, también se encontraron anaqueles de diferentes tamaños. En general no existe una tendencia definida de mobiliario predominante. El tipo de mobiliario es antiguo y de distintos tipos y materiales (principalmente metálico y de madera).

Para las oficinas de la Dirección General de Escuelas Técnicas Agropecuarias solo se estimó el peso de uno de los dos pisos.

Dado que se encontró una gran variedad de mobiliario la clasificación se hizo con mayor cuidado y tomando en cuenta principalmente los siguientes aspectos: los pesos, las dimensiones y el tipo de material.

Así, existen distintos tamaños de escritorios, tanto de madera como metálicos. Se clasificaron en escritorios chicos, medianos y grandes, con sus respectivos pesos promedios. Cabe mencionar que sólo al ser pesados se les pudo clasificar en una u otra categoría.

Sucedió algo similar con los archiveros, de los cuales había una gran variedad. Sólo al pesar algunos de ellos se tuvo idea de su clasificación. Para los archiveros se adoptó un peso promedio por cajón metálico y un peso promedio por cajón de madera.

Una vez realizado esto se adoptó el formato de registro para esta planta.

La división de áreas fue igual que para el primer nivel de la Dirección General de Institutos Tecnológicos: división entre columnas y 4 subáreas.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

El mobiliario pesado se anexó al catálogo.

Ya con el formato de registro adaptado, se procedió a realizar el registro de carga. Esto presentó cierta dificultad, ya que era necesario observar bien el mobiliario y clasificarlo correctamente, dada su gran variedad.

Una vez terminado el registro se procedió a hacer lo siguiente:

- se obtuvieron las cargas por cada área
- se realizó el plano utilizando el paquete de dibujo AutoCad señalando sus respectivas cargas vivas por unidad de área.

IV.2.5 ESTIMACIÓN DE CARGAS EN EL EDIFICIO DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA DE PROYECTOS Y EXPLORACIÓN DEL INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO.

Este edificio forma parte de las instalaciones del Instituto Mexicano del Petróleo, ubicado en Avenida de los Cien Metros 152, Colonia Nueva Vallejo Delegación Gustavo A Madero, México, Distrito Federal. Presenta las siguientes características:

Edificio de planta regular, con algunos cubículos y un gran número de divisiones a media altura. Dichas divisiones están acondicionadas para que se les instalen restiradores que al mismo tiempo sirven como escritorios. Anexos a estos existen portaplanos, gavetas y lámparas. Es decir, las divisiones forman parte del mobiliario modular.

La distribución de los módulos es uniforme y las tres plantas son similares en cuanto a mobiliario y divisiones. Se encontraron además, archiveros de 3 y 5 cajones, mesas de cómputo y un número pequeño de escritorios, así como portaplanos horizontales de gran tamaño y portaplanos verticales de tamaño menor.

En este caso se pesó, con la ayuda de personal de intendencia del Instituto Mexicano del Petróleo, lo siguiente: el mobiliario modular (tramos de mampara, gavetas, portaplanos, restiradores y lámparas principalmente), archiveros de 3 y 5 cajones, mesas de cómputo, portaplanos verticales y horizontales, cajas archiveras de cartón, así como todos aquellos objetos que ameritaban pesarse debido a sus características especiales.

Los resultados de pesos obtenidos para objetos contemplados en el catálogo no variaron mucho; sin embargo, se ajustaron para el estado de carga específico de cada piso. Para objetos no contemplados en el catálogo se obtuvieron sus pesos promedios. De estos se pueden resaltar los planeros verticales que por su gran peso y tamaño se decidió pesar solamente uno. Su peso fue de alrededor de 300 kg y sus dimensiones (2.40 m de largo X 1.20 m de ancho X 1.50 m de altura) Por su gran volumen y peso no se consideró práctico pesar otros.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

Una vez hecho esto, se adaptó la forma de registro para los pisos de la Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración del Instituto Mexicano del Petróleo. La división de las áreas se hizo aprovechando las divisiones que coinciden con los ejes de columnas. De esta manera cada franja se dividió en dos áreas y cada una de estas en dos subáreas. El registro de estos pisos se facilitó gracias a la similitud de sus módulos.

La mayor parte del personal que labora en este edificio son hombres por lo que se consideró un peso promedio de 80 kg por persona. Esto se pudo observar debido a que en el momento de estar pesando el mobiliario la gente se acercaba y solicitaba que se le pesase. Se observó que tomar un valor de 80 kg por persona representaría adecuadamente el peso promedio.

IV.2.6 ESTIMACIÓN DE CARGAS EN EL EDIFICIO DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA DE PERFORACIÓN EN PLANTAS INDUSTRIALES DEL INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO.

Este edificio está dentro de las instalaciones del Instituto Mexicano del Petróleo, ubicado en Avenida de los Cien Metros 152. Colonia Nueva Vallejo Delegación Gustavo A. Madero, México, Distrito Federal. Presenta características similares al edificio de la Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración de ese mismo Instituto.

Dentro de las características generales podemos mencionar que presenta una planta rectangular. Si se divide la planta en su longitud mayor considerando dos franjas extremas y una franja central, se tiene que en las franjas extremas existen cubículos divididos de pared a piso. En su gran mayoría son similares entre sí, exceptuando algunos que son de tamaño menor.

En el área restante que correspondería a la franja central se encuentran algunos cubículos, algunas zonas con mobiliario modular, zonas ocupadas por escritorios y algunos libreros de madera y metálicos y grandes cubos de luz que van desde la planta baja hasta el último nivel. Estas no se consideraron como áreas cargadas.

En este edificio los escritorios, los libreros metálicos, los planeros etc. presentaron cierta variedad, sin embargo, estas diferencias no fueron obstáculo para que el mobiliario se clasificase dentro de rangos bien definidos.

Se observó el estado de carga del mobiliario, se seleccionaron los muebles que fueran representativos del estado de carga observado y se pesaron con ayuda del personal de Intendencia del Instituto Mexicano del Petróleo.

Se pesaron archiveros, escritorios, restiradores, escritorios-restirador, libreros de madera y metálicos con vidrios entre otros, así como aquellos objetos que por sus características se consideraban especiales.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

Existe una cantidad considerable de libreros de madera, en los cuales generalmente se guardan carpetas. Se vació uno de estos libreros y se obtuvo su peso vacío. Se pesó un gran número de carpetas escogidas de forma aleatoria. Estas, en general, presentaron un peso muy similar. Con esto se obtuvo un peso promedio para las carpetas de la Subdirección de Perforación y Plantas Industriales en particular.

También se encontró un número no despreciable de libreros metálicos con vidrios y que en su gran mayoría se encontraban llenos. Se pesaron algunos. Estos no presentaron una gran discrepancia entre sus pesos. Posteriormente, dichos pesos se compararon con los del catálogo para condiciones similares de carga (llenos). Se observaron resultados muy similares, lo que confirmaba la confiabilidad del formato usado para el estudio.

Cabe hacer notar que, en todos los casos se tomó el peso promedio de objetos que se consideró más pegado a las condiciones reales.

La división de áreas para el sentido longitudinal del edificio se hizo considerando el espacio entre columna y columna. Para el sentido corto se dividió en cuatro áreas iguales. Con esta división la mayoría de los cubículos localizados en las franjas extremas (del sentido longitudinal) abarcaban exactamente un área básica, lo que facilitó el registro de cargas; sin embargo, en algunos casos los cubículos abarcaban parte de un área básica y parte de otra. Esto requirió de mayor cuidado para registrar cada parte de la carga en el área correspondiente y posteriormente complementar dichas áreas básicas que habían quedado incompletas (debido a que el cubículo sólo abarcaba parte de las áreas, sin que abarcara una completa). Una vez adoptada la división de áreas básicas se elaboró la forma de registro adecuada a las condiciones de carga y mobiliario del edificio.

Se procedió al registro de las cargas estimadas para cada área básica. Posteriormente se hizo el cálculo de las intensidades de carga.

IV.2.7 ESTIMACIÓN DE CARGAS EN EL EDIFICIO DE INGENIERÍA DE LA EMPRESA INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A.

Edificio de planta baja y 10 niveles destinado a oficinas y ubicado en la calle de Río Becerra 27, Colonia Nápoles, Delegación Benito Juárez, México, Distrito Federal. Este presenta las siguientes características:

Plantas rectangulares con cubículos en su perímetro y mobiliario modular en el centro. Se encontró una uniformidad en el tipo de muebles. Todo el mobiliario es de madera: escritorios, archiveros, credenzas, libreros y mobiliario modular, excepto sillas y sillones.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

La inspección inicial fue relativamente sencilla por la uniformidad del mobiliario. Se escogieron cuatro de las diez plantas (niveles: 1,3,7 y 9) con que cuenta el edificio. La selección de la muestra de objetos por pesar no presentó dificultad debido a la uniformidad de los objetos.

La división de áreas fue un poco diferente a las que se habían realizado en los edificios antes muestreados (que coincidían con las divisiones físicas de las oficinas). En este caso las divisiones que se encontraron se podían clasificar dentro de tres tipos: cubículos grandes, cubículos chicos y mobiliario modular. Sin embargo, dado que las dimensiones de los cubículos no permitían que se pudieran tomar como un área con sus subáreas debido a que se obtendrían superficies relativamente grandes para fines del tratamiento estadístico, se optó por tomar áreas de dimensiones pequeñas de manera que en la mayoría de los casos esas pequeñas áreas quedaran completamente dentro de los diferentes cubículos. La división se realizó guiándose por los plafones del techo, utilizándolos como guías de referencia para la localización de las áreas básicas.

En este caso, para la adecuación del formato de registro referente a muebles de oficina se utilizaron los pesos medidos en el sitio. Esto se debió a que se trataba de un tipo de muebles que no se tenían considerados en el formato de registro.

El registro de las cargas fue lento en parte a la gran cantidad de áreas que se tenían, así como la dificultad de localizarlas correctamente con base sólo en los plafones de los techos. Por otro lado, algunas áreas básicas quedaban parte en un cubículo y parte fuera de este. Esto mismo sucedió con el mobiliario modular ya que las divisiones no coincidían con las áreas básicas preseleccionadas. Esto implicó tiempo y cuidado para registrar correctamente las cargas estimadas.

Finalmente, se calcularon las intensidades de carga por unidad de área.

IV.3 RESULTADOS DE LA ESTIMACION DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

A continuación se presentan las figuras que ilustran los resultados obtenidos; un croquis en planta señala la carga por unidad de área, acompañado de un gráfico de barras tridimensionales que muestran claramente la distribución de las cargas vivas en los diferentes edificios muestreados.

Las figuras corresponden a los siguientes edificios:

Edificio 2 del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México:

IV.3.1.A Instituto de Ingeniería, Coordinación de Mecánica Aplicada, primer nivel.

IV.3.1.B Instituto de Ingeniería, Coordinación de Estructuras, segundo nivel

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

Edificio de la Secretaría de Educación Pública:

- IV.3.2.A Edificio de la Secretaría de Educación Pública, Dirección General de Institutos Tecnológicos, planta baja.
- IV.3.2.B Edificio de la Secretaría de Educación Pública, Dirección General de Instituto Tecnológicos, nivel 1
- IV.3.2.C Edificio de la Secretaría de Educación Pública Dirección General de Escuelas Técnicas Agropecuarias, nivel 2

Edificio de la Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración del Instituto Mexicano del Petróleo:

- IV.3.3.A Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración, planta baja.
- IV.3.3.B Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración, nivel 1
- IV.3.3.C Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración, nivel 2

Edificio de la Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas Industriales del Instituto Mexicano del Petróleo:

- IV.3.4.A Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas Industriales, planta baja.
- IV.3.4.B Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas Industriales, nivel 1
- IV.3.4.C Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas Industriales, nivel 2

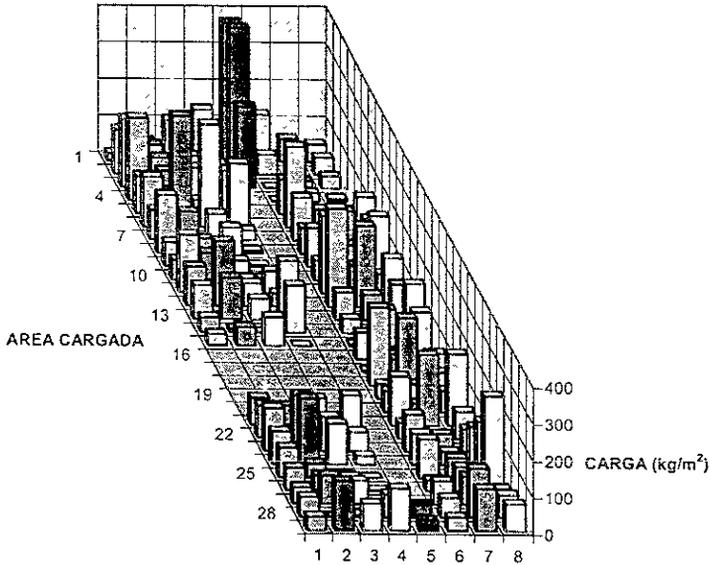
Edificio de Ingenieros Civiles Asociados:

- IV.3.5.A Ingenieros Civiles Asociados, nivel 1
- IV.3.5.B Ingenieros Civiles Asociados, nivel 3
- IV.3.5.C Ingenieros Civiles Asociados, nivel 7
- IV.3.5.D Ingenieros Civiles Asociados, nivel 9

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|---|
| 47 | 46 | 31 | 6 | 13 | 14 | 61 | 156 | 132 | 176 | 54 | 133 | 97 | 43 | 170 | 130 | 13 | 89 | 73 | 59 | 194 | 73 | 62 | 105 | 155 | 259 | 44 | 61 | 72 | 8 |
| 63 | 27 | 20 | 23 | 10 | 49 | 71 | 12 | 152 | 96 | 77 | 220 | 68 | 17 | 100 | 14 | 36 | 185 | 42 | 24 | 192 | 7 | 48 | 36 | 55 | 66 | 77 | 133 | 115 | 7 |
| 128 | 54 | 0 | 0 | 95 | 220 | 117 | 70 | 106 | 53 | 210 | 266 | 74 | 38 | 5 | 73 | 4 | 212 | 41 | 57 | 133 | 43 | 101 | 85 | 105 | 29 | 62 | 53 | 36 | 6 |
| 378 | 453 | 222 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 35 | 28 | 5 |
| 141 | 0 | 63 | 69 | 118 | 173 | 27 | 7 | 3 | 4 | 60 | 35 | 159 | 128 | 0 | | | | | | 3 | 117 | 52 | 23 | 0 | 0 | 0 | 61 | 115 | 4 |
| 111 | 40 | 86 | 89 | 36 | 279 | 70 | 14 | 106 | 51 | 39 | 61 | 55 | 0 | 78 | | | | | | 72 | 28 | 93 | 110 | 9 | 38 | 62 | 6 | 72 | 3 |
| 53 | 80 | 80 | 79 | 60 | 301 | 76 | 5 | 75 | 72 | 5 | 176 | 112 | 10 | 50 | | | | | | 50 | 10 | 152 | 178 | 37 | 41 | 77 | 0 | 133 | 2 |
| 19 | 121 | 186 | 224 | 101 | 135 | 80 | 157 | 64 | 53 | 157 | 105 | 91 | 40 | 30 | | | | | | 72 | 87 | 115 | 88 | 80 | 61 | 44 | 53 | 36 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m^2)



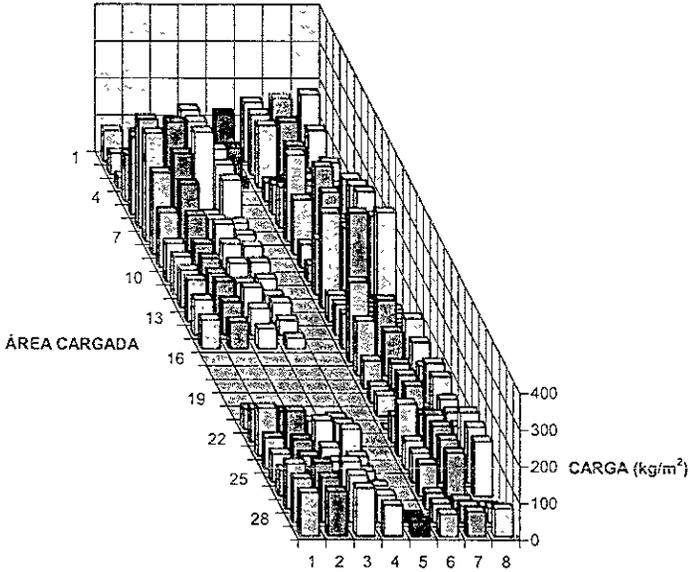
b) Gráfico representativo de cargas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.1.A Planta correspondiente al edificio del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (I I UNAM), de la Coordinación de Mecánica Aplicada (piso I)

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|---|
| 182 | 120 | 59 | 106 | 78 | 51 | 172 | 190 | 209 | 168 | 214 | 261 | 34 | 45 | 56 | 118 | 90 | 62 | 106 | 107 | 81 | 83 | 84 | 156 | 153 | 149 | 8 | 41 | 74 | 8 | | |
| 171 | 142 | 114 | 78 | 80 | 82 | 204 | 170 | 136 | 106 | 183 | 260 | 52 | 63 | 75 | 167 | 118 | 69 | 75 | 81 | 42 | 77 | 113 | 117 | 117 | 118 | 26 | 46 | 66 | 7 | | |
| 160 | 164 | 169 | 51 | 82 | 112 | 236 | 149 | 63 | 44 | 152 | 259 | 70 | 82 | 93 | 217 | 147 | 77 | 44 | 55 | 3 | 72 | 142 | 78 | 82 | 86 | 45 | 52 | 59 | 6 | | |
| 127 | 72 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 39 | 5 | | |
| 91 | 53 | 16 | 141 | 136 | 131 | 49 | 54 | 59 | 51 | 43 | 34 | 51 | 39 | 28 | | | | | | | | 31 | 52 | 73 | 35 | 31 | 26 | 65 | 75 | 85 | 4 |
| 55 | 35 | 15 | 248 | 254 | 261 | 72 | 95 | 118 | 102 | 85 | 68 | 92 | 72 | 53 | | | | | | | | 22 | 58 | 95 | 60 | 57 | 53 | 130 | 130 | 130 | 3 |
| 76 | 51 | 26 | 157 | 222 | 287 | 239 | 191 | 143 | 102 | 98 | 94 | 107 | 89 | 71 | | | | | | | | 46 | 84 | 121 | 80 | 73 | 66 | 125 | 123 | 120 | 2 |
| 83 | 56 | 30 | 126 | 211 | 296 | 295 | 223 | 151 | 102 | 102 | 102 | 112 | 94 | 76 | | | | | | | | 54 | 92 | 130 | 86 | 78 | 70 | 123 | 120 | 117 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | | | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m^2)



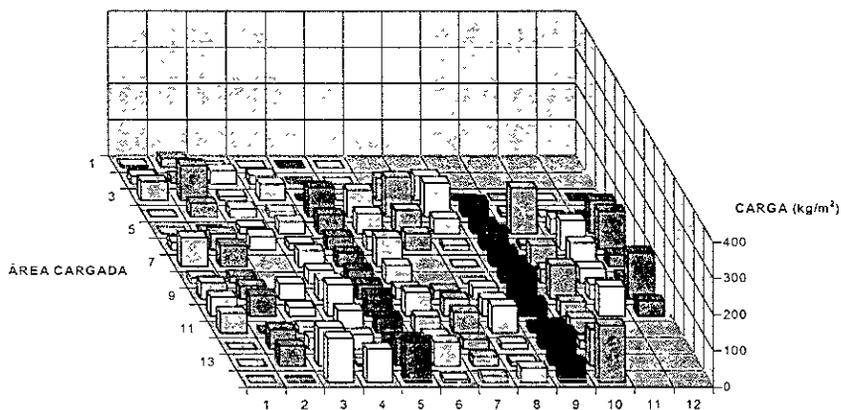
b) Gráfico representativo de cargas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.1.B Planta correspondiente al edificio del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (II UNAM), de la Coordinación de Estructuras (piso 2)

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|-----|----|-----|
| 1 | 5 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 2 | 21 | 17 | 36 | 23 | 0 | 0 | | | | | | |
| 3 | 52 | 96 | 11 | 44 | 0 | 0 | 60 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 37 | 23 | 16 | 81 | 74 | 109 | 93 | 41 | 12 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 6 | 18 | 33 | 52 | 55 | 63 | 42 | 27 | 125 | 40 | 90 |
| 6 | 21 | 46 | 38 | 19 | 37 | 37 | 46 | 12 | 53 | 14 | 82 | 107 |
| 7 | 79 | 58 | | 43 | 37 | 79 | | 0 | 44 | 58 | 65 | 32 |
| 8 | 15 | 18 | | 36 | 37 | 49 | | 0 | 58 | 38 | 41 | 18 |
| 9 | 46 | 38 | 44 | 54 | 42 | 32 | 26 | 33 | 76 | 95 | 41 | 129 |
| 10 | 53 | 58 | 23 | 87 | 59 | 65 | 48 | 47 | 38 | 39 | 81 | 41 |
| 11 | 54 | 1 | 16 | 62 | 41 | 45 | 57 | 74 | 18 | 40 | | |
| 12 | 0 | 54 | 32 | 40 | 24 | 39 | 27 | 17 | 69 | 24 | | |
| 13 | 0 | 54 | 105 | 5 | 75 | 65 | 24 | 11 | 95 | 101 | | |
| 14 | 0 | 0 | 121 | 92 | 110 | 8 | 17 | 40 | 56 | 157 | | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m^2)



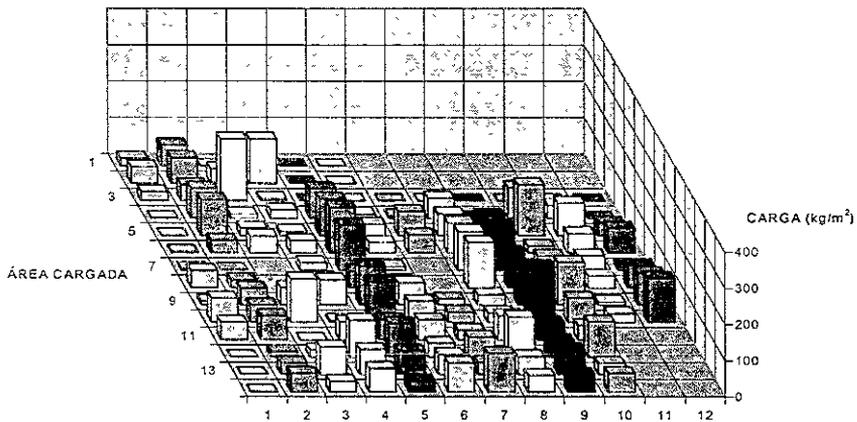
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.2.A Planta correspondiente al edificio de la Secretaría de Educación Pública (SEP), de la Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGIT), Planta Baja

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| 1 | 21 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 2 | 45 | 70 | 39 | 121 | 0 | 0 | | | | | | |
| 3 | 25 | 43 | 171 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 83 | 10 | 22 | 82 | 11 | 6 | 56 | 0 | 84 | 35 | 0 |
| 5 | 0 | 99 | 20 | 11 | 101 | 32 | 66 | 60 | 56 | 140 | 90 | 35 |
| 6 | 3 | 34 | 46 | 33 | 125 | 29 | 49 | 82 | 73 | 19 | 53 | 68 |
| 7 | 5 | 3 | | 19 | 125 | 10 | | 107 | 49 | 39 | 40 | 9 |
| 8 | 46 | 20 | | 25 | 45 | 18 | | 125 | 23 | 5 | 33 | 60 |
| 9 | 10 | 46 | 48 | 68 | 107 | 60 | 16 | 29 | 28 | 117 | 8 | 87 |
| 10 | 66 | 48 | 118 | 5 | 110 | 58 | 28 | 26 | 154 | 67 | 23 | 121 |
| 11 | 48 | 66 | 0 | 48 | 55 | 55 | 26 | 67 | 46 | 39 | | |
| 12 | 0 | 16 | 19 | 101 | 92 | 37 | 55 | 110 | 46 | 97 | | |
| 13 | 0 | 31 | 76 | 69 | 65 | 55 | 33 | 49 | 69 | 31 | | |
| 14 | 0 | 51 | 29 | 64 | 29 | 80 | 106 | 45 | 48 | 50 | | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m²)



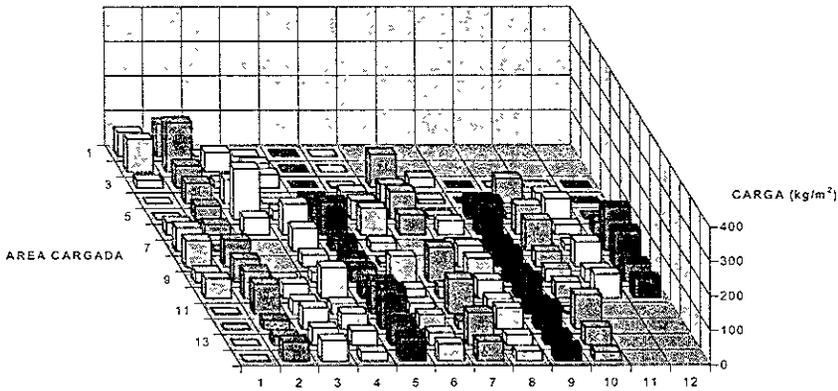
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.2.B Planta correspondiente al edificio de la Secretaría de Educación Pública (SEP), de la Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGIT), Piso 1

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | i | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|----|-----|----|-----|
| 1 | 68 | 93 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 2 | 93 | 142 | 56 | 24 | 0 | 0 | | | | | | |
| 3 | 21 | 63 | 17 | 38 | 0 | 0 | 96 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 60 | 68 | 0 | 16 | 33 | 54 | 9 | 0 | 70 | 29 | 0 |
| 5 | 0 | 39 | 146 | 24 | 39 | 53 | 79 | 8 | 58 | 17 | 39 | 5 |
| 6 | 37 | 30 | 51 | 91 | 95 | 76 | 57 | 39 | 97 | 85 | 28 | 37 |
| 7 | 68 | 0 | | 66 | 31 | 23 | | 19 | 29 | 88 | 17 | 125 |
| 8 | 76 | 76 | | 35 | 26 | 10 | | 59 | 45 | 42 | 72 | 103 |
| 9 | 30 | 67 | 11 | 29 | 40 | 74 | 100 | 67 | 37 | 37 | 37 | 53 |
| 10 | 57 | 79 | 42 | 89 | 32 | 27 | 32 | 52 | 60 | 45 | 68 | 55 |
| 11 | 0 | 87 | 39 | 30 | 95 | 31 | 101 | 42 | 36 | 3 | | |
| 12 | 0 | 27 | 64 | 46 | 116 | 42 | 24 | 61 | 69 | 100 | | |
| 13 | 0 | 27 | 50 | 41 | 68 | 37 | 95 | 29 | 31 | 51 | | |
| 14 | 0 | 57 | 60 | 26 | 68 | 49 | 57 | 26 | 40 | 26 | | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m²)



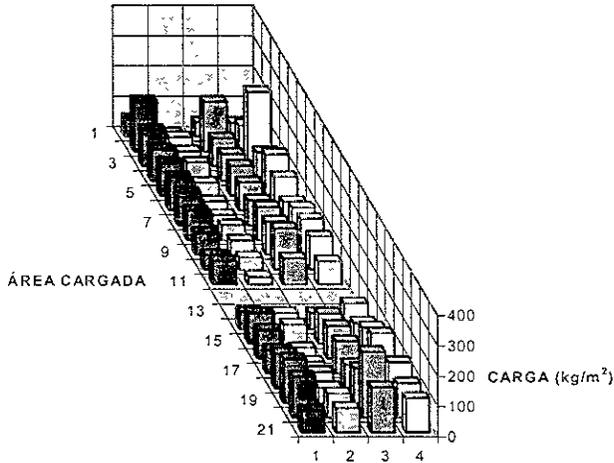
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.2.C Planta correspondiente al edificio de la Secretaría de Educación Pública (SEP), de la Dirección General de Escuelas Técnicas Agropecuarias (DGETA), Piso 2

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 58 | 167 | 120 | 104 | 108 | 111 | 108 | 97 | 71 | 48 | 77 | | | | 57 | 101 | 94 | 78 | 115 | 145 | 136 | 72 | 4 |
| 11 | 47 | 49 | 61 | 43 | 30 | 33 | 49 | 47 | 41 | 26 | | | | 53 | 64 | 36 | 38 | 54 | 51 | 80 | 81 | 3 |
| 48 | 165 | 92 | 89 | 99 | 93 | 82 | 109 | 110 | 136 | 86 | | | | 52 | 99 | 108 | 105 | 79 | 115 | 218 | 149 | 2 |
| 46 | 87 | 245 | 95 | 137 | 111 | 76 | 107 | 118 | 109 | 76 | | | | 85 | 69 | 102 | 132 | 79 | 134 | 114 | 114 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m^2)



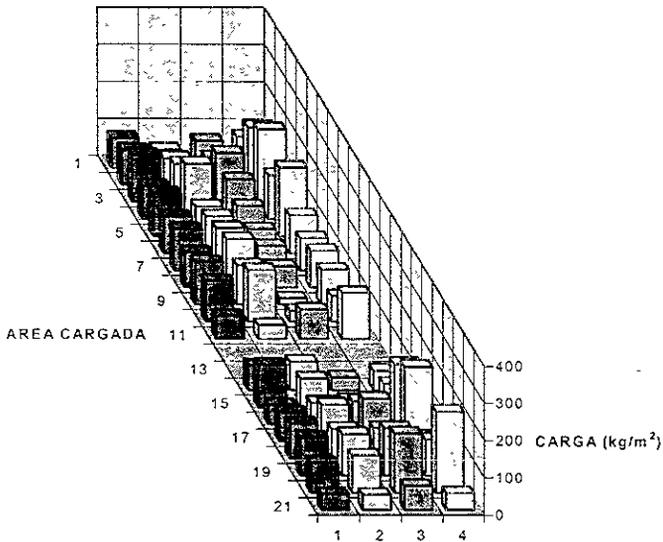
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.3.A
Planta correspondiente al edificio de la Subdirección de Ingeniería de
Proyectos y Exploración (SIPE) del Instituto Mexicano del Petróleo
(IMP), Planta Baja.

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|---|
| 83 | 154 | 195 | 118 | 184 | 102 | 87 | 100 | 94 | 69 | 123 | | | 52 | 63 | 162 | 200 | 58 | 96 | 218 | 45 | 4 |
| 72 | 72 | 131 | 106 | 81 | 65 | 66 | 57 | 17 | 29 | 79 | | | 34 | 19 | 62 | 115 | 82 | 128 | 159 | 64 | 3 |
| 48 | 71 | 102 | 148 | 80 | 99 | 114 | 130 | 106 | 139 | 37 | | | 76 | 77 | 58 | 98 | 79 | 111 | 100 | 40 | 2 |
| 79 | 92 | 126 | 88 | 115 | 99 | 112 | 95 | 115 | 110 | 61 | | | 66 | 114 | 52 | 77 | 94 | 102 | 80 | 42 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m^2)



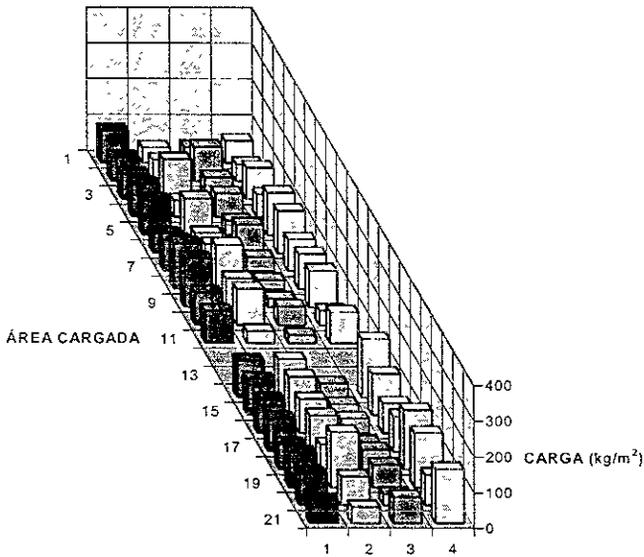
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.3.B
Planta correspondiente al edificio de la Subdirección de Ingeniería de
Proyectos y Exploración (SIPE) del Instituto Mexicano del Petróleo
(IMP), Piso 1

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|---|
| 62 | 47 | 87 | 64 | 118 | 118 | 89 | 99 | 102 | 40 | 86 | | | | 162 | 116 | 84 | 97 | 165 | 152 | 85 | 151 | 4 |
| 44 | 95 | 60 | 66 | 40 | 79 | 39 | 26 | 24 | 52 | 22 | | | | 39 | 31 | 41 | 26 | 55 | 63 | 32 | 73 | 3 |
| 43 | 59 | 110 | 46 | 102 | 55 | 74 | 123 | 80 | 100 | 33 | | | | 106 | 108 | 95 | 100 | 69 | 154 | 80 | 45 | 2 |
| 91 | 65 | 69 | 92 | 97 | 54 | 86 | 127 | 136 | 90 | 89 | | | | 102 | 101 | 94 | 91 | 70 | 97 | 88 | 65 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m²)



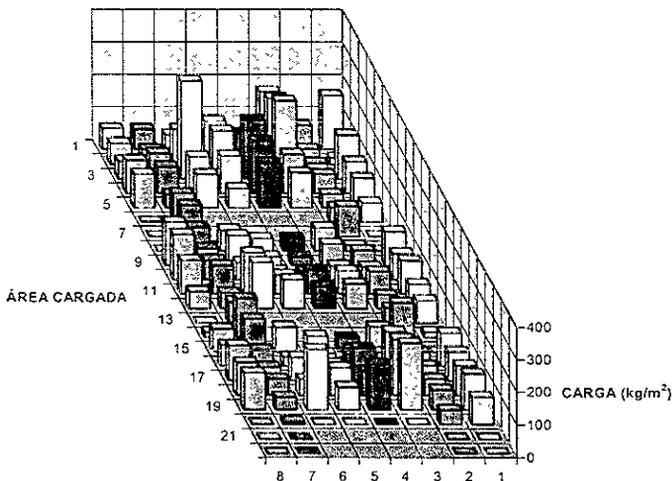
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.3.C
Planta correspondiente al edificio de la Subdirección de Ingeniería de
Proyectos y Exploración (SIPE) del Instituto Mexicano del Petróleo
(IMP), Piso 2

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|---|
| 65 | 64 | 53 | 100 | 102 | 0 | 0 | 0 | 132 | 139 | 104 | 52 | 0 | 16 | 70 | 65 | 107 | 100 | 112 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 62 | 44 | 77 | 80 | 40 | 88 | 95 | 72 | 51 | 60 | 87 | 48 | 65 | 119 | 101 | 49 | 41 | 49 | 37 | 8 | 0 | 0 | 7 |
| 46 | 106 | 300 | 111 | 101 | | | 64 | 91 | 52 | 126 | 143 | | | 75 | 29 | 71 | 49 | 185 | 0 | | | 6 |
| 18 | 132 | 147 | 114 | 58 | | | 38 | 26 | 28 | 58 | 88 | | | 48 | 40 | 52 | 83 | 68 | 0 | | | 5 |
| 23 | 95 | 179 | 160 | 136 | | | 39 | 26 | 24 | 73 | 67 | | | 43 | 50 | 99 | 74 | 139 | 0 | | | 4 |
| 177 | 201 | 238 | 118 | 106 | | | 70 | 66 | 43 | 71 | 76 | | | 77 | 42 | 152 | 172 | 203 | 0 | | | 3 |
| 74 | 46 | 48 | 57 | 41 | 45 | 92 | 17 | 45 | 40 | 69 | 41 | 47 | 106 | 29 | 44 | 45 | 50 | 61 | 43 | 0 | 0 | 2 |
| 165 | 18 | 134 | 96 | 90 | 59 | 0 | 0 | 104 | 80 | 103 | 76 | 70 | 16 | 0 | 102 | 88 | 91 | 110 | 83 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m^2)



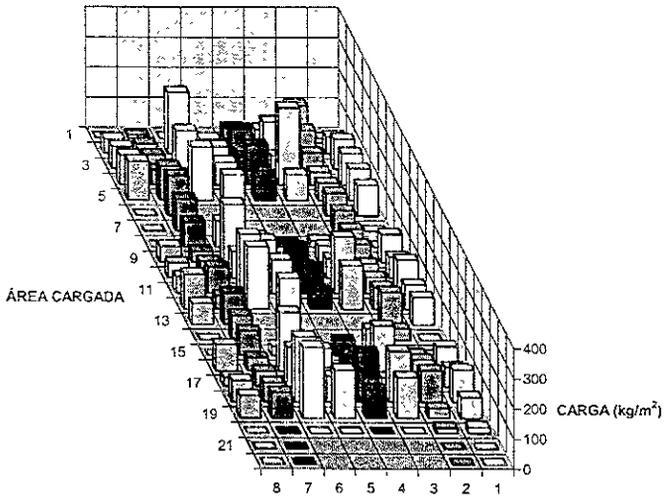
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.4.A
Planta correspondiente al edificio de la Subdirección de Ingeniería
de Perforación y Plantas Industriales (SIPPI) del
Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Planta Baja

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|---|
| 0 | 48 | 73 | 97 | 129 | 0 | 0 | 0 | 52 | 49 | 56 | 115 | 70 | 0 | 0 | 87 | 29 | 71 | 73 | 00 | 0 | 0 | 8 |
| 10 | 31 | 47 | 49 | 112 | 132 | 107 | 81 | 37 | 54 | 87 | 43 | 103 | 81 | 81 | 43 | 50 | 63 | 82 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 0 | 204 | 129 | 35 | 176 | | | 85 | 192 | 87 | 195 | 206 | | | 31 | 195 | 130 | 218 | 233 | 0 | | | 6 |
| 0 | 49 | 75 | 75 | 84 | | | 34 | 74 | 51 | 112 | 102 | | | 39 | 76 | 44 | 85 | 158 | 0 | | | 5 |
| 34 | 83 | 40 | 131 | 78 | | | 13 | 50 | 41 | 87 | 60 | | | 51 | 33 | 75 | 165 | 92 | 0 | | | 4 |
| 30 | 107 | 45 | 255 | 85 | | | 20 | 54 | 65 | 188 | 143 | | | 88 | 150 | 30 | 169 | 133 | 0 | | | 3 |
| 108 | 78 | 54 | 42 | 57 | 75 | 69 | 60 | 59 | 48 | 54 | 72 | 107 | 38 | 0 | 56 | 90 | 106 | 31 | 18 | 0 | 0 | 2 |
| 0 | 57 | 101 | 104 | 105 | 103 | 0 | 0 | 94 | 70 | 111 | 80 | 91 | 0 | 0 | 83 | 65 | 108 | 68 | 21 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m^2)



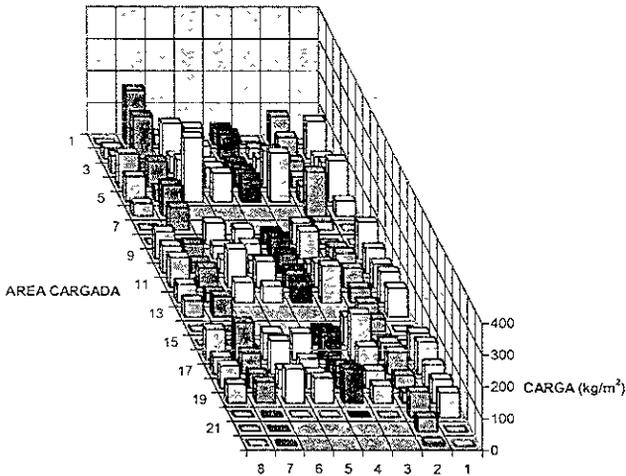
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.4.B
Planta correspondiente al edificio de la Subdirección de Ingeniería
de Perforación y Plantas Industriales (SIPPI) del
Instituto Mexicano del Petróleo
(IMP), Piso 1

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|---|
| 0 | 32 | 52 | 106 | 77 | 39 | 0 | 0 | 86 | 85 | 96 | 56 | 48 | 0 | 0 | 96 | 53 | 70 | 56 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 169 | 132 | 16 | 80 | 37 | 97 | 70 | 0 | 46 | 36 | 61 | 30 | 62 | 0 | 0 | 116 | 65 | 46 | 65 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 28 | 110 | 51 | 88 | 202 | | | 67 | 40 | 44 | 121 | 63 | | | 0 | 85 | 104 | 59 | 105 | 0 | | | 6 |
| 51 | 39 | 32 | 61 | 88 | | | 49 | 48 | 40 | 83 | 50 | | | 0 | 83 | 48 | 47 | 78 | 0 | | | 5 |
| 50 | 76 | 33 | 55 | 71 | | | 37 | 67 | 62 | 56 | 66 | | | 50 | 88 | 29 | 70 | 105 | 0 | | | 4 |
| 9 | 31 | 45 | 115 | 152 | | | 68 | 86 | 30 | 78 | 113 | | | 89 | 144 | 85 | 56 | 53 | 0 | | | 3 |
| 87 | 67 | 37 | 33 | 49 | 138 | 27 | 0 | 36 | 62 | 61 | 45 | 43 | 36 | 16 | 54 | 69 | 40 | 32 | 79 | 45 | 9 | 2 |
| 0 | 117 | 52 | 78 | 128 | 46 | 0 | 0 | 116 | 78 | 75 | 94 | 89 | 0 | 0 | 84 | 100 | 74 | 74 | 78 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | |

a) Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (kg/m²)



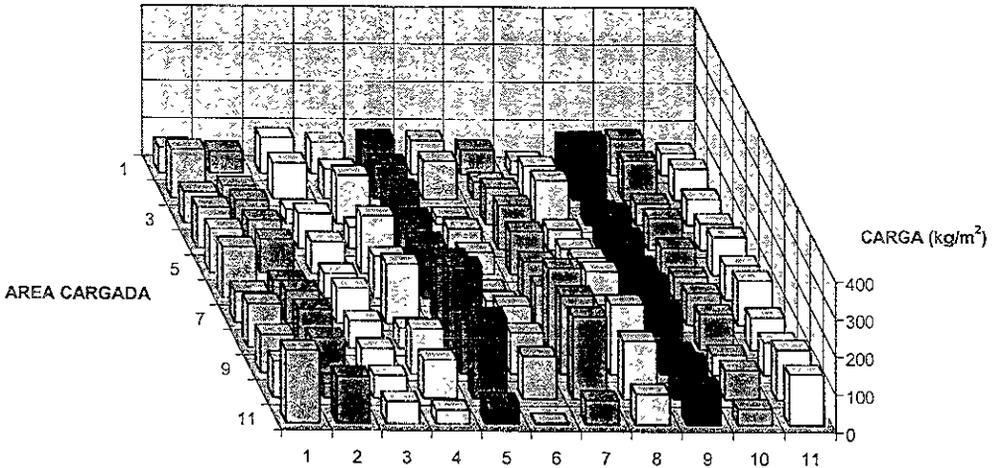
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.4.C
Planta correspondiente al edificio de la Subdirección de Ingeniería
de Perforación y Plantas Industriales (SIPPI) del
Instituto Mexicano del Petróleo
(IMP), Piso 2

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 67 | 59 | 96 | 84 | 91 | 90 | 66 | 36 | 89 | 97 | 59 |
| 2 | 129 | 32 | 94 | 79 | 92 | 101 | 47 | 90 | 156 | 104 | 84 |
| 3 | 82 | 62 | 36 | 129 | 92 | 19 | 97 | 118 | 40 | 58 | 70 |
| 4 | 108 | 74 | 93 | 57 | 81 | 54 | 117 | 55 | 100 | 85 | 72 |
| 5 | 118 | 90 | 85 | 154 | 84 | 58 | 114 | 69 | 98 | 72 | 102 |
| 6 | 135 | 46 | 66 | 112 | 58 | 25 | 101 | 110 | 91 | 62 | 92 |
| 7 | 83 | 86 | 94 | 159 | 174 | 61 | 103 | 141 | 112 | 84 | 119 |
| 8 | 116 | 103 | 73 | 55 | 220 | 114 | 216 | 119 | 107 | 95 | 86 |
| 9 | 101 | 93 | 66 | 119 | 132 | 109 | 209 | 186 | 61 | 54 | 87 |
| 10 | 98 | 37 | 60 | 103 | 216 | 113 | 219 | 155 | 99 | 79 | 133 |
| 11 | 193 | 124 | 58 | 35 | 56 | 2.5 | 63 | 81 | 100 | 43 | 134 |

(a)
Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (Kg/m²)



(b)
Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.5.A Planta correspondiente al edificio
Ingenieros Civiles Asociados (ICA), piso 1

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 24 | 13 | 58 | 49 | 57 | 79 | 60 | 25 | 33 | 24 | 40 |
| 2 | 116 | 21 | 68 | 40 | 74 | 96 | 78 | 49 | 35 | 41 | 76 |
| 3 | 66 | 27 | 32 | 58 | 32 | 28 | 29 | 29 | 33 | 26 | 53 |
| 4 | 79 | 43 | 129 | 136 | 138 | 123 | 89 | 141 | 110 | 100 | 66 |
| 5 | 79 | 41 | 44 | 54 | 25 | 17 | 42 | 56 | 48 | 42 | 85 |
| 6 | 73 | 30 | 118 | 224 | 115 | 114 | 163 | 167 | 109 | 115 | 50 |
| 7 | 108 | 33 | 48 | 54 | 48 | 44 | 36 | 51 | 51 | 32 | 59 |
| 8 | 84 | 31 | 95 | 103 | 107 | 78 | 110 | 107 | 100 | 109 | 126 |
| 9 | 95 | 31 | 32 | 27 | 52 | 22 | 21 | 44 | 36 | 47 | 93 |
| 10 | 20 | 22 | 90 | 136 | 87 | 67 | 103 | 76 | 97 | 94 | 76 |
| 11 | 13 | 97 | 71 | 36 | 97 | 19 | 98 | 98 | 64 | 25 | 59 |

(a)
Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (Kg/m²)

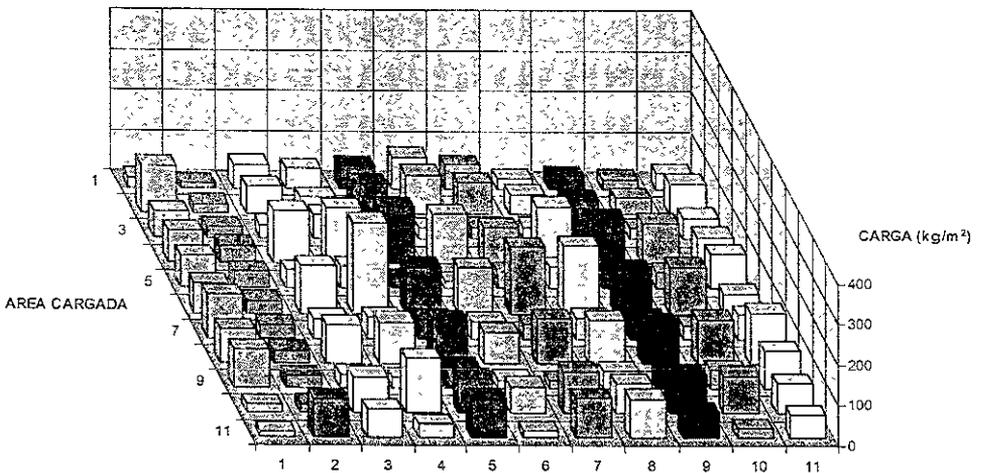


Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

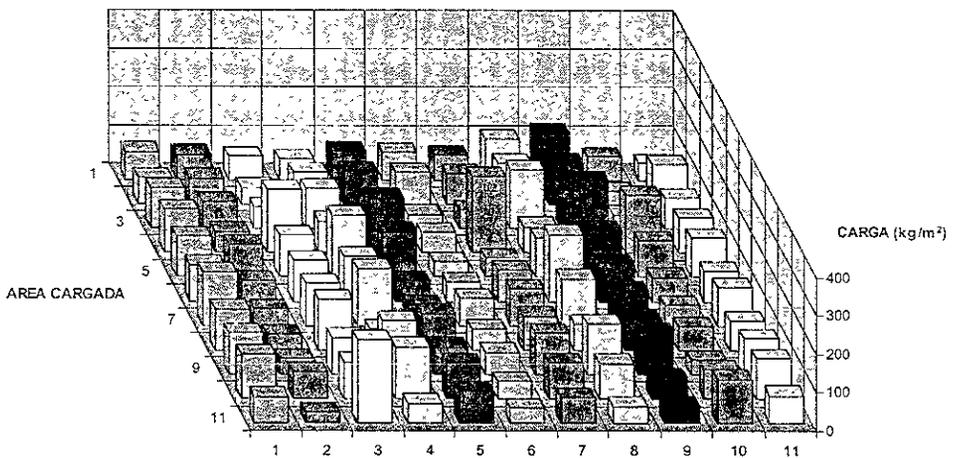
Figura IV.3.5.B Planta correspondiente al edificio de Ingenieros Civiles Asociados (ICA), piso 3

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 74 | 67 | 63 | 55 | 76 | 73 | 66 | 109 | 123 | 62 | 44 |
| 2 | 68 | 67 | 43 | 85 | 86 | 83 | 80 | 107 | 110 | 35 | 106 |
| 3 | 105 | 69 | 57 | 105 | 38 | 36 | 48 | 154 | 57 | 37 | 80 |
| 4 | 112 | 55 | 165 | 82 | 142 | 54 | 200 | 69 | 190 | 151 | 92 |
| 5 | 107 | 86 | 109 | 162 | 119 | 40 | 49 | 103 | 123 | 96 | 104 |
| 6 | 95 | 54 | 108 | 117 | 54 | 52 | 81 | 175 | 101 | 63 | 78 |
| 7 | 138 | 43 | 111 | 149 | 55 | 73 | 97 | 123 | 94 | 54 | 101 |
| 8 | 106 | 42 | 132 | 55 | 96 | 55 | 89 | 69 | 83 | 63 | 77 |
| 9 | 107 | 42 | 97 | 141 | 71 | 57 | 109 | 132 | 110 | 37 | 96 |
| 10 | 115 | 71 | 97 | 136 | 95 | 45 | 94 | 94 | 57 | 77 | 104 |
| 11 | 69 | 28 | 219 | 52 | 85 | 39 | 67 | 44 | 45 | 115 | 72 |

(a)

Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (Kg/m²)



(b)

Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

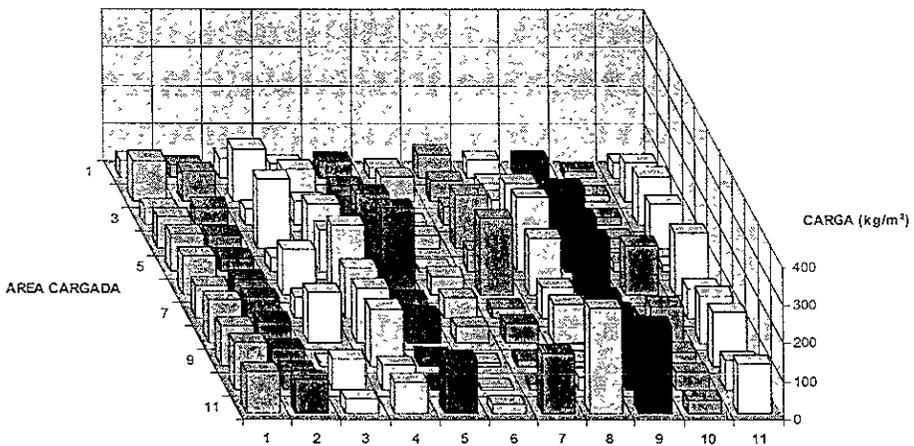
Figura IV.3.5.C Planta correspondiente al edificio de Ingenieros Civiles Asociados (ICA), piso 7

CAPÍTULO IV
ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 44 | 34 | 52 | 37 | 44 | 26 | 62 | 47 | 46 | 16 | 40 |
| 2 | 107 | 78 | 137 | 86 | 40 | 65 | 54 | 48 | 37 | 16 | 102 |
| 3 | 45 | 46 | 41 | 62 | 49 | 64 | 47 | 66 | 12 | 20 | 128 |
| 4 | 81 | 33 | 181 | 117 | 144 | 35 | 142 | 171 | 156 | 29 | 117 |
| 5 | 100 | 36 | 38 | 108 | 89 | 11 | 59 | 195 | 140 | 26 | 16 |
| 6 | 104 | 42 | 121 | 185 | 230 | 50 | 201 | 150 | 150 | 132 | 163 |
| 7 | 86 | 56 | 55 | 134 | 53 | 55 | 28 | 82 | 59 | 11 | 81 |
| 8 | 109 | 54 | 130 | 143 | 72 | 41 | 50 | 99 | 83 | 95 | 122 |
| 9 | 104 | 46 | 78 | 150 | 26 | 93 | 17 | 14 | 44 | 37 | 141 |
| 10 | 121 | 48 | 80 | 62 | 19 | 46 | 17 | 34 | 71 | 47 | 77 |
| 11 | 108 | 87 | 38 | 80 | 143 | 23 | 154 | 274 | 229 | 35 | 128 |

(a)

Planta esquemática de cargas vivas instantáneas (Kg/m²)



(b)

Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.5.D Planta correspondiente al edificio de Ingenieros Civiles Asociados (ICA), piso 9

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y
PRESENTACIÓN DE LOS
RESULTADOS OBTENIDOS

CAPÍTULO V

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

V.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En este capítulo se describe la forma metodológica en que se obtuvieron los resultados de la estimación de valores estadísticos.

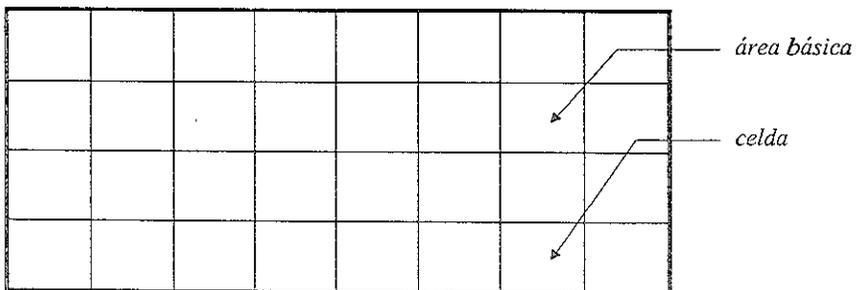
V.1.1 METODOLOGÍA

Con los pesos obtenidos para cada área en que se dividieron las diferentes plantas de los edificios evaluados y dividiendo esos pesos entre su área actuante, para tener su carga en kg/m^2 , se procedió a usar las ecuaciones del capítulo II para la obtención de la media (μ), la desviación estándar (σ), la varianza (σ^2), el coeficiente de variación (CV), el coeficiente de asimetría (γ) y algunos histogramas de cargas para cada uno de los edificios.

Para la obtención de lo anterior, la metodología empleada fue la siguiente:

- 1) Se tomó como *área básica*, cada una de las áreas contenidas en las celdas en que se dividió la planta en estudio al momento de hacer el levantamiento, en todos los casos estas *áreas* fueron menores a 20 m^2 .

Por ejemplo: si el siguiente croquis fuera la planta de un edificio y si a cada uno de los cuadros pequeños (celdas) le corresponde una *área básica*, para este caso tenemos.



CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

2) De éstas *áreas básicas* se sumaron los valores de la carga en (kg/m^2) que actúa en cada una de ellas y esta suma se dividió entre la cantidad total de *áreas*, para calcular la media, la varianza, la desviación estándar, el coeficiente de variación y el coeficiente de asimetría.

Por ejemplo, si en la planta anterior se tuvieran los siguientes datos de carga en (kg/m^2) para cada una de las *áreas básicas* de las celdas.

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | 37 | 48 | 89 | 45 | 65 | 20 | 19 |
| 34 | 27 | 76 | 35 | 18 | 30 | 8 | 55 |
| 77 | 49 | 82 | 17 | 33 | 30 | 29 | 44 |
| 12 | 19 | 77 | 23 | 46 | 55 | 12 | 86 |

Tomando 32 celdas con una *área básica* cada una, se tendría:

$$n = 32$$

$$n-1 = 32-1 = 31$$

$$n-2 = 32-2 = 30$$

$$\sum x_i = 25+37+48+89+45+65+20+19+34+27+76+35+18+30+8+55+77+49+82+17+33+30+29+44+12+19+77+23+46+55+12+86$$

$$\sum x_i = 1322$$

$$\text{Media muestral } (\mu) = 1322/32 = 41.3125 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \sum (x_i - \mu)^2 = & (25-41.3125)^2 + (37-41.3125)^2 + (48-41.3125)^2 + (89-41.3125)^2 + (45-41.3125)^2 + \\ & (65-41.3125)^2 + (20-41.3125)^2 + (19-41.3125)^2 + (34-41.3125)^2 + (27-41.3125)^2 + \\ & (76-41.3125)^2 + (35-41.3125)^2 + (18-41.3125)^2 + (30-41.3125)^2 + (8-41.3125)^2 + \\ & (55-41.3125)^2 + (77-41.3125)^2 + (49-41.3125)^2 + (82-41.3125)^2 + (17-41.3125)^2 + \\ & (33-41.3125)^2 + (33-41.3125)^2 + (30-41.3125)^2 + (29-41.3125)^2 + (44-41.3125)^2 + \\ & (12-41.3125)^2 + (19-41.3125)^2 + (77-41.3125)^2 + (23-41.3125)^2 + (46-41.3125)^2 + \\ & (55-41.3125)^2 + (12-41.3125)^2 + (86-41.3125)^2 \end{aligned}$$

$$\sum (x_i - \mu)^2 = 17,566.875$$

CAPÍTULO V
 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
 DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Varianza (σ^2) = $17,566.875/31 = 566.67338 \text{ (kg/m}^2\text{)}^2$

Desviación estándar (σ) = $\sqrt{566.67338} = 23.8049 \text{ (kg/m}^2\text{)}$

Coefficiente de variación (CV) = $23.8049/41.3125 = 0.5762 = 57.62 \%$

Coefficiente de asimetría (γ) = 0.640947

3) Se continuó de igual manera con el procedimiento, tomando celdas con conjuntos de dos, tres, cuatro, seis, ocho, nueve, doce, etc... *áreas básicas* y para cada uno de esos conjuntos se determinaron sus valores correspondientes a la media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación y coeficiente de asimetría.

Para nuestro ejemplo, tomando ahora 16 celdas con dos áreas básicas cada una:

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | 37 | 48 | 89 | 45 | 65 | 20 | 19 |
| 34 | 27 | 76 | 35 | 18 | 30 | 8 | 55 |
| 77 | 49 | 82 | 17 | 33 | 30 | 29 | 44 |
| 12 | 19 | 77 | 23 | 46 | 55 | 12 | 86 |

se tiene:

$n = 16$

$n-1 = 16-1 = 15$

$n-2 = 16-2 = 14$

$$\begin{aligned} \sum x_i = & [(25+34)/2] + [(37+27)/2] + [(48+76)/2] + [(89+35)/2] + [(45+18)/2] + [(65+30)/2] + [(20+8)/2] \\ & + [(19+55)/2] + [(77+12)/2] + [(49+19)/2] + [(82+77)/2] + [(17+23)/2] + [(33+46)/2] + \\ & [(30+55)/2] + [(29+12)/2] + [(44+86)/2] \end{aligned}$$

$\sum x_i = 661$

Y el valor de la media, que debe ser igual que la que se obtuvo en celdas con una *área básica* cada una, será:

Media muestral (μ) = $661 / 16 = 41.3125 \text{ kg/m}^2$

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Nótese que la suma de dos *áreas básicas* se dividió entre 2 debido a que al sumarlas se estaba considerando una área doble, o sea, si se tiene una carga de 25 kg/m² en una *área básica* y se le suma 34 kg/m² de otra *área básica*, se tienen 25+34 = 79 kg actuando en 2 *áreas*, de ahí que se divida entre 2, para finalmente tener 79/2 =39.5 kg/m². De manera análoga, para tres *áreas básicas* se dividirá entre 3, para cuatro *áreas básicas* se dividirá entre 4, etc.

$$\begin{aligned} \sum(x_i - \mu)^2 = & (29.5 - 41.3125)^2 + (32 - 41.3125)^2 + (62 - 41.3125)^2 + (62 - 41.3125)^2 + (31.5 - 41.3125)^2 + \\ & (47.5 - 41.3125)^2 + (14 - 41.3125)^2 + (37 - 1.3125)^2 + (44.5 - 1.3125)^2 + (34 - 41.3125)^2 + \\ & (79.5 - 41.3125)^2 + (20 - 41.3125)^2 + (39.5 - 41.3125)^2 + (42.5 - 41.3125)^2 + \\ & (20.5 - 41.3125)^2 + (65 - 41.3125)^2 \end{aligned}$$

$$\sum(x_i - \mu)^2 = 4956.4375$$

Sustituyendo las cantidades anteriores en las ecuaciones II.2, II.3, II.5 y II.6, se obtiene:

$$\text{Varianza } (\sigma^2) = 4956.4375/15 = 330.4291 \text{ (kg/m}^2\text{)}^2$$

$$\text{Desviación estándar } (\sigma) = \sqrt{330.4291} = 18.1777 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$\text{Coeficiente de variación (CV)} = 18.1777/41.3125 = 0.44000 = 44 \%$$

$$\text{Coeficiente de asimetría } (\gamma) = 0.55825235$$

Ahora, tomando ocho celdas con cuatro *áreas básicas* cada una:

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | 37 | 48 | 89 | 45 | 65 | 20 | 19 |
| 34 | 27 | 76 | 35 | 18 | 30 | 8 | 55 |
| 77 | 49 | 82 | 17 | 33 | 30 | 29 | 44 |
| 12 | 19 | 77 | 23 | 46 | 55 | 12 | 86 |

se tiene:

$$n = 8$$

$$n-1 = 8-1 = 7$$

$$n-2 = 8-2 = 6$$

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

$$\Sigma x_i = [(25+34+37+27)/4] + [(48+76+89+35)/4] + [(45+18+65+30)/4] + [(20+8+19+55)/4] + [(77+12+49+19)/4] + [(82+77+17+23)/4] + [(33+46+30+55)/4] + [(29+12+44+86)/4]$$

$$\Sigma x_i = 330.5$$

$$\text{Media muestral } (\mu) = 330.5 / 8 = 41.3125 \text{ kg/m}^2$$

Utilizando las formulas con los datos anteriores, se obtiene:

$$\text{Varianza } (\sigma^2) = 870.4682/7 = 124.3526 \text{ (kg/m}^2\text{)}^2$$

$$\text{Desviación estándar } (\sigma) = \sqrt{124.3526} = 11.15135 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$\text{Coeficiente de variación (CV)} = 11.1513/41.3125 = 0.26992 = 26.99 \%$$

$$\text{Coeficiente de asimetría } (\gamma) = 0.59208339$$

Ahora, tomando cuatro celdas con ocho áreas básicas cada una:

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | 37 | 48 | 89 | 45 | 65 | 20 | 19 |
| 34 | 27 | 76 | 35 | 18 | 30 | 8 | 55 |
| 77 | 49 | 82 | 17 | 33 | 30 | 29 | 44 |
| 12 | 19 | 77 | 23 | 46 | 55 | 12 | 86 |

se tiene:

$$n = 4$$

$$n-1 = 4-1 = 3$$

$$n-2 = 4-2 = 2$$

$$\Sigma x_i = [(25+34+77+12+37+27+49+19)/8] + [(48+76+82+77+89+35+17+23)/8] + [(45+18+33+46+65+30+30+55)/8] + [(20+8+29+12+19+55+44+86)/8]$$

$$\Sigma x_i = 165.25$$

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Media muestral (μ) = $165.25 / 4 = 41.3125 \text{ kg/m}^2$

Aplicando una vez más las ecuaciones del capítulo II, se obtiene:

Varianza (σ^2) = $304.7031/3 = 101.567708 \text{ (kg/m}^2\text{)}^2$

Desviación estándar (σ) = $\sqrt{101.567708} = 10.07808 \text{ (kg/m}^2\text{)}$

Coefficiente de variación (CV) = $10.07808/41.3125 = 0.24394 = 24.39 \%$

Coefficiente de asimetría (γ) = 1.60489364

Ahora, tomando dos celdas de 16 áreas básicas cada una:

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | 37 | 48 | 89 | 45 | 65 | 20 | 19 |
| 34 | 27 | 76 | 35 | 18 | 30 | 8 | 55 |
| 77 | 49 | 82 | 17 | 33 | 30 | 29 | 44 |
| 12 | 19 | 77 | 23 | 46 | 55 | 12 | 86 |

se tiene:

$n = 2$

$n-1 = 2-1 = 1$

$n-2 = 2-2 = 0$

$\sum x_i = [(25+34+77+12+37+27+49+19+48+76+82+77+89+35+17+23)/16] + [(45+18+33+46+65+30+30+55+20+8+29+12+19 +55+44+86)/16]$

$\sum x_i = 82.625$

Media muestral (μ) = $82.625 / 2 = 41.3125 \text{ kg/m}^2$

Haciendo uso una vez más de las ecuaciones indicadas, se obtiene:

Varianza (σ^2) = $34.03125/1 = 34.03125 \text{ (kg/m}^2\text{)}^2$

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Desviación Estándar (σ) = $\sqrt{34.03125} = 5.83363094$ (kg/m²)

Coefficiente de Variación (CV) = $5.83363/41.3125 = 0.14120 = 14.12\%$

Coefficiente de Asimetría (γ) = indefinido

- 4) Ya contando con todo ese conjunto de datos de una determinada área y sus correspondientes valores de la media (los cuales no variaron al ir tomando diferentes áreas), varianza, desviación estándar, coeficiente de variación y coeficiente de asimetría, se hizo su gráfica correspondiente.

En el caso del ejemplo, lo anterior se sintetiza en la tabla V.1 *Número de áreas básicas contra los resultados de parámetros estadísticos*:

| Número de áreas básicas | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 |
|--|----------|----------|----------|----------|---------|
| Área (m ²) | 1.0000 | 2.0000 | 4.0000 | 8.0000 | 16.0000 |
| 1/A (1/m ²) | 1.0000 | 0.5000 | 0.2500 | 0.1250 | 0.0625 |
| Media (kg/m ²) | 41.3125 | 41.3125 | 41.3125 | 41.3125 | 41.3125 |
| Varianza (kg/m ²) ² | 566.6733 | 330.4291 | 124.3526 | 101.5677 | 34.0312 |
| Desviación estándar (kg/m ²) | 23.8049 | 18.1777 | 11.1513 | 10.0780 | 5.8336 |
| Coefficiente de variación | 0.5762 | 0.4400 | 0.2699 | 0.2439 | 0.1412 |
| Coefficiente de asimetría | 0.6409 | 0.5582 | 0.5920 | 1.6048 | *** |

Tabla V.1
Número de áreas básicas contra los resultados de parámetros estadísticos

- 5) Con los valores de la tabla V.1 se puede elaborar una gráfica como la que se muestra en la figura V.1. *Valores de la varianza contra el inverso del área en estudio*. En esta se presentan los valores de la varianza en el eje de las ordenadas contra los valores del inverso del área en el eje de las abscisas. La serie de puntos dispersos en la gráfica se ajustan, mediante una regresión lineal (figura V.2), como sigue:

$$\text{Varianza} = m (1/A) + b$$

donde: m= es la pendiente de la recta.

1/A= es el inverso del área

b= es el valor de la ordenada al origen

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

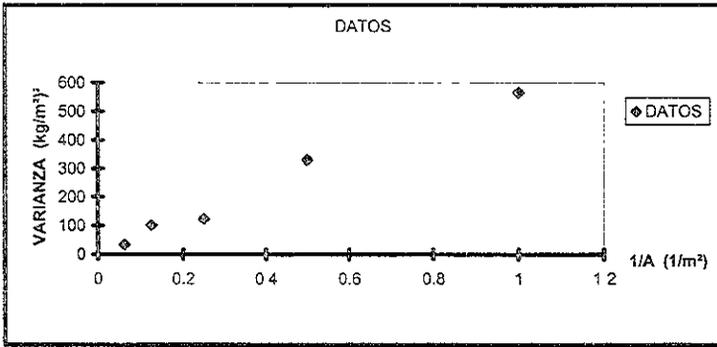


Figura V.1 Valores de la varianza contra el inverso del área en estudio (puntos dispersos)

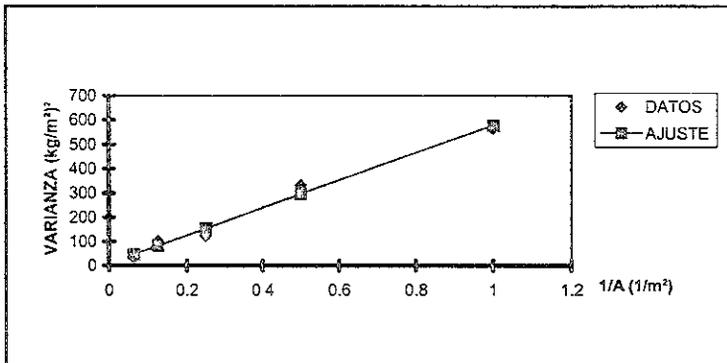


Figura V.2 Valores de la varianza contra el inverso del área en estudio (puntos con ajuste por regresión lineal)

- 6) También es posible elaborar otro tipo de gráfica como la de la figura V.2. En esta se muestra el coeficiente de variación en el eje de las ordenadas contra el valor del área tributaria en (m²) en el eje de las abscisas. Esta gráfica contendrá una serie de puntos dispersos a los cuales se les puede ajustar una curva, por ejemplo logarítmica. (Figura V.3 *Ajuste de puntos dispersos mediante una curva logarítmica*).

CAPÍTULO V
 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
 DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

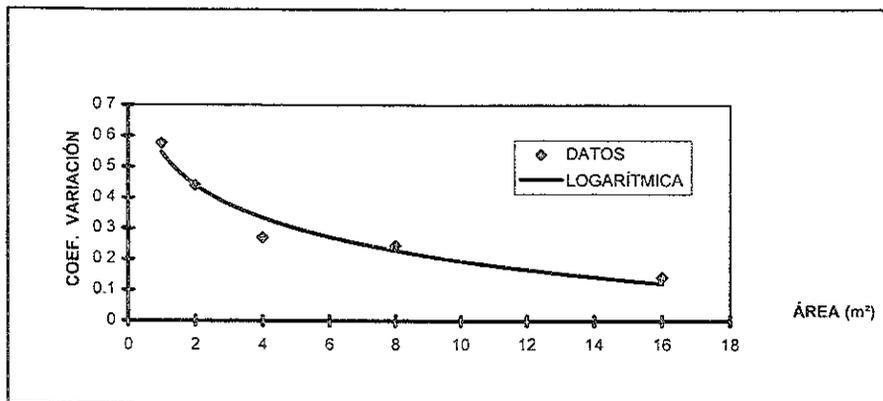


Figura V.3 Ajuste de puntos dispersos mediante una curva logarítmica

7) Por otro lado, con los datos del muestreo es posible realizar un *histograma de carga* como el de la figura V.4 *Rango de cargas contra frecuencia de las mismas*, asociado a cierta área, para cada carga actuante en los edificios. Para hacer la figura V.4 se toman todos los datos de carga de las *áreas básicas* agrupándolos en rangos de carga y sacando la frecuencia de los mismos. A dicho *histograma de carga* se puede ajustar una función de distribución de probabilidades gamma, que es la que se supone en el modelo de simulación.

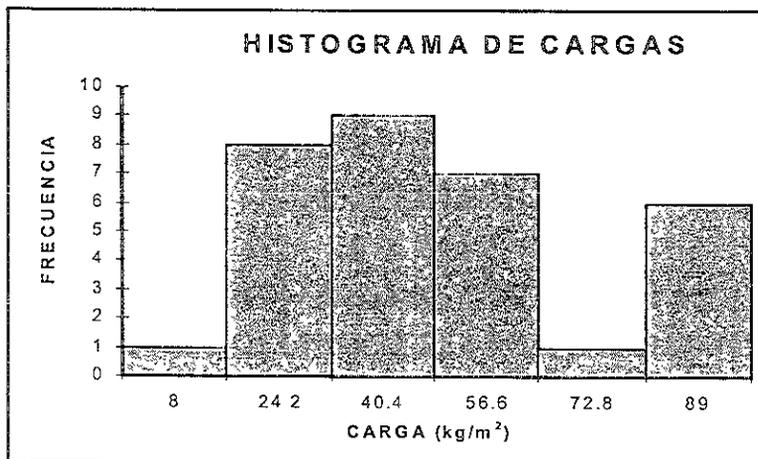


Figura V.4 Rango de cargas contra frecuencia de las mismas

CAPÍTULO V
 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
 DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

V.1.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La metodología descrita en la sección V.1.1 se siguió para cada uno de los edificios en que se hicieron los muestreos, obteniéndose los siguientes resultados:

V.1.2.1 Resultados del análisis de cada uno de los cinco edificios estudiados

En la figura V.5 *Incertidumbre de las cargas en función del área* se presentan gráficos del coeficiente de variación contra el área y de la varianza contra el inverso del área para cada uno de los cinco edificios analizados.

Figura V.5 Incertidumbre de las cargas en función del área

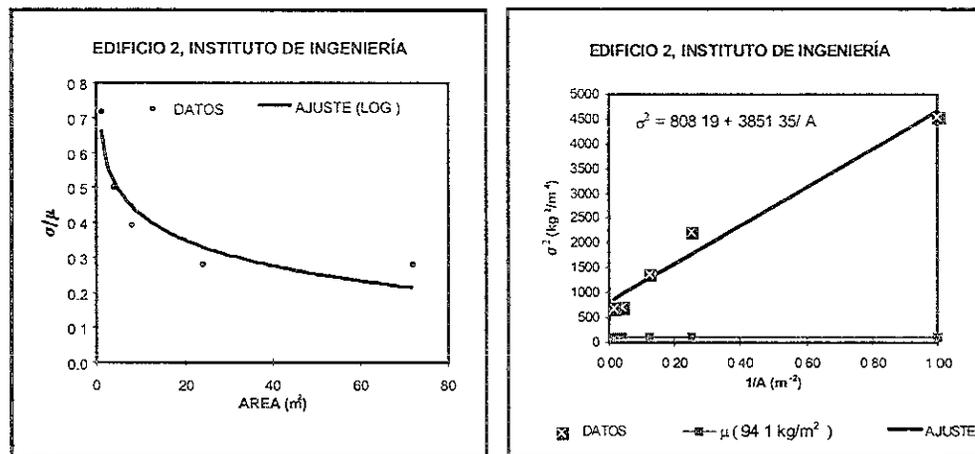


Figura V.5.A Edificio 2, Instituto de Ingeniería
 Universidad Nacional Autónoma de México

En las páginas siguientes se continúa con la presentación de las figuras V.5.B. V.5.C. V.5.D y V.5.E. similares a las anteriores y que corresponden a los demás edificios estudiados.

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

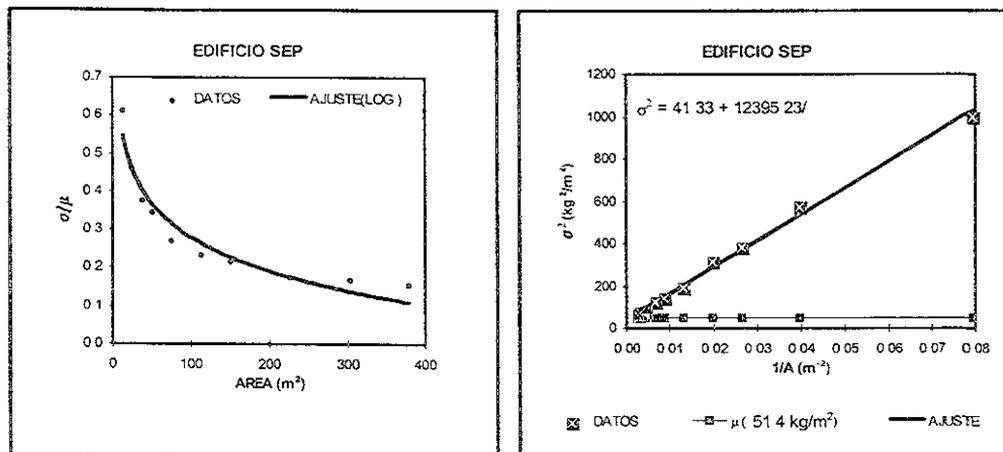


Figura V.5.B Edificio Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGIT) y Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias (DGETA) Secretaría de Educación Pública (S.E.P.)

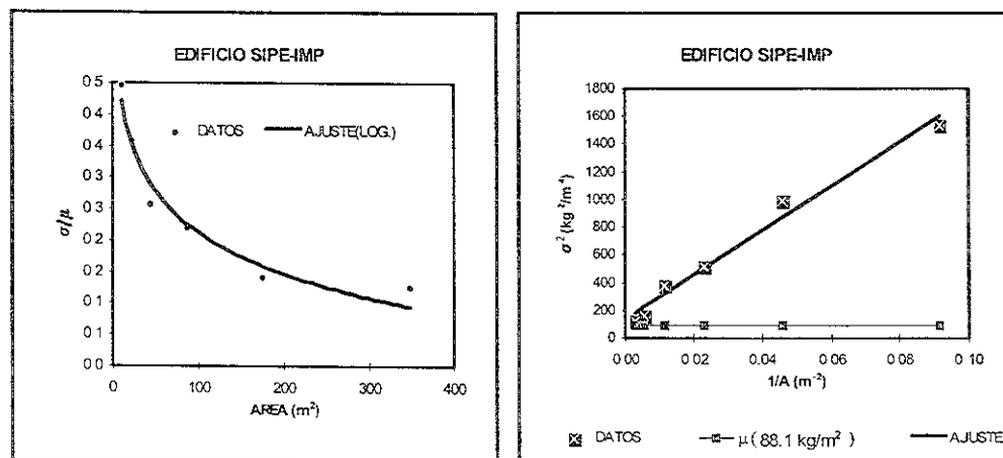
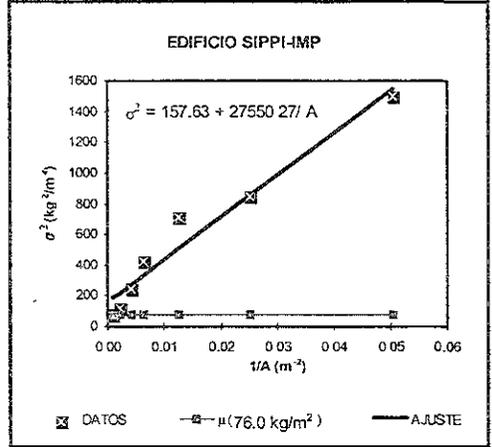
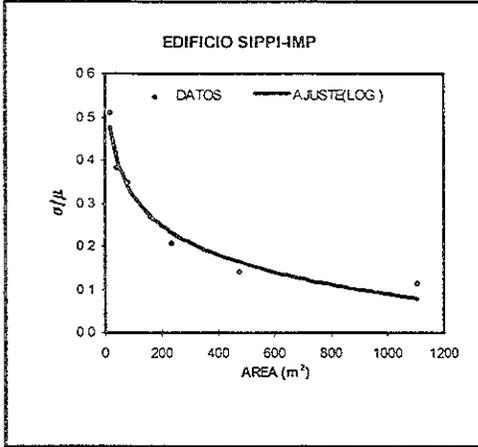


Figura V.5.C Edificio Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración (SIPE) Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS



**Figura V.5.D Edificio Subdirección de Ingeniería de Perforación
y Plantas Industriales (SIPPI)
Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)**

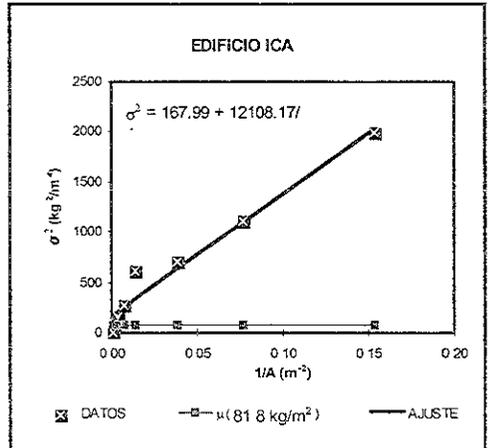
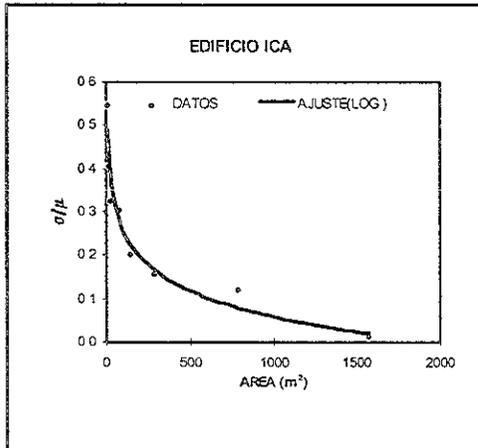


Figura V.5.E Edificio Ingenieros Civiles Asociados (ICA-Ingeniería)

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

V.1.2.2 Resumen de resultado de los cinco edificios analizados

Una vez realizado un análisis independiente para cada uno de los edificios en que se llevaron a cabo los muestreos, es necesario realizar un análisis que considere a todos los edificios. Esto se consigue realizando los ajustes (a una curva logarítmica para el caso del coeficiente de variación y a una recta para el caso de la varianza) que consideren todos los puntos de todos los edificios.

El resultado de lo anterior se muestra en la figura siguiente.

**Figura V.6 Incertidumbre de las cargas en función del área en estudio,
resultado de los cinco edificios analizados**

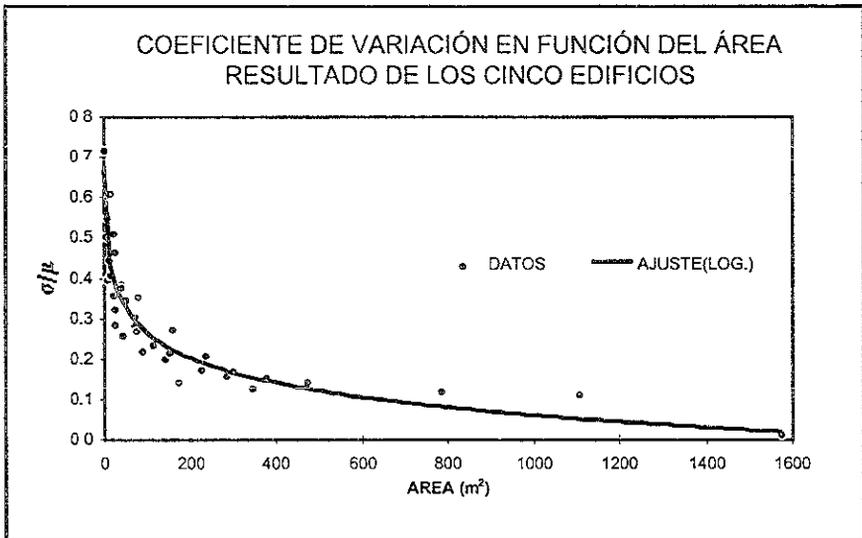


Figura V.6.A Coeficiente de variación en función del área

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

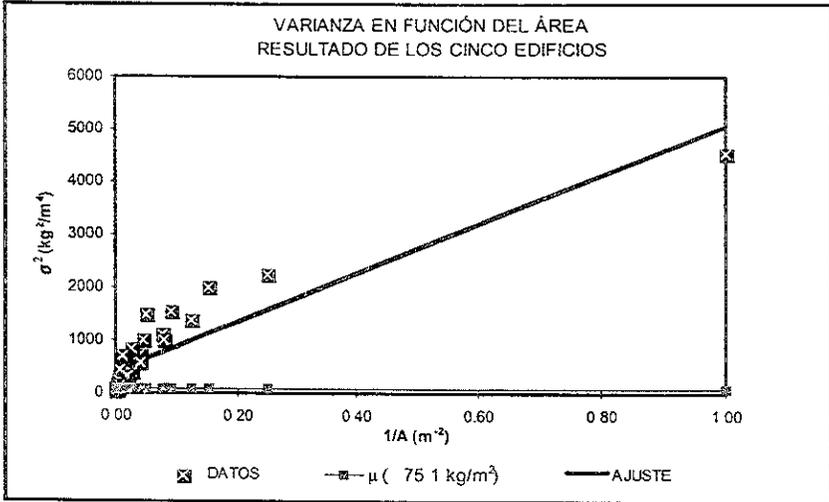


Figura V.6.B Varianza en función del área

V.1.2.3 Histogramas de cargas sostenidas y funciones de distribución de probabilidades gamma ajustadas

En el modelo de simulación de Montecarlo se supone que la magnitud de las cargas sostenidas sigue una función de distribución de probabilidades tipo gamma. Dado que en este trabajo se emplea posteriormente dicho modelo, es importante corroborar en lo posible las hipótesis que lo sustentan.

Debido a que se tiene información de las cargas sostenidas derivadas del sondeo es posible realizar histogramas de las cargas sostenidas y ajustar una función de distribución gamma. Esto se aprecia en la figura V.7 *Histogramas de cargas vivas sostenidas y funciones de distribución de probabilidades gamma ajustadas (fdp gamma)*.

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Figura V.7 Histogramas de cargas vivas sostenidas y funciones de distribución de probabilidades gamma ajustadas (fdp gamma)

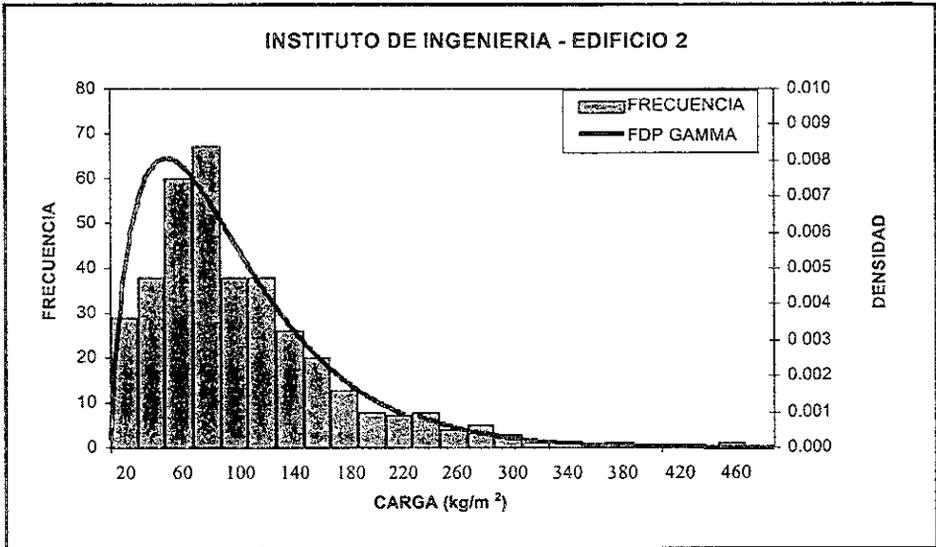


Figura V.7.A Edificio 2 del Instituto de Ingeniería, UNAM

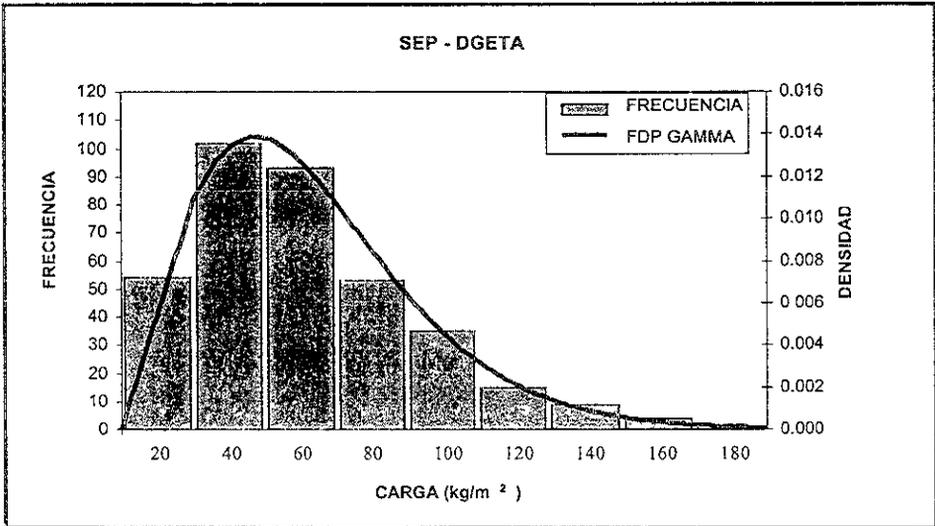


Figura V.7.B Edificio Secretaría de Educación Pública (SEP)

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

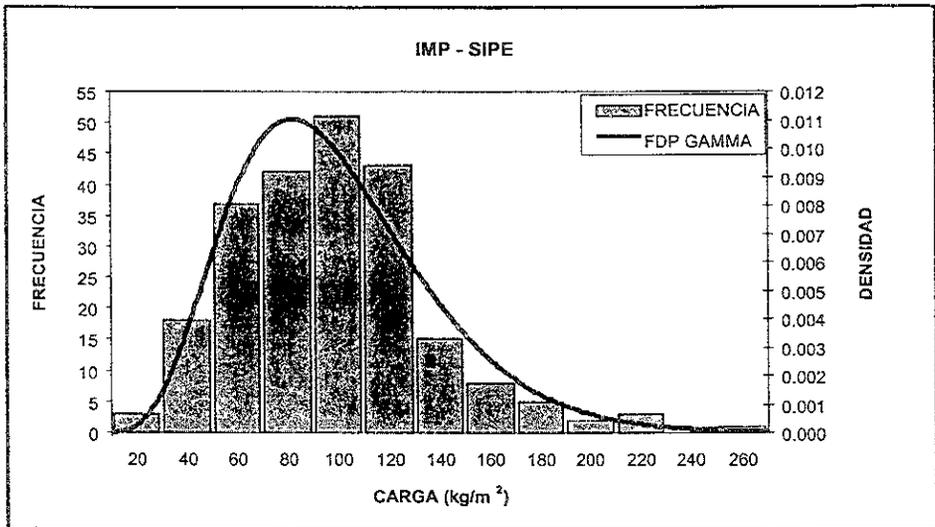


Fig. V.7.C Edificio Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración (SIPE)
Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)

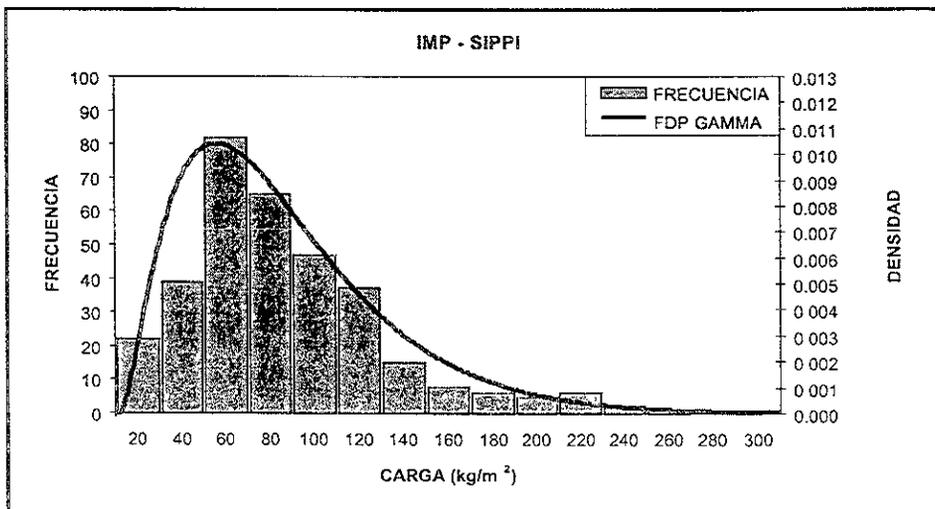


Figura V.7.D Edificio Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas
Industriales (SIPPI)
Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

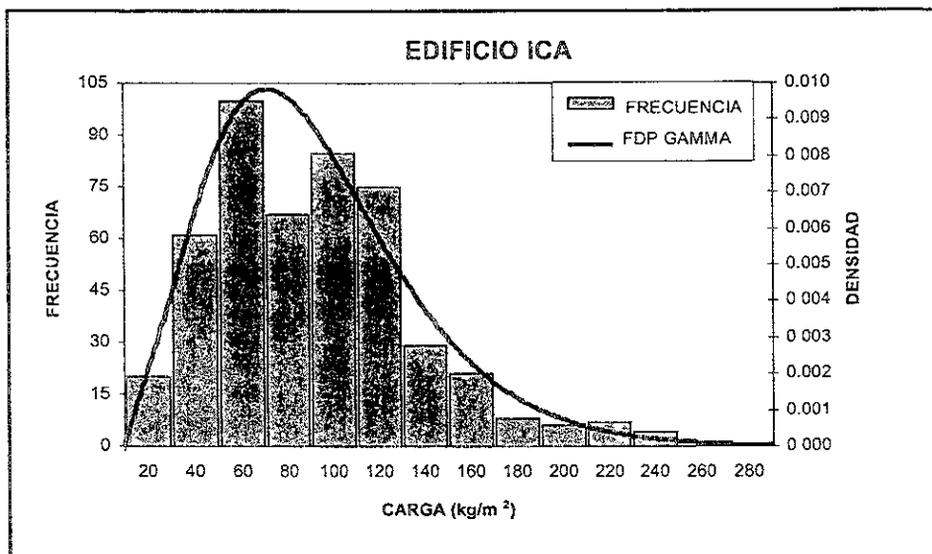


Figura V.7.E Edificio Ingenieros Civiles Asociados (ICA).

Como se puede apreciar en las figuras V.7 *Histogramas de cargas vivas sostenidas y funciones de distribución de probabilidades gamma ajustadas (fdp gamma)*, la función de distribución gamma tiene un comportamiento aceptable, por lo que es posible afirmar que: la función de distribución de probabilidades gamma reproduce adecuadamente la magnitud de las cargas sostenidas y por lo tanto, la hipótesis sobre la forma de esta función empleada en el modelo de simulación de Montecarlo es válida.

V.2 DATOS DE ENTRADA Y RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

El modelo de simulación se alimenta, de acuerdo a lo descrito en la sección III.8, con los datos obtenidos en las secciones anteriores de este capítulo. Los datos con los que se alimentó el modelo de simulación son los siguientes:

La simulación se realiza para los siguientes valores de áreas de influencia:

18.6 m², 37.2 m², 74.4 m², 111.5 m², 148.7 m², 185.9 m², 223.1 m² y 260.3 m² que corresponden a 200 ft², 400 ft², 800 ft², 1200 ft², 1600 ft², 2000 ft², 2400 ft² y 2800 ft² respectivamente.

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Estos valores de áreas de influencia se utilizan para determinar la **media y la varianza de las cargas sostenidas** de acuerdo con las ecuaciones III.3 y III.4. Estas ecuaciones son respectivamente las siguientes para cada edificio:

Edificio 2 del Instituto de Ingeniería (UNAM):

$$\mu = 94.1; \quad \sigma^2 = 808.19 + \frac{2.2(3851.35)}{A_i}$$

Edificio de la Secretaría de Educación Pública (SEP):

$$\mu = 51.4; \quad \sigma^2 = 41.33 + \frac{2.2(12395.23)}{A_i}$$

Edificio Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración del Instituto Mexicano del Petróleo (SIPE-IMP):

$$\mu = 88.1; \quad \sigma^2 = 132.55 + \frac{2.2(15994.71)}{A_i}$$

Edificio Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas Industriales del Instituto Mexicano del Petróleo (SIPPI-IMP):

$$\mu = 76.0; \quad \sigma^2 = 157.83 + \frac{2.2(27550.27)}{A_i}$$

Edificio de Ingenieros Civiles Asociados (ICA):

$$\mu = 81.8; \quad \sigma^2 = 167.99 + \frac{2.2(12108.17)}{A_i}$$

Del análisis estadístico de los **cinco edificios en conjunto** se obtuvo lo siguiente:

$$\mu = 75.1, \quad \sigma^2 = 409.29 + \frac{2.2(4647.74)}{A_i}$$

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

donde:

μ : es la media de las cargas sostenidas (kg/m²)

σ^2 : es la varianza de las cargas sostenidas (kg/m²)²

A_i : es el área de influencia (m²)

La media y varianza de un evento simple extraordinario se obtiene con las ecuaciones III.5 a III.7 para cada uno de los valores de las áreas de influencia mencionadas anteriormente, así como en cada uno de los cinco edificios y para los cinco edificios juntos.

En las tablas V.1 a V.6 se muestran los datos de entrada y los resultados de la simulación para cada uno de los edificios y para el caso en que se consideran los cinco edificios en conjunto.

| DATOS DE ENTRADA | | | | | RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------------------------|---|-------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| A_i (m ²) | μ_s (kg/m ²) | σ_s (kg/m ²) ² | μ_{ex} (kg/m ²) | σ_{ex} (kg/m ²) ² | E_{ex} (kg/m ²) | Var_{ex} (kg/m ²) ² | E_s (kg/m ²) | Var_s (kg/m ²) ² | E_{Total} (kg/m ²) | Var_{Total} (kg/m ²) ² |
| 18.58 | 94.08 | 31.88 | 39.14 | 39.82 | 155.79 | 1993.24 | 117.15 | 1244.45 | 272.94 | 1965.67 |
| 37.16 | 94.08 | 30.21 | 45.67 | 30.41 | 126.23 | 1202.97 | 120.67 | 1097.30 | 246.90 | 1273.49 |
| 74.32 | 94.08 | 29.34 | 37.05 | 19.37 | 83.04 | 550.77 | 126.04 | 914.80 | 209.08 | 847.66 |
| 111.48 | 94.08 | 29.04 | 31.44 | 14.57 | 63.44 | 358.60 | 128.88 | 810.39 | 192.32 | 744.84 |
| 148.64 | 94.08 | 25.38 | 27.73 | 11.85 | 52.73 | 263.91 | 130.10 | 746.08 | 182.82 | 703.80 |
| 185.80 | 94.08 | 28.80 | 25.06 | 10.08 | 45.71 | 205.50 | 130.83 | 714.56 | 176.54 | 678.01 |
| 222.96 | 94.08 | 28.75 | 23.04 | 8.82 | 40.63 | 152.98 | 131.29 | 688.03 | 171.93 | 661.72 |
| 260.12 | 94.08 | 28.70 | 21.44 | 7.87 | 37.04 | 130.69 | 131.43 | 681.94 | 168.47 | 653.27 |

Tabla V.1 Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (II-UNAM)

| DATOS DE ENTRADA | | | | | RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------------------------|---|-------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| A_i (m ²) | μ_s (kg/m ²) | σ_s (kg/m ²) ² | μ_{ex} (kg/m ²) | σ_{ex} (kg/m ²) ² | E_{ex} (kg/m ²) | Var_{ex} (kg/m ²) ² | E_s (kg/m ²) | Var_s (kg/m ²) ² | E_{Total} (kg/m ²) | Var_{Total} (kg/m ²) ² |
| 18.58 | 51.41 | 26.62 | 39.14 | 39.82 | 158.56 | 1879.88 | 67.16 | 1009.01 | 225.76 | 1826.26 |
| 37.16 | 51.41 | 19.37 | 45.67 | 30.41 | 132.77 | 977.13 | 63.77 | 471.77 | 196.54 | 954.59 |
| 74.32 | 51.41 | 14.43 | 37.05 | 19.37 | 91.49 | 420.65 | 61.00 | 243.48 | 152.50 | 397.72 |
| 111.48 | 51.41 | 12.35 | 31.44 | 14.57 | 71.84 | 275.00 | 60.47 | 165.29 | 132.32 | 255.48 |
| 148.64 | 51.41 | 11.17 | 27.73 | 11.85 | 60.35 | 213.48 | 60.06 | 131.41 | 120.42 | 199.60 |
| 185.80 | 51.41 | 10.40 | 25.06 | 10.08 | 52.65 | 174.10 | 59.97 | 110.14 | 112.44 | 162.38 |
| 222.96 | 51.41 | 9.85 | 23.04 | 8.82 | 46.75 | 135.45 | 59.89 | 94.41 | 106.64 | 131.57 |
| 260.12 | 51.41 | 9.44 | 21.44 | 7.87 | 42.45 | 117.48 | 59.89 | 86.60 | 102.34 | 118.55 |

Tabla V.2 Edificio Secretaría de Educación Pública (SEP)

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

| DATOS DE ENTRADA | | | | | RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------------------------|---|-------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| A_1 (m ²) | μ_s (kg/m ²) | σ_s (kg/m ²) ² | μ_{ex} (kg/m ²) | σ_{ex} (kg/m ²) ² | E_{ex} (kg/m ²) | Var_{ex} (kg/m ²) ² | E_s (kg/m ²) | Var_s (kg/m ²) ² | E_{Total} (kg/m ²) | Var_{Total} (kg/m ²) ² |
| 18.58 | 88.07 | 31.50 | 39.14 | 39.82 | 156.29 | 1990.48 | 110.10 | 1243.78 | 266.39 | 1222.61 |
| 37.16 | 88.07 | 23.70 | 45.67 | 30.41 | 130.29 | 1073.59 | 104.48 | 652.80 | 234.76 | 980.04 |
| 74.32 | 88.07 | 18.61 | 37.05 | 19.37 | 88.80 | 460.08 | 103.09 | 359.36 | 191.90 | 450.63 |
| 111.48 | 88.07 | 16.57 | 31.44 | 14.57 | 69.57 | 307.65 | 102.69 | 264.98 | 172.27 | 307.39 |
| 148.64 | 88.07 | 15.41 | 27.73 | 11.85 | 58.18 | 235.03 | 102.64 | 225.93 | 160.82 | 253.00 |
| 185.80 | 88.07 | 14.74 | 25.06 | 10.08 | 50.22 | 189.05 | 102.89 | 197.84 | 153.12 | 218.98 |
| 222.96 | 88.07 | 14.24 | 23.04 | 8.82 | 44.50 | 147.07 | 102.96 | 174.19 | 147.46 | 189.10 |
| 260.12 | 88.07 | 13.88 | 21.44 | 7.87 | 40.25 | 126.95 | 103.05 | 156.12 | 143.29 | 172.45 |

Tabla V.3 Edificio Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración
Instituto Mexicano del Petróleo (SIPE-IMP)

| DATOS DE ENTRADA | | | | | RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------------------------|---|-------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| A_1 (m ²) | μ_s (kg/m ²) | σ_s (kg/m ²) ² | μ_{ex} (kg/m ²) | σ_{ex} (kg/m ²) ² | E_{ex} (kg/m ²) | Var_{ex} (kg/m ²) ² | E_s (kg/m ²) | Var_s (kg/m ²) ² | E_{Total} (kg/m ²) | Var_{Total} (kg/m ²) ² |
| 18.58 | 75.67 | 40.51 | 39.14 | 39.82 | 148.75 | 2406.30 | 112.45 | 2522.06 | 261.20 | 2492.30 |
| 37.16 | 75.67 | 29.99 | 45.67 | 30.41 | 126.38 | 1207.47 | 102.18 | 1160.68 | 228.56 | 1288.80 |
| 74.32 | 75.67 | 22.98 | 37.05 | 19.37 | 86.33 | 506.82 | 97.48 | 592.98 | 183.81 | 588.94 |
| 111.48 | 75.67 | 20.11 | 31.44 | 14.57 | 67.26 | 325.12 | 96.15 | 416.41 | 163.41 | 400.77 |
| 148.64 | 75.67 | 18.51 | 27.73 | 11.85 | 56.15 | 242.36 | 95.62 | 324.41 | 151.77 | 325.27 |
| 185.80 | 75.67 | 17.48 | 25.06 | 10.08 | 48.59 | 189.57 | 95.32 | 269.15 | 143.91 | 270.48 |
| 222.96 | 75.67 | 16.76 | 23.04 | 8.82 | 43.12 | 142.50 | 95.00 | 236.12 | 138.12 | 238.07 |
| 260.12 | 75.67 | 16.23 | 21.44 | 7.87 | 39.13 | 122.10 | 94.60 | 216.12 | 133.73 | 217.69 |

Tabla V.4 Edificio Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas Industriales
Instituto Mexicano del Petróleo (SIPI-IMP)

| DATOS DE ENTRADA | | | | | RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------------------------|---|-------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| A_1 (m ²) | μ_s (kg/m ²) | σ_s (kg/m ²) ² | μ_{ex} (kg/m ²) | σ_{ex} (kg/m ²) ² | E_{ex} (kg/m ²) | Var_{ex} (kg/m ²) ² | E_s (kg/m ²) | Var_s (kg/m ²) ² | E_{Total} (kg/m ²) | Var_{Total} (kg/m ²) ² |
| 18.58 | 81.53 | 28.61 | 39.14 | 39.82 | 157.89 | 1901.62 | 100.31 | 1019.35 | 258.20 | 1822.45 |
| 37.16 | 81.53 | 22.20 | 45.67 | 30.41 | 131.39 | 1031.30 | 95.98 | 567.37 | 227.36 | 959.94 |
| 74.32 | 81.53 | 18.16 | 37.05 | 19.37 | 89.12 | 462.82 | 95.86 | 351.98 | 184.98 | 440.74 |
| 111.48 | 81.53 | 16.60 | 31.44 | 14.57 | 69.27 | 308.81 | 96.41 | 273.79 | 165.81 | 311.62 |
| 148.64 | 81.53 | 15.76 | 27.73 | 11.85 | 57.92 | 235.96 | 96.64 | 237.72 | 154.56 | 256.67 |
| 185.80 | 81.53 | 15.23 | 25.06 | 10.08 | 50.16 | 186.60 | 96.98 | 209.76 | 147.14 | 222.81 |
| 222.96 | 81.53 | 14.87 | 23.04 | 8.82 | 44.23 | 144.19 | 97.48 | 187.05 | 141.72 | 195.98 |
| 260.12 | 81.53 | 14.61 | 21.44 | 7.87 | 40.01 | 125.76 | 97.68 | 177.41 | 137.70 | 183.72 |

Tabla V.5 Edificio Ingenieros Civiles Asociados (ICA-Ingeniería)

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

| DATOS DE ENTRADA | | | | | RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------------------------|---|-------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| A_i (m ²) | μ_s (kg/m ²) | σ_s (kg/m ²) ² | μ_{ex} (kg/m ²) | σ_{ex} (kg/m ²) ² | E_{ex} (kg/m ²) | Var_{ex} (kg/m ²) ² | E_s (kg/m ²) | Var_s (kg/m ²) ² | E_{Total} (kg/m ²) | Var_{Total} (kg/m ²) ² |
| 18.58 | 75.09 | 25.66 | 39.14 | 39.82 | 159.45 | 1799.72 | 90.53 | 805.73 | 249.98 | 1732.43 |
| 37.16 | 75.09 | 23.10 | 45.67 | 30.41 | 130.94 | 1042.16 | 91.06 | 651.34 | 221.99 | 1009.73 |
| 74.32 | 75.09 | 21.72 | 37.05 | 19.37 | 87.13 | 491.27 | 95.03 | 524.56 | 182.17 | 553.20 |
| 111.48 | 75.09 | 21.23 | 31.44 | 14.57 | 66.67 | 326.58 | 97.58 | 469.34 | 164.25 | 443.27 |
| 148.64 | 75.09 | 20.98 | 27.73 | 11.85 | 54.74 | 248.84 | 99.33 | 417.60 | 154.07 | 402.67 |
| 185.80 | 75.09 | 20.84 | 25.06 | 10.08 | 47.23 | 193.41 | 100.14 | 385.01 | 147.37 | 373.62 |
| 222.96 | 75.09 | 20.73 | 23.04 | 8.82 | 41.71 | 148.93 | 100.79 | 362.65 | 142.51 | 353.17 |
| 260.12 | 75.09 | 20.67 | 21.44 | 7.87 | 37.75 | 125.48 | 101.18 | 350.93 | 138.93 | 343.41 |

Tabla V.6 Los cinco edificios tomados como muestra

donde:

- A_i es el área de influencia
- μ_s es la media de las cargas sostenidas
- σ_s es la varianza de las cargas sostenidas
- μ_{ex} es la media de las cargas extraordinarias
- σ_{ex} es la varianza de las cargas extraordinarias
- E_{ex} es la media de las cargas extraordinarias obtenidas por simulación
- Var_{ex} es la varianza de las cargas extraordinarias obtenidas por simulación
- E_s es la media de las cargas sostenidas obtenidas por simulación
- Var_s es la varianza de las cargas sostenidas obtenidas por simulación
- E_{total} es la media de las cargas totales obtenidas por simulación
- Var_{Total} es la varianza de las cargas totales obtenidas por simulación

En la figura V.8 *Cargas sostenida y extraordinaria contra el área de influencia ó tributaria* se muestra el comportamiento de la carga sostenida y la extraordinaria en función del área tributaria para el caso en que se analizaron los cinco edificios en conjunto, se puede apreciar como la carga sostenida permanece prácticamente constante en tanto que la carga extraordinaria muestra una mayor variación, disminuyendo su peso por área al irse incrementando la superficie de influencia y por lo mismo tiene un significado notorio en el valor de la carga total.

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

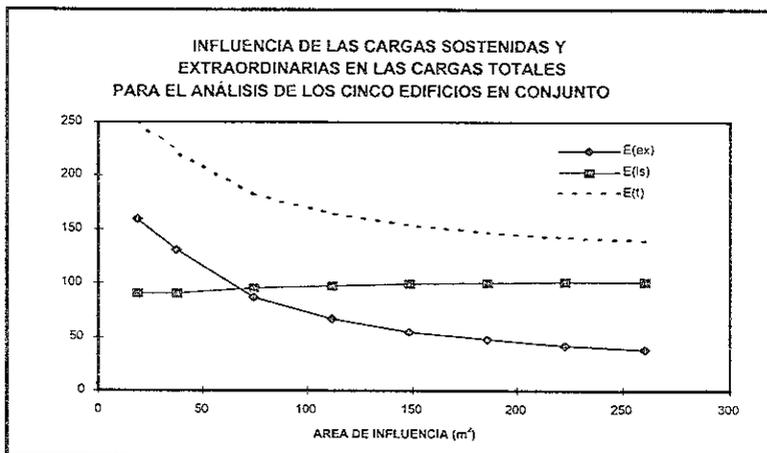


Figura V.8 Cargas sostenida y extraordinaria contra el área de influencia o tributaria

En la figura V.9 *Cargas vivas de cada edificio y en conjunto contra el área de influencia ó tributaria* se muestran los gráficos para los valores de las cargas vivas totales obtenidos de la simulación en cada edificio y para los cinco en conjunto.

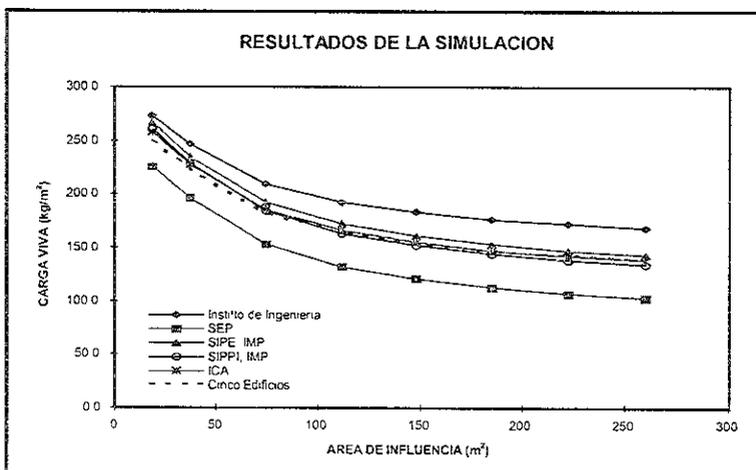


Figura V.9 Cargas vivas de cada edificio y en conjunto contra el área de influencia o tributaria

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En la figura V.10 *Resultados de los cinco edificios (modelo de simulación) contra los del American National Standards Institute A.58 de 1994* se observa que los valores obtenidos mediante el modelo de simulación para los cinco edificios en conjunto son muy similares a los que se obtienen con la ecuación V.2 que corresponde al American National Standards Institute A.58 de 1994 (ANSI A.58 1994).

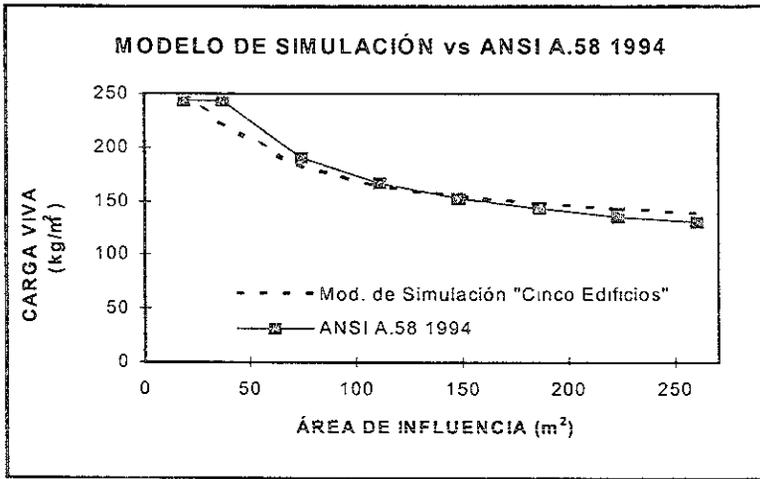


Figura V.10 Resultados del modelo de simulación de los cinco edificios contra los del American National Standards Institute A.58 de 1994

V.3 VALORES DE CARGA VIVA QUE RECOMIENDA EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL (RCDF 1993)

V.3.1 Tipos de acciones

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, considera tres categorías de acciones de acuerdo a la duración y la máxima intensidad con que actúan sobre las estructuras:

CAPÍTULO V

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

- I) **Acciones permanentes:** son las que obran en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad varía poco con el tiempo. Las principales acciones pertenecientes a esta categoría son: la carga muerta, el empuje estático de tierras y de líquidos y las deformaciones y desplazamientos impuestos a la estructura que varían poco con el tiempo como los debidos a presfuerzos o a movimientos diferenciales permanentes de los apoyos.
- II) **Acciones variables:** son las que obran sobre la estructura con una intensidad que varía significativamente con el tiempo. Las principales acciones que entran en esta categoría son: la **carga viva**, los efectos de temperatura, las deformaciones impuestas y los hundimientos diferenciales que tengan una intensidad variable con el tiempo y las acciones debidas al funcionamiento de maquinaria y equipo, incluyendo los efectos dinámicos que pueden presentarse debido a vibraciones, impacto o frenaje.
- III) **Acciones accidentales:** son las que no se deben al funcionamiento normal de la edificación y que pueden alcanzar intensidades muy grandes durante lapsos cortos de tiempo. Pertenecen a esta categoría las acciones sísmicas, los efectos de viento, explosiones, incendios y otros fenómenos que pueden presentarse en casos extraordinarios.

V.3.2 Valores nominales de carga viva

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 (RCDF-1993) define a las cargas vivas como las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen un carácter permanente, recomendando distintos valores de cargas vivas para diferentes usos de estructuras y para cada uso define tres valores de carga viva W , W_a y W_m que a continuación se describen:

W es la **carga viva media** que se deberá emplear para el cálculo de asentamientos diferidos y para el cálculo de flechas diferidas.

W_a es la **carga viva instantánea** que corresponde al valor máximo probable que puede alcanzar la carga viva en el lapso en que llega a presentarse una acción accidental, está carga se deberá usar para el diseño sísmico y por viento y cuando se revisen distribuciones de carga más desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área.

W_m es la **carga viva máxima** correspondiente al valor máximo probable que se llega a presentar durante la vida útil de la estructura, se deberá emplear para el diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como en el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales.

CAPÍTULO V PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Además, se especifica que cuando el efecto de la carga viva sea favorable para la estabilidad de la estructura, su intensidad se considerará igual a cero; a menos que pueda justificarse otro valor acorde con la definición del artículo 187 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 (RCDF-1993). Durante el proceso de edificación se deben considerar las cargas vivas transitorias que puedan producirse; éstas incluirán el peso de los materiales que se almacenan temporalmente, el de vehículos y equipo, el de colado de plantas superiores que se apoyan en la planta que se analiza y el del personal necesario, no siendo este último peso, menor a 150 kg/m². Adicionalmente se considerará una concentración de 150 kg en el lugar más desfavorable.

Para el caso de oficinas, los valores nominales de la carga viva son los siguientes:

$$W = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_a = 180 \text{ kg/m}^2$$

$$W_m = 250 \text{ kg/m}^2$$

Para elementos con una área tributaria mayor de 36 m², la carga máxima W_m se podrá reducir de acuerdo con la siguiente expresión:

$$W_m = 180 + \frac{420}{\sqrt{A_T}}$$

Ecuación V.1

donde :

A_T es el área tributaria (m²)

W_m es la carga máxima reducida

En el artículo 199 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 (RCDF-1993) se muestran los valores de cargas nominales mínimos que se deben tomar en cuenta para el diseño estructural según el uso para el cual esté considerado el inmueble.

En el presente estudio se analiza únicamente la carga viva máxima (W_m) probable, a la que se verá sometida la estructura durante su vida útil.

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

**V.4 VALORES DE CARGA VIVA QUE RECOMIENDA EL AMERICAN
NATIONAL STANDARDS INSTITUTE ANSI A.58 DE 1994**

El American National Standards Institute A.58 de 1994 recomienda como carga equivalente a la carga viva máxima W_m del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993, una carga L_0 que para el caso de estructuras destinadas a oficinas es:

$$L_0 = 50 \text{ psf} = 245 \text{ kg/m}^2$$

El American National Standards Institute A58.1 de 1994 permite una reducción de la carga viva que está en **función del área de influencia**, a diferencia del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal-1993 en el que la reducción está en **función del área tributaria**. Esto se observa en las imágenes de la figura V.11 *Área de influencia y tributaria en columnas y vigas*.

El área de influencia (A_i) es cuatro veces el área tributaria (A_T) para una columna interior y en el caso de vigas, esta relación depende del tipo de estructuración.

Para esta ocasión se considera el caso particular de que el área de influencia es dos veces el área tributaria, esto se aprecia en la figura V.11.b *Área tributaria en vigas*.

La reducción en carga viva que permite el American National Standards Institute A.58 de 1994 es la siguiente:

$$L = L_0 \left(0.25 + \frac{15}{\sqrt{A_i}} \right)$$

Ecuación V.2

donde:

L = carga viva reducida (psf)

L_0 = carga viva especificada sin reducción (psf)

A_i = área de influencia (ft^2)

CAPÍTULO V
 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
 DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Figura V.11 Área tributaria y de influencia en columnas y vigas

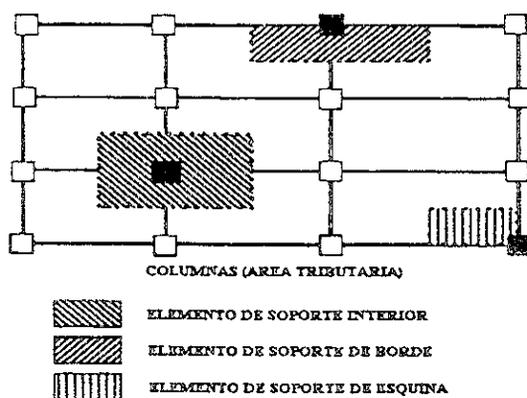


Figura V.11.a Área tributaria en columnas

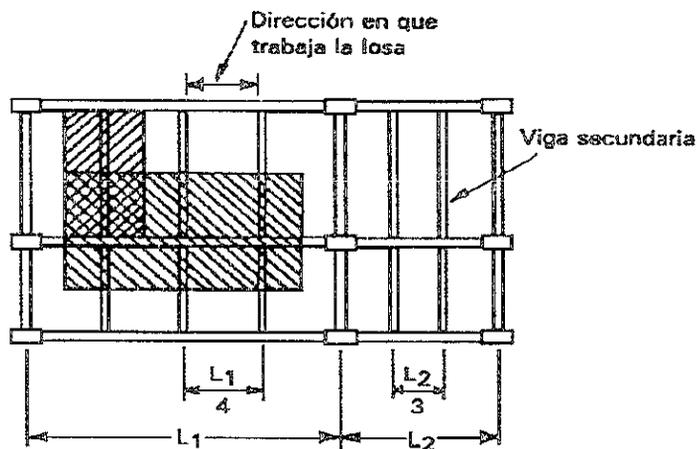


Figura V.11.b Área tributaria en vigas

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

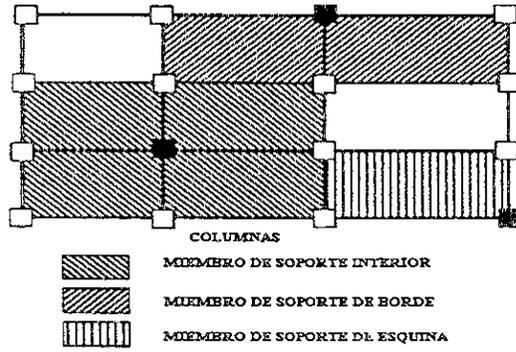


Figura V.11.c Área de influencia en columnas

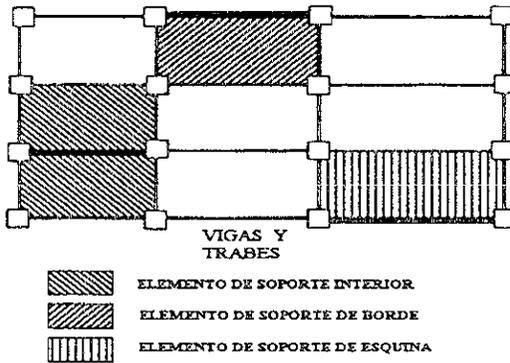


Figura V.11d Área de influencia en vigas

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

V.5 COMPARACIÓN DE LAS REDUCCIONES PERMITIDAS POR EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL DE 1993 Y EL AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE A.58 DE 1994.

En la figura V.12 *Reducción de la carga viva en función del área tributaria* se muestran los gráficos de las ecuaciones V.1 y V.2 en función del área tributaria (la equivalencia del área de influencia a la tributaria se realizó de acuerdo a lo descrito en la sección anterior). En dicha figura se aprecia una diferencia importante entre los valores de la carga viva que proponen uno y otro reglamento, asimismo se puede observar que el American National Standards Institute A.58 de 1994 permite una reducción de los valores de la carga L_0 para valores del área tributaria menores a 36 m^2 .

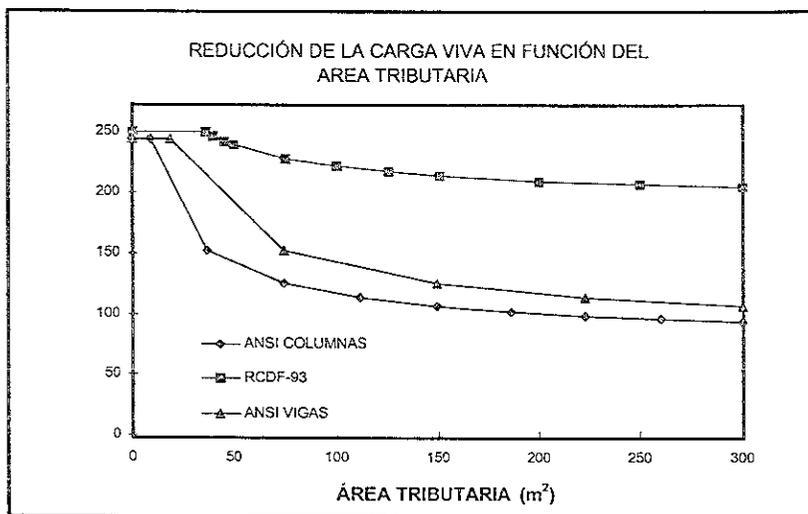


Figura V.12 Gráfico que indica la reducción en cada reglamento con respecto al valor de la carga viva (kg/m^2)

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

V.6 PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA DE LAS CARGAS QUE RECOMIENDA EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL DE 1993 Y EL AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE A.58 DE 1994.

Con base en los parámetros α y u de la función de distribución extrema tipo I, se puede determinar la *probabilidad* que tiene un cierto valor de carga de ser excedido para un periodo de tiempo dado:

$$P[y > y_0] = 1 - e^{-e^{-\alpha(y-u)}}$$

Ecuación V.3.a

De igual manera, con fundamento en cierta probabilidad de excedencia podemos obtener la *carga viva* correspondiente con la siguiente expresión:

$$y = u - \frac{\ln(-\ln P)}{\alpha}$$

Ecuación V.3.b

donde:

P: es la probabilidad de excedencia para la cual se desea determinar el valor de la carga

y: es la máxima carga viva

Sobre la base de los resultados obtenidos (media y varianza de las cargas totales) del modelo de simulación para el caso en que se analizaron los cinco edificios juntos, se establecen los parámetros α y u con las ecuaciones II.17 y II.18 de la función de distribución extrema tipo I. Una vez determinados estos parámetros, utilizando la ecuación V.3.a se calcula la probabilidad de excedencia para diferentes valores de carga viva obtenidos mediante las ecuaciones V.1 y V.2 correspondientes al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 y al American National Standards Institute A.58 de 1994 respectivamente. Los resultados se muestran en la Tabla V.7 *Probabilidades de excedencia*

| A_1 (m ²) | E(t) (kg/m ²) | Var(t) (kg/m ²) | α | U | RCDF W_m | Probabilidad de Excedencia | ANSI L_p | Probabilidad de Excedencia |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------|-------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|
| 18.59 | 249.88 | 1732.43 | 0.1503 | 47.37 | 250 | 0.430 | 244.00 | 0.490 |
| 37.18 | 221.90 | 1009.73 | 0.1969 | 42.54 | 250 | 0.166 | 244.00 | 0.206 |
| 74.36 | 182.09 | 553.20 | 0.2660 | 35.14 | 250 | 0.014 | 190.42 | 0.300 |
| 111.54 | 164.18 | 443.27 | 0.2971 | 31.70 | 236.14 | 0.007 | 166.65 | 0.383 |
| 148.72 | 154.00 | 402.67 | 0.3117 | 29.71 | 228.63 | 0.005 | 152.50 | 0.461 |
| 185.90 | 147.31 | 373.62 | 0.3236 | 28.40 | 223.46 | 0.004 | 142.84 | 0.530 |
| 223.08 | 142.45 | 353.17 | 0.3329 | 27.46 | 219.65 | 0.003 | 135.71 | 0.589 |
| 260.26 | 138.87 | 343.41 | 0.3376 | 26.75 | 216.72 | 0.003 | 130.15 | 0.642 |

Tabla V.7 Probabilidades de excedencia

CAPÍTULO V PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En la figura V.13, se puede observar que los valores de carga viva que se obtienen de acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 no mantienen una probabilidad de excedencia constante. *Para valores de áreas tributarias mayores a 60 m² las probabilidades de excedencia son muy pequeñas.* Por otro lado, los valores que propone el American National Standards Institute A.58 de 1994 tampoco mantienen una probabilidad de excedencia constante; sin embargo dichas probabilidades se encuentran dentro de un intervalo más estrecho.

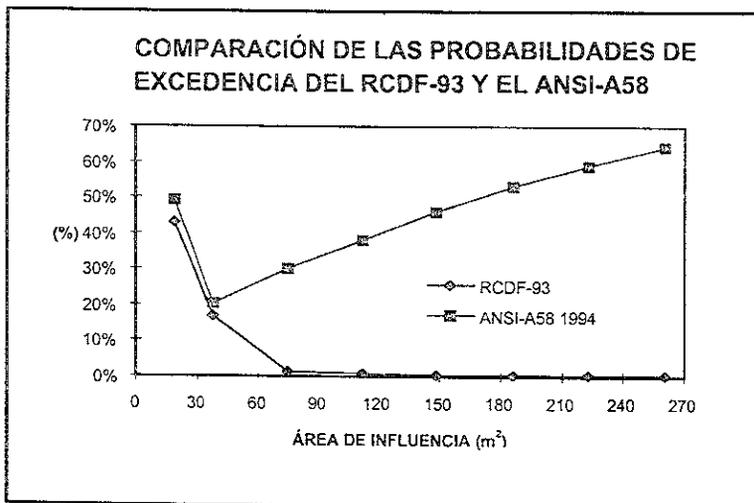


Figura V.13 Gráfico comparativo entre probabilidades de excedencia

V.7 PROPUESTA DE REDUCCIÓN DE LOS VALORES DE CARGA VIVA EN EDIFICIOS PARA OFICINAS.

Con base en los resultados obtenidos es posible proponer una expresión en función del área tributaria mediante la cual se obtengan los valores de carga viva para área mayores a 36 m². Para esto es necesario analizar detalladamente los resultados obtenidos.

De la figura V.9 *Cargas vivas de cada edificio y en conjunto contra el área de influencia ó tributaria* se destacan las siguientes observaciones:

- 1) Los valores de carga viva correspondientes al edificio 2 del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México son notoriamente mayores que los de los demás edificios e incluso a los resultados totales.

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

- 2) Los valores de carga viva obtenidos para los cinco edificios juntos están por debajo de los correspondientes al edificio de la Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración (SIPE) del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y a los del Instituto de Ingeniería.
- 3) Los valores de carga viva del edificio de la Secretaría de Educación Pública son considerablemente menores que el resto de los edificios y considerando que solo se analizaron cinco edificios, su contribución a la tendencia de los resultados totales (línea discontinua) es importante.
- 4) Los valores de cargas vivas mostrados en la figura V.9 *Cargas vivas de cada edificio y en conjunto contra el área de influencia ó tributaria* son en todos los casos considerablemente menores a los que se obtienen con la ecuación V.1, que corresponde a la reducción permitida por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993. Los resultados para el análisis de los cinco edificios juntos son parecidos a los que propone el American National Standards Institute A.58 de 1994, véase la figura V.10 *Resultados de los cinco edificios (modelo de simulación) contra el American National Standards Institute A.58 de 1994*.

Para proponer una ecuación que defina la reducción de los valores de carga viva en función del área tributaria es necesario considerar los puntos enumerados anteriormente. Aunado a esto se consideran los siguientes criterios:

- la ecuación debe proporcionar valores de carga viva que mantengan probabilidades de excedencia relativamente similares para diferentes valores del área tributaria.
- la ecuación debe estar del lado de la seguridad, por lo que por un lado debe cubrir los valores que corresponden al edificio 2 del Instituto de Ingeniería y por otro las incertidumbres asociadas a los cambios de uso de las edificaciones, que en muchas ocasiones ponen en condiciones desfavorables a las estructuras y que no están consideradas dentro del modelo de simulación de Montecarlo utilizado para simular las cargas vivas.

Con base en lo anterior se propone la siguiente ecuación de reducción de carga viva para elementos cuya área tributaria sea mayor a 36 m²:

$$W_m = 107.6 + \frac{852.5}{\sqrt{A_T}}$$

Ecuación V.4

donde:

W_m es la carga viva por unidad de área en (kg/m²)

A_T es el área tributaria en (m²)

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En la figura V.14 *Carga viva contra el inverso de la raíz cuadrada del área tributaria* se muestra un ajuste mediante mínimos cuadrados, que permite observar los resultados de los cinco edificios juntos y los del Instituto de ingeniería con los de la ecuación de reducción de carga viva propuesta.

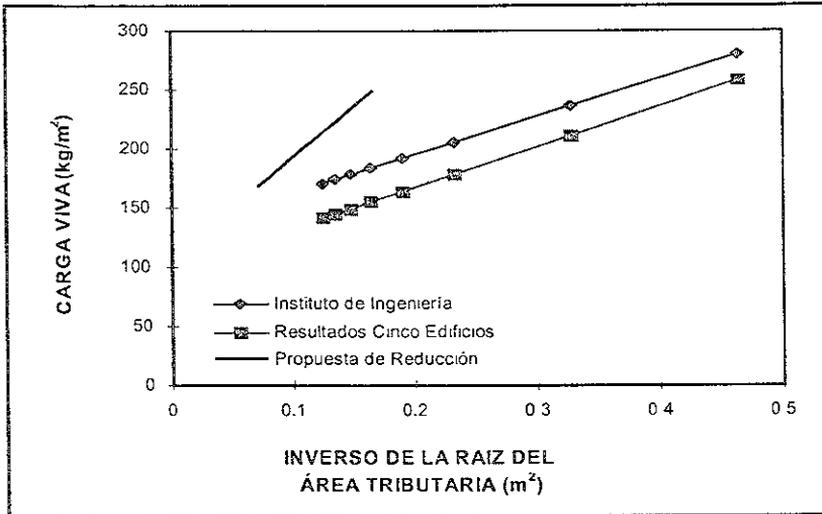


Figura V.14 Carga viva contra el inverso de la raíz cuadrada del área tributaria

V.7.1 Comparación de las reducciones que permiten el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 y el American National Standards Institute A58 de 1994, con la propuesta de reducción de valores de carga viva de la tesis.

En la figura V.15 *Propuesta de reducción de cargas vivas en función del área tributaria* se presenta una comparación gráfica entre los valores de carga viva que propone el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993, con los que recomienda el American National Standards Institute A.58 de 1994 y con los obtenidos en la reducción que se propone. Se puede apreciar que la ecuación V.4 proporciona valores más pequeños que los correspondientes al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993, pero mayores a los del American National Standards Institute A.58 de 1994.

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

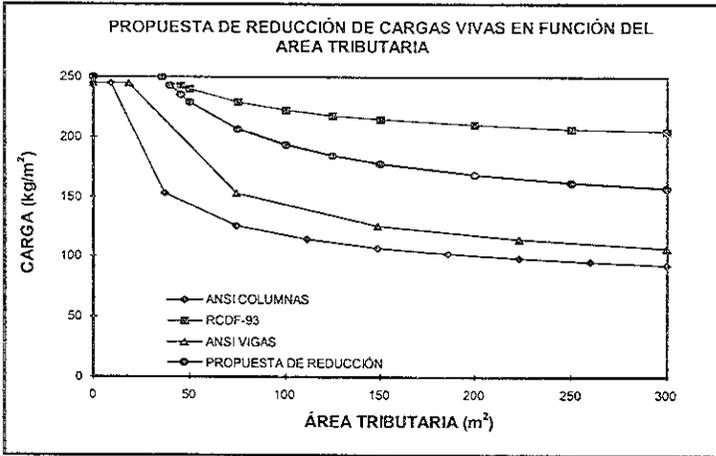


Figura V.15 Propuesta de reducción de cargas vivas en función del área tributaria

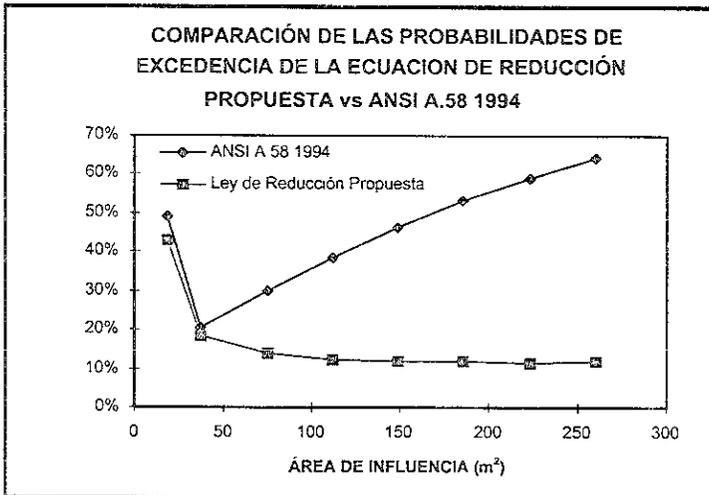


Figura V.16 Probabilidades de excedencia contra el área de influencia

En la figura V.16 *Probabilidades de excedencia contra el área de influencia*, se muestran las probabilidades de excedencia de los valores de carga viva que se obtienen de la ecuación V.4 y se comparan con los de la ecuación V.2 del American National Standards Institute A.58 de 1994, como se puede apreciar, la probabilidad de excedencia de las cargas vivas obtenidas con la ecuación de reducción propuesta conserva valores más constantes.

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos del sondeo de cargas y posteriormente del modelo de simulación de Montecarlo se concluye lo siguiente:

- 1) Los histogramas de carga sostenida que se obtuvieron con los datos derivados del sondeo muestran que la función de distribución de probabilidades tipo Gamma, que se utiliza en el modelo de simulación, **representa adecuadamente** el comportamiento de las cargas sostenidas en un instante dado; con lo que se comprueba una de las hipótesis del modelo. Esto, en otras palabras, significa que la suposición inicial al considerar este tipo de distribución, de la cual partió el análisis, es correcta.
- 2) Los valores de carga viva que proponen el American National Standards Institute-A58 de 1994 (ANSI.A58 1994) y el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 (RCDF-93) para áreas pequeñas son muy similares y para áreas mayores a los 36 m² (área tributaria para el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 y área de influencia para el American National Standards Institute A.58 de 1994) ambos códigos permiten una reducción en los valores de carga viva. La reducción que permite el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993, como se pudo comprobar es conservadora y además los valores no mantienen una probabilidad de excedencia entre 10 y 50 %.
- 3) Por lo descrito en el punto anterior fue necesario proponer una reducción de los valores de carga viva para áreas mayores a los 36 m², que proporcione valores de carga menos conservadores y que mantengan una probabilidad de excedencia relativamente similar para diferentes áreas cargadas.
- 4) Los valores de carga viva que se obtuvieron mediante el modelo de simulación para los cinco edificios muestreados en conjunto resultaron menores que los valores obtenidos al analizar sólo el Edificio 2 del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Esto hizo notar, que las cargas sostenidas existentes en dicho Instituto son cargas muy altas con respecto a las de los otros edificios usados para oficinas. Por otro lado se pudo detectar durante el sondeo de cargas sostenidas que algunas áreas destinadas a oficinas no son usadas como tales (se utilizan como pequeñas bodegas, salas de computo etc.), esto difícilmente se puede predecir en el diseño y no está considerado dentro del modelo de simulación.

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 5) Tomando en cuenta lo descrito en el punto anterior se propone una reducción cuyos valores estén por arriba de los obtenidos de la simulación del edificio del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. La reducción propuesta para elementos cuya área tributaria sea mayor a 36 m² es la siguiente:

$$W_m = 107.6 + \frac{582.5}{\sqrt{A_T}}$$

- 6) Otro aspecto que vale la pena hacer notar es: que los valores de la media de las cargas sostenidas son mucho menores al valor de W_s (carga instantánea) del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 lo que indica que el valor de $W_s=180 \text{ kg/m}^2$ recomendado en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 para estimar las fuerzas sísmicas y de viento es un valor conservador.

RECOMENDACIONES

La mayor contribución del presente trabajo es la parte estadística, ya que en México no existen datos relacionados con las cargas vivas en ningún tipo de estructura, ya sean para uso de oficinas, escuelas, hospitales, etc., El único estudio que en alguna forma es similar, es el desarrollado en 1959 por el Ingeniero Francisco Jauffred Mercado en el Centro Urbano Presidente Alemán (CUPA), ubicado en Av. Coyoacán esquina con Av. Felix Cuevas en la Ciudad de México, para obtener el grado de Maestría en Ingeniería. Esto hizo ver la importancia de contar con estadísticas reales de las cargas actuantes en todo tipo de estructuras para poder alimentar a los modelos matemáticos y así llegar a resultados satisfactorios. Ahora bien, referente al empleo de representaciones matemáticas para simular un fenómeno físico, existen investigadores mexicanos, que han desarrollado modelos matemáticos para analizar las cargas vivas en las estructuras, (Dr. Luis Esteva Maraboto, Dr. Roberto Meli Piralla, Dra. Sonia Elda Ruiz Gómez, Dr. Nefelí Rodríguez Cuevas) y otros extranjeros, pero no contaban con estadísticas reales ni actuales de las cargas vivas en edificios para oficinas.

Es importante mencionar, que en nuestro país es frecuente cambiar el uso de suelo original para el que se diseñaron los edificios, causando en algunas ocasiones que las estructuras estén sujetas a solicitudes desfavorables de cargas para las cuales no fueron hechos. De aquí que sea importante que los ingenieros concientizen o hagan notar a los usuarios de las construcciones los riesgos que implica un cambio del uso de las mismas.

Dadas las discrepancias encontradas en el valor de carga viva (W_m) que propone el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 para edificios de oficinas, es recomendable realizar este tipo de estudios para otros tipos de estructuras. Actualmente se está analizando el caso de escuelas públicas en el Distrito Federal.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al comparar los valores que proponen ambos reglamentos con los obtenidos del modelo de simulación; se comprueba que los valores de cargas vivas para oficinas que propone el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 son adecuados para áreas tributarias pequeñas (menores a 36 m²) pero para áreas mayores son conservadores además de que no mantienen una probabilidad de excedencia relativamente constante para diferentes valores del área tributaria. A partir de esto, se propone que la ecuación de reducción de las cargas vivas totales para el diseño de oficinas sea modificada tomando en cuenta los resultados del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS EN
EDIFICIOS PARA OFICINAS

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Soriano Martínez José Alberto y Ruiz Gómez Sonia Elda, "Modelación matemática de las cargas vivas en edificios". Informe para el Departamento del Distrito Federal, México, primera parte, diciembre 1995.
- 2) Vázquez Hernández José Manuel, Cervantes Vázquez Guillermo, Úrrego Giraldo Olga Eugenia, Soriano Martínez José Alberto y Ruiz Gómez Sonia Elda. "Estudio estadístico sobre cargas actuantes en pisos de oficinas en el Distrito Federal". Informe para el Departamento del Distrito Federal, México, segunda parte, diciembre de 1995.
- 3) Kennedy John y Neville Adam. "Estadística para ciencias e ingeniería", Editorial Harla, México segunda edición 1982.
- 4) Coleman Rodney. "Procesos Estocásticos" Editorial Limusa, México, 1976.
- 5) Ellingwood Bruce y Culver Charles, "Analysis of live loads in office buildings", Journal of the Structural Division, ASCE, E.U.A. Agosto 1977, ST8, 13109, pp. 1551-1560.
- 6) McGuire Robin K. y Cornell C. Allin. "Live loads effects in office buildings", Journal of the Structural Division, ASCE, E.U.A. Julio 1974, ST7, 10660, pp. 1351-1366.
- 7) Soriano Martínez José Alberto. "Análisis Teórico Sobre Cargas Vivas en Edificios" Tesis para obtener el grado de maestría, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. México 1995.
- 8) Pier Jong-Chern. "A Stochastic Live Load Model for Buildings" Research Report R71-35 Massachusetts Institute of Technology, Department of Civil Engineering, Cambridge, Mass., E.U.A. Septiembre 1971.
- 9) Philip L. Chalk y Ross B. Corotis "Probability model for design live loads", Journal of the Structural Division, ASCE, E.U.A. Octubre 1980, ST10, 15753, pp. 2017-2033.
- 10) "Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal", Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de agosto de 1993.
- 11) I. M. Sóbol "Método de Montecarlo" Editorial MIR, Moscú segunda edición 1983.
- 12) Meli Piralla Roberto. "Diseño Estructural", Editorial Limusa, México 1991
- 13) Yi-Kwei Wen "Statistical Combination of Extreme Loads", Journal of the Structural Division, ASCE, E.U.A. Mayo 1977, ST5, 12930, pp. 1079-1093.

ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS EN
EDIFICIOS PARA OFICINAS

- 14) Hines William W., Montgomery Douglas C. "Probabilidad y Estadística para Ingeniería", Editorial CECSA, tercera edición, México Distrito Federal, 1993.
- 15) Palacios Roji García, Joaquín y Agustín. "Guía Roji de la Ciudad de México", Editorial Guía Roji, S.A. de C.V. Edición México, Distrito Federal 1998.

ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS EN
EDIFICIOS PARA OFICINAS

ANEXOS

ANEXO I
ALFABETO GRIEGO

ANEXO I
ALFABETO GRIEGO

ALFABETO GRIEGO

| Nombre | Minúsculas | Mayúsculas | Nombre | Minúsculas | Mayúsculas |
|---------|------------|------------|----------|------------|------------|
| Alfa | α | A | Ny | ν | N |
| Beta | β | B | Xi | ξ | Ξ |
| Gamma | γ | Γ | Ómicron | ο | Ο |
| Delta | δ | Δ | Pi | π | Π |
| Épsilon | ε | E | Rho | ρ | P |
| Zeta | ζ | Z | Sigma | σ, ς | Σ |
| Eta | η | H | Tau | τ | T |
| Theta | θ, ϑ | Θ | Ípsilon | υ | Υ |
| Iota | ι | I | Fi (Phi) | φ, ϕ | Φ |
| Kappa | κ | K | Ji (Chi) | χ | X |
| Lambda | λ | Λ | Psi | ψ | Ψ |
| My | μ | M | Omega | ω | Ω |

Fuente: "Diccionario de la Lengua Española", Real Academia de la Lengua Española

Vigésima primera edición. Madrid, 1992.

ANEXO II

PROGRAMA DE SIMULACIÓN
DE CARGAS VIVAS EN LENGUAJE
FORTRAN

ANEXO II
PROGRAMA DE SIMULACIÓN DE CARGAS VIVAS EN LENGUAJE FORTRAN

Programa realizado por el Maestro en Ingeniería José Alberto Soriano Martínez del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

\$LARGE

```
* PROGRAMA: DDF_LIVE.EXE
* "GENERA CON EL METODO MONTECARLO LA:
*   MAXIMA CARGA VIVA
*
* *****
*   *   NOTA:   *
*   * SE APLICÓ LA FORMULA *
*   * MEJORADA DE WEN *
*   *****
*
* *****
**                               **
**   CONSTANTES DE PROYECTO:   **
**                               **
* *****

* TR (PERIODO DE RETORNO, VIDA UTIL DE LA CONSTRUCCION)
* V(s) (INDICE MEDIO DE CAMBIOS DE OCUPANCIA)
* NR (NUMERO DE SIMULACIONES)
* DSEED (SEMILLA - valor comprendido entre 1 y 2147483647.D0 -)
* ULs (MEDIA, SE OBTIENE DE DATOS DE CARGAS VIVAS DE SERVICIO)
* SLs (DISPERSION, SE OBTIENE DE DATOS DE CARGAS VIVAS DE SERVICIO)
* Vex (CONSTANTE EXPERIMENTAL, EN ESTE CASO SE TOMO COMO 1)
* Uex (MEDIA)
* SEX (DISPERSION)

DOUBLE PRECISION DSEED
DIMENSION R(5000),T(1000),SUMA(1000),Y(1000),F(1000),ALEAT(1000),
*   RAIZ(5000),UM(1000),ALFA(1000),YY(1000),WK(2000),AI(8),
*   CL(1000),LS(1000),SUPY(5000),SUPLS(5000),SUPCL(5000)

CHARACTER*12 ARCH1

REAL VS,XM,YY,A,LMDA,R,WK,LS,CL,DEX,ULS,SLS,SA2,SS2,UW,UR,SR,SW
INTEGER NR,TR,CONT,NSIM

WRITE(*,*)'*****'
WRITE(*,*)'**** UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO ****'
WRITE(*,*)'**** DEFFI-ESTRUCTURAS ****'
WRITE(*,*)'**** ING: J. ALBERTO SORIANO M. ****'
WRITE(*,*)'*****'
WRITE(*,*)
WRITE(*,*)' PROGRAMA. DDF_LIVE.EXE
WRITE(*,*)' "GENERA CON EL METODO MONTECARLO LA:
WRITE(*,*)'   MAXIMA CARGA VIVA
WRITE(*,*)'
WRITE(*,*)' *****'
```

ANEXO II
PROGRAMA DE SIMULACIÓN DE CARGAS VIVAS EN LENGUAJE FORTRAN

```
WRITE(*,*) * NOTA: * '
WRITE(*,*) * SE APLICO LA FORMULA * '
WRITE(*,*) * MEJORADA DE WEN * '
WRITE(*,*)'*****'
WRITE(*,*)** **'
WRITE(*,*)** DATOS DE PROYECTO **'
WRITE(*,*)** **'
WRITE(*,*)'*****'
WRITE(*,*)
WRITE(*,*)
```

```
WRITE(*,*)Nombre del archivo donde desea guardar los resultados:'
WRITE(*,*)CASO ?:'
READ(*,(A))ARCH1
OPEN(1,FILE=ARCH1,STATUS='NEW')
```

```
*****
** **
** ENTRADA DE DATOS **
** **
*****
```

```
WRITE(*,*) Tr [años] ?:'
READ(*,*)TR
WRITE(*,*) Tr [años] =',TR
WRITE(*,*) Vs [1/años] ?:'
READ(*,*)VS
WRITE(*,*) Vs [1/años] =',VS
XM=1/VS
WRITE(*,*) Vex [1/años] ?:'
READ(*,*)VER
WRITE(*,*) Vex [1/años] =',VER
WRITE(*,*) ULS [psf] ?:'
READ(*,*)ULS
WRITE(*,*) ULS [psf] =',ULS
WRITE(*,*)
WRITE(*,*) PARA EL CALCULO DE Sis DEBERA INDICAR LOS DATOS'
WRITE(*,*) Sa Y Ss QUE SE OBTUVIERON DE RESULTADOS EXPERIMENTALES'
WRITE(*,*) Var[Ls] = Sa + Ss/A '
WRITE(*,*) Sa [psf]^2 ?:'
READ(*,*)SA2
WRITE(*,*) Sa [psf]^2 =',SA2
WRITE(*,*) Ss [psf]p ?:'
READ(*,*)SS2
WRITE(*,*) Ss [psf]p =',SS2
```

```
*** SEMILLA O VALOR ALEATORIO PARA QUE INICIE EL PROCESO DE SIMULACION
DSEED=126666.0D0
```

```
WRITE(*,*)# de simulaciones NSIM ?:'
READ(*,*)NSIM
WRITE(*,*) NSIM =',NSIM
```


ANEXO II
PROGRAMA DE SIMULACIÓN DE CARGAS VIVAS EN LENGUAJE FORTRAN

DO 200 II=1,8

*** REPRESENTAN CONSTANTES EXPERIMENTALES DE DATOS DE CARGAS VIVAS
 *** (ESTAS CONSTANTES PERMITEN DETERMINAR EL CAMBIO DE LA VARIANZA
 *** CON EL AREA Sa Y Ss)

$$SLS=\text{SQRT}(SA2+SS2/AI(II))$$

*** REPRESENTAN LA MEDIA Y LA DESVIACION ESTANDAR DEL PESO DE UNA
 *** PERSONA

UW=150

SW=25

*** REPRESENTAN LA MEDIA Y LA DESVIACION ESTANDAR DEL NUMERO DE
 *** PERSONAS QUE SE ENCUENTRAN ENTRE UN AREA DE 300 Y 670 ft**2

UR=4

SR=2

*** CK CONVIERTE LA CARGA A UN VALOR EQUIVALENTE UNIFORMEMENTE DISTRI-
 BUIDA CK=2 2

*** EL NUMERO DE CARGAS EN UN AREA DADA CA, ESTA DADA POR:

$$CA=((AI(II)-155)/6.3)**.5$$

*** ESTAS ECUACIONES PERMITEN DETERMINAR LA MEDIA Y LA DESVIACION
 *** ESTANDAR DE LA CARGA VIVA EXTRAORDINARIA

$$UEX=CA*UW*UR/AI(II)$$

$$SEX=\text{SQRT}((CA*CK*(UR*SW**2+UW**2*SR**2+UW**2*UR**2))/AI(II)**2)$$

WRITE(1,*)' AREA(ft2) ULS SLS Uex Sex'

WRITE(1,60)AI(II),ULS,SLS,UEX,SEX

$$DEX=SEX/UEX$$

WRITE(*,*)

WRITE(*,*)

WRITE(*,*)' Ai [ft2] =',AI(II)

WRITE(*,*)' ULS [psf] =',ULS

WRITE(*,*)' SLS [psf] =',SLS

WRITE(*,*)' Uex [psf] =',UEX

WRITE(*,*)' Sex [psf] =',SEX

** **

** IMPORTANTE: se tomaron Uls y Sls para obtener los parámetros **

** Lamda y K (factor de forma -A-) de la función gamma **

** **

* LAMDA

$$LMDA=ULS/(SLS**2)$$

* FACTOR DE FORMA

$$A=(ULS**2)/(SLS**2)$$

ESTA TERCERA NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ANEXO II
PROGRAMA DE SIMULACIÓN DE CARGAS VIVAS EN LENGUAJE FORTRAN

**
** INICIA EL PROCESO DE GENERACION DE NSIM SIMULACIONES **
**

DSEED=126666 0D0
NR=NSIM
CALL GGUBS(DSEED,NR,R)
DO 5 N=1,NSIM
5 RAIZ(N)=R(N)

WRITE(*,*) ' Espere un momento . '
WRITE(*,*)

SUMY=0.0
SUMLS=0.0
SUMCL=0.0
CONT=0

DO 100 L=1,NSIM

SUMA(0)=0

** LA SEMILLA SEGUIRA UN PROCESO ALEATORIO **

DSEED=RAIZ(L)*2147483647.D0

* RESULTABA NECESARIO SEÑALAR EL NUMERO DE DESVIACIONES " NR "
* A SER GENERADAS, EN ESTE CASO SE PROPUSO NR=1000
NR=1000

** SE GENERAN TIEMPOS ALEATORIOS MEDIANTE UNA F.D P EXPONENCIAL **

CALL GGEXN(DSEED,XM,NR,R)
DO 10 I=1,NR
T(I)=R(I)
SUMA(I)=SUMA(I-1)+T(I)
IF(SUMA(I)-TR)10,40,30
30 T(I)=TR-SUMA(I-1)
GOTO 40
10 CONTINUE

40 WRITE(*,90)I,L

* GENERA NUMEROS ALEATORIOS ENTRE (0,1) *

ANEXO II
PROGRAMA DE SIMULACIÓN DE CARGAS VIVAS EN LENGUAJE FORTRAN

```
CALL GGUBS(DSEED,NR,R)
DO 42 N=1,I
42 ALEAT(N)=R(N)
```

```
*****
* GENERA LA CARGA SOSTENIDA S(t) EN UN PUNTO ARBITRARIO EN EL TIEMPO *
*****
```

```
* FACTOR DE FORMA
  A=(ULS**2)/(SLS**2)
  CALL GGAMR(DSEED,A,NR,WK,R)
  DO 45 N=1,I
45 R(N)=R(N)/LMDA
```

```
*****
* EN ESTE CICLO SE DETERMINA LA CARGA EXTRAORDINARIA MAXIMA, MEDIANTE *
* UNA FUNCION EXTREMA TIPO I Y LA FORMULA MEJORADA DE WEN *
*****
```

```
SUPT=0.0
SUPY(L)=0 0
SUPRND=0.0
SUPU=0.0
SUPA=0.0
SUPLS(L)=0 0
SUPCL(L)=0.0
```

```
DO 50 J=1,I
C1=0.77969*ALOG(VER*T(J))
C2=(1+C1*DEX)/(2*DEX-C1)
P=C1*(1+0.1*DEX**3)
UEM=UEX+P*SEX
SEM=UEX*DEX*1.282*C2
ALFA(J)=1.282/SEM
IF(ALFA(J).LE.(1E-6))GOTO 30
UM(J)=UEM-0.5772/ALFA(J)
IF(UM(J).LE.(1E-6))GOTO 50
YY(J)=ALEAT(J)
Y(J)=UM(J)-(ALOG(-ALOG(YY(J))))/ALFA(J)
IF(Y(J).LE.(1E-6))GOTO 50
```

```
CL(J)=Y(J)+R(J)
```

```
** EN ESTE IF SE SELECCIONA LA CARGA COMBINADA MAXIMA QUE RESULTA DE
** EN LOS "N" PROCESOS DE SIMULACION.
```

```
IF(CL(J) GE SUPCL(L))THEN
  SUPT=T(J)
  SUPY(L)=Y(J)
  SUPRND=YY(J)
  SUPU=UM(J)
  SUPA=ALFA(J)
  SUPLS(L)=R(J)
  SUPCL(L)=CL(J)
```

ANEXO II
PROGRAMA DE SIMULACIÓN DE CARGAS VIVAS EN LENGUAJE FORTRAN

```
ELSE
    SUPT=SUPT
    SUPY(L)=SUPY(L)
    SUPRND=SUPRND
    SUPU=SUPU
    SUPA=SUPA
    SUPLS(L)=SUPLS(L)
    SUPCL(L)=SUPCL(L)
ENDIF

IF(J GE.I)GOTO 70
50 CONTINUE

70  CONT=CONT+1

    SUPY(CONT)=SUPY(L)
    SUPLS(CONT)=SUPLS(L)
    SUPCL(CONT)=SUPCL(L)

    SUMY=SUMY+SUPY(CONT)
    SUMLS=SUMLS+SUPLS(CONT)
    SUMCL=SUMCL+SUPCL(CONT)

60 FORMAT(5F12.3)

90 FORMAT(1H+' Ciclo ':I2,' # de simulación . ',I4)

100 CONTINUE

    UY=SUMY/CONT
    USS=SUMLS/CONT
    UCL=SUMCL/CONT

    SSY=0.0
    SSLS=0.0
    SSCL=0.0

    DO 110 N=1,CONT
    SSY=SSY+(SUPY(N)-UY)**2
    SSLS=SSLS+(SUPLS(N)-USS)**2
110  SSCL=SSCL+(SUPCL(N)-UCL)**2

    VY=SSY/CONT
    VLS=SSLS/CONT
    VCL=SSCL/CONT

    WRITE(1,*)' E[ext] Var[ext] E[ls] Var[ls]
2E[t] Var[t]'
    WRITE(1,120)UY,VY,USS,VLS,UCL,VCL
    WRITE(1,*)
    WRITE(*,*)' E[ext] [psf] =',UY
    WRITE(*,*)' Var[ext] [psf] =',VY
    WRITE(*,*)' E[ls] [psf] =',USS
```

ANEXO II
PROGRAMA DE SIMULACIÓN DE CARGAS VIVAS EN LENGUAJE FORTRAN

```
WRITE(*,*)' Var[ls ] [psf] =',VLS  
WRITE(*,*)' E[t ] [psf] =',UCL  
WRITE(*,*)' Var[t ] [psf] =',VCL
```

```
120 FORMAT(6F12.3)
```

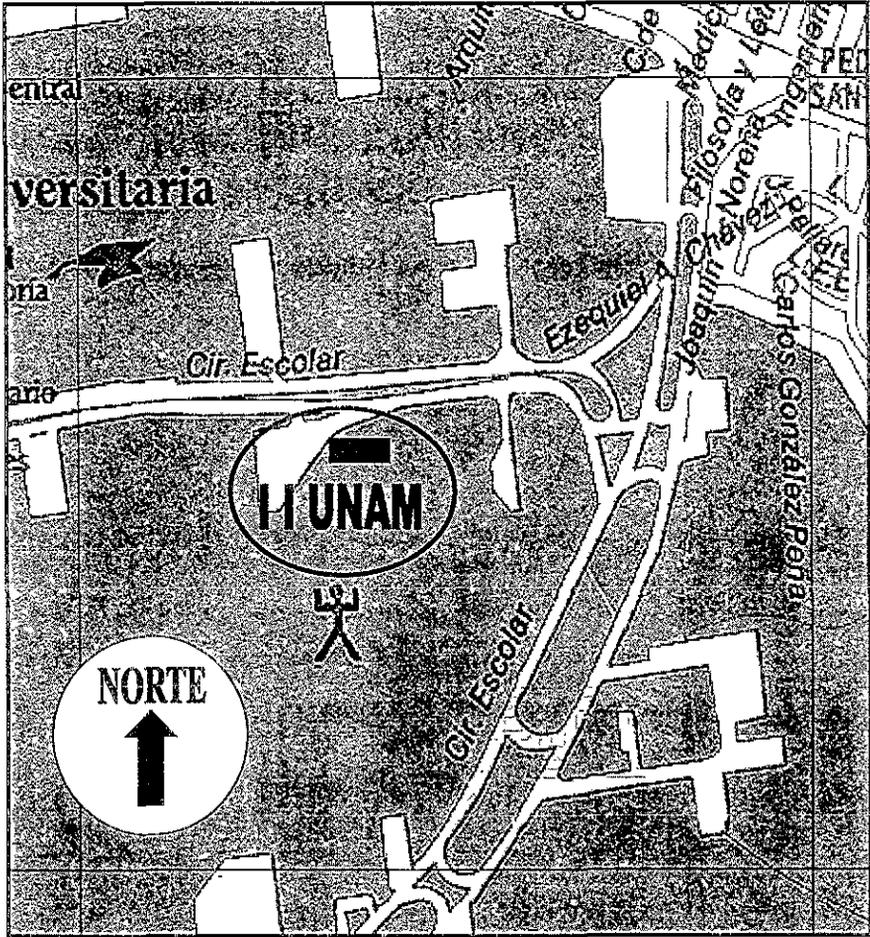
```
200 CONTINUE
```

```
CLOSE(1)  
STOP  
END
```

ANEXO III
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN
DE LOS CINCO EDIFICIOS
ESTUDIADOS

ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS EN
EDIFICIOS PARA OFICINAS

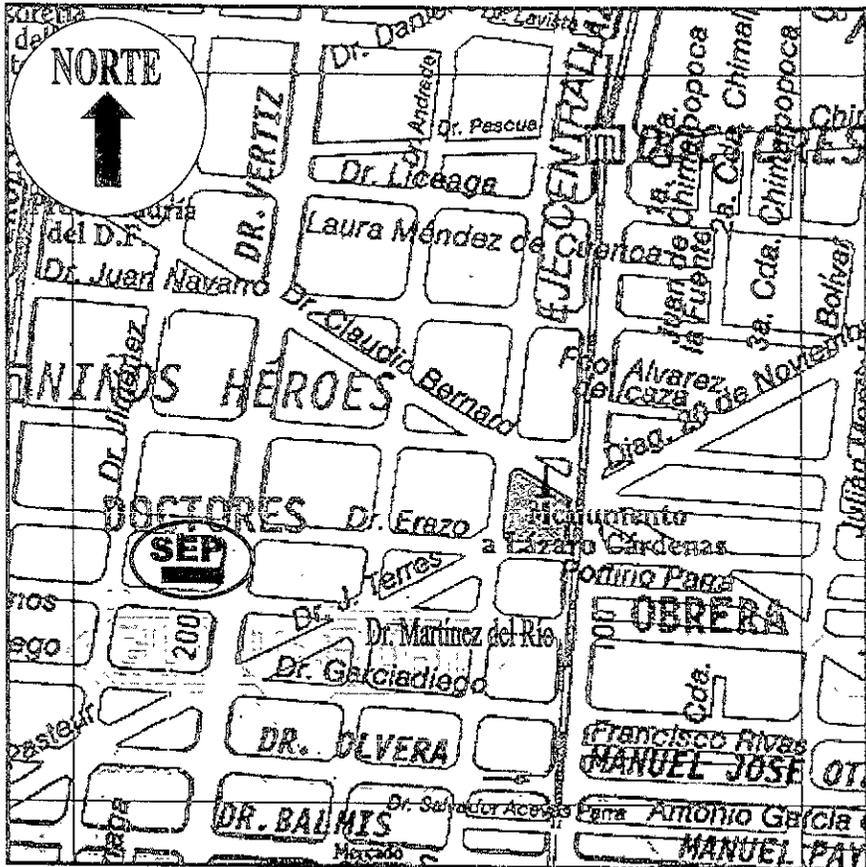
EDIFICIO 2 INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM



Croquis de localización del edificio 2 del Instituto de Ingeniería
de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Ubicación: Circuito escolar interior de Ciudad Universitaria,
Delegación Coyoacán, México, Distrito Federal.
Plano 109-5C Guía Roji Ciudad de México 1998

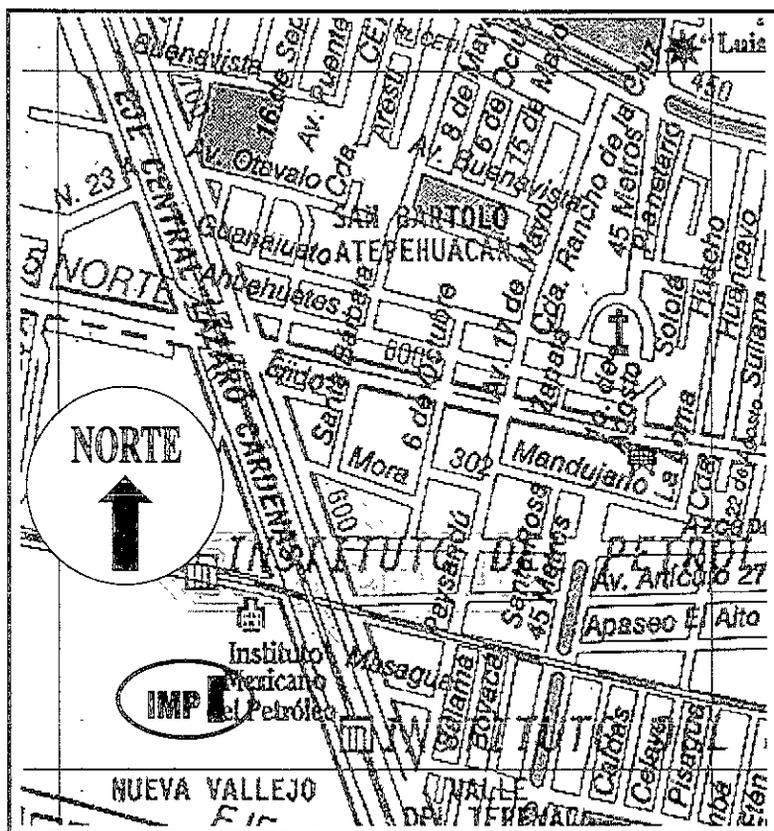
EDIFICIO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE INSTITUTOS TECNOLÓGICOS Y DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE ESCUELAS TÉCNICAS Y AGROPECUARIAS DE LA SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Croquis de localización del edificio de la Secretaría de Educación Pública
Dirección General de Institutos Tecnológicos y
Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias
Ubicación: Dr. Vertiz y Dr. Martínez del río
Colonia Doctores Delegación Cuauhtémoc
México, Distrito Federal.
Plano 84-6A Guía Roji Ciudad de México 1998

ESTUDIO MEDIANTE UN MÉTODO ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS EN
EDIFICIOS PARA OFICINAS

EDIFICIOS DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA DE
PROYECTOS Y EXPLORACIÓN, ASÍ COMO DE LA SUBDIRECCIÓN
DE INGENIERÍA DE PERFORACIÓN Y PLANTAS INDUSTRIALES
DEL INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO



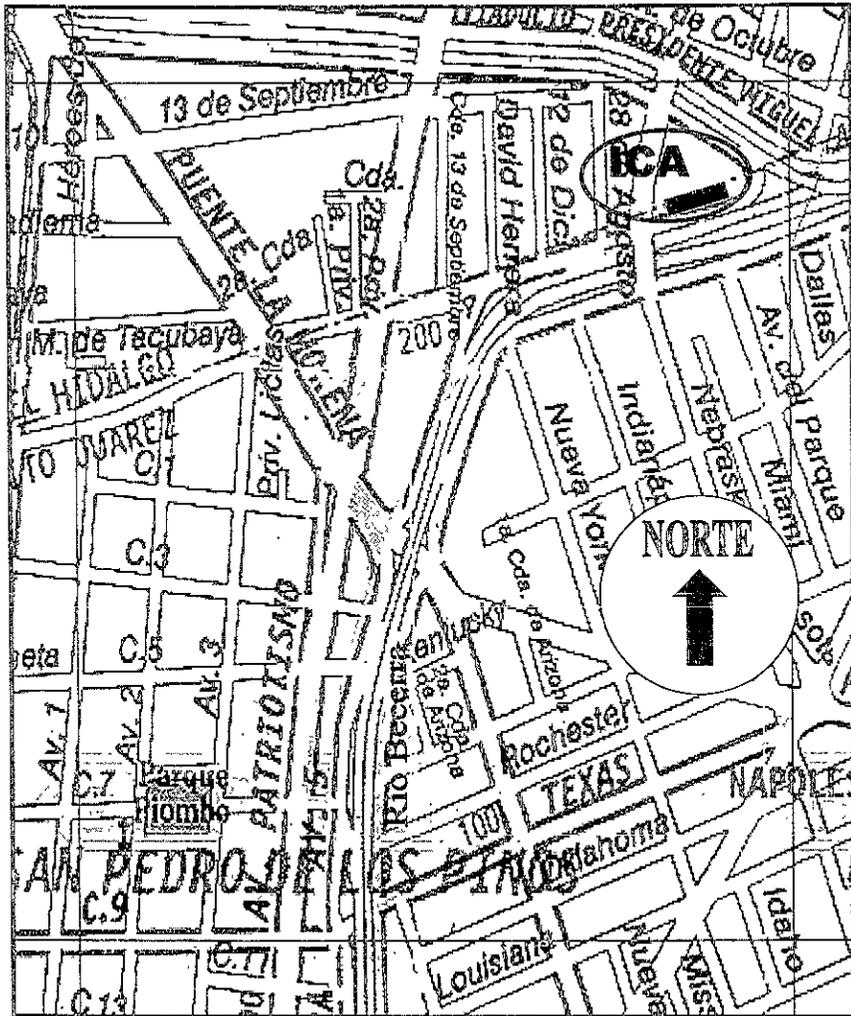
Croquis de localización de los edificios del
Instituto Mexicano del Petróleo

Ubicación: Av. de los Cien metros 152,
Colonia Nueva Vallejo

Delegación Gustavo A. Madero
México Distrito Federal.

Plano 71-3A Guía Roji Ciudad de México 1998

EDIFICIO INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS-INGENIERÍA



Croquis de localización del edificio:
Ingenieros Civiles Asociados, S. A. de C.V. (ICA-Ingeniería)
Ubicación: calle Río Becerra 27, Col. Nápoles
Delegación Benito Juárez, México, Distrito Federal.
Plano: 96-3C Guía Roji, Ciudad de México 1998