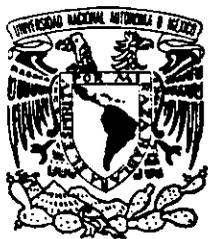


20

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

"ACATLÁN"



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

289388

# T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

## INGENIERO CIVIL

P R E S E N T Á :

### JULIO MARTINEZ CAMACHO

ASESOR: ING. NARCISO TALAMANTES CHAVEZ



UNAM  
CAMPUS ACATLÁN  
25o. ANIVERSARIO

MEXICO, D. F. ENERO 2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



**EL PRESENTE TRABAJO SE IMPRIMIÓ CON EL APOYO DE  
LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**SR. JULIO MARTÍNEZ CAMACHO.  
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.  
PRESENTE.**

En atención a su solicitud presentada con fecha de 18 de enero del 2000, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa aprobó el tema que propuso, para que lo desarrolle como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

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

**INTRODUCCIÓN.**

1. MÉTODO ESTADÍSTICO.
2. FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS PARA OFICINAS.
3. ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS.
4. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Asimismo fue designado como asesor de tesis el ING. NARCISO TALAMANTES CHÁVEZ, pido a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta. Esta comunicación deberá publicarse en el interior del trabajo profesional.

**ATENTAMENTE.**  
**" POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU "**  
Acatlán Edo. de México a 24 de enero del 2001.

Jefe del Programa

Ing. Enrique del Castillo Fragoso



**ENEP-ACATLÁN  
JEFATURA DEL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA**

**A MIS PADRES:**

**SR. ANGEL MARTÍNEZ V. Y SRA. EDMUNDA CAMACHO P.**

**SABIENDO QUE NO EXISTIRÁ UNA FORMA DE AGRADECER TODA UNA  
VIDA DE SACRIFICIOS Y ESFUERZOS, QUIERO QUE SIENTAN QUE EL  
OBJETIVO LOGRADO Y LA FUERZA QUE ME AYUDO A CONSEGUIRLO FUE  
SU APOYO.**

**CON CARÍÑO Y ADMIRACIÓN**

**A MIS HERMANOS:**

**TANIA Y ANGEL  
CON CARÍÑO**

**A MIS FAMILIARES:**

**POR SU APOYO**

**A MIS AMIGOS:**

**LIC. GABRIELA GUTIERREZ MTZ., ROSAMARÍA MARTÍNEZ G., MA. DE  
LOURDES PÉREZ A., JOSÉ LUIS ANAYA T., LIC. MIREYA PULIDO C.,  
GUADALUPE GUERRERO P., ING. GUILLERMO CRUZ A., ALMA JANETT  
LARA MTZ. , ING. JOSÉ LUIS SOTELO C., VERONICA DEL CARMEN  
GALLEGOS C., MA. LUISA FLORES R.  
Y ALGUNOS QUE FALTAN POR NOMBRAR**

A LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (C.N.A.),  
EN ESPECIAL A LOS INTEGRANTES DE LA  
UNIDAD DE AGUA POTABLE Y  
SANEAMIENTO,  
SUBGERENCIA DE CONSTRUCCIÓN  
REGIÓN: NOROESTE

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO,  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES: ACATLÁN  
PROFESORES Y COMPAÑEROS DE  
INGENIERÍA CIVIL  
AL INSTITUTO DE INGENIERÍA POR LAS  
ATENCIÓNES Y RECOMENDACIONES A  
ESTE TRABAJO

AL ING. FRANCISCO PÉREZ ARELLANO  
CUYOS CONOCIMIENTOS SON  
INVALUABLES Y MOTIVAN A SEGUIR  
ADELANTE

AL ING. NARCISO TALAMANTES CHAVEZ  
QUIÉN ASESORÓ ESTE TRABAJO

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE ME  
BRINDARON SU APOYO Y AMISTAD

JULIO

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

---

**ÍNDICE**

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

---

**ÍNDICE**

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

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

---

II.7	Carga total máxima	II-6
II.8	Aplicación del método de simulación de Montecarlo	II-7
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS</b>	<b>III-1</b>
III.1	Medición de mobiliario, equipo y objetos de oficina	III-1
III.1.1	Equipo para realizar el trabajo de medición	III-2
III.1.2	Metodología y clasificación	III-2
III.1.3	Histogramas resultantes de la medición de equipo y objetos de oficina	III-4
III.2	Estimación de la carga viva en edificios para oficinas	III-7
III.2.1	Procedimiento general de estimación de cargas	III-7
III.2.2	Area a muestrear	III-12
III.2.3	Estimación de cargas en el edificio 2 del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México	III-12
III.2.3.1	Primer nivel Coordinación de Mecánica aplicada	III-12
III.2.3.2	Segundo nivel Coordinación de Estructuras	III-13
III.2.4	Estimación de cargas en el edificio de la Secretaría de Educación Pública	III-14
III.2.4.1	Oficinas de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública (DGIT-SEP)	III-14
III.2.4.2	Piso 2 de la Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias de la Secretaría de Educación Pública (DGETA-SEP)	III-15

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

---

III.2.5	Estimación de cargas en el edificio de la Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración del Instituto Mexicano del Petróleo	III-16
III.2.6	Estimación de cargas en el edificio de la Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas Industriales del Instituto Mexicano del Petróleo	III-17
III.2.7	Estimación de cargas en el edificio de Ingeniería de la empresa Ingenieros Civiles Asociados, S. A.	III-18
III.3	Resultados de la estimación de cargas vivas en pisos para oficinas	III-19

<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS</b>	<b>IV-1</b>
IV.1	Análisis estadístico	IV-1
IV.1.1	Metodología	IV-1
IV.1.2	Resultados del análisis estadístico	IV-10
IV.1.2.1	Resultados del análisis de cada uno de los cinco edificios estudiados	IV-10
IV.1.2.2	Resumen de resultado de los cinco edificios	IV-13
IV.1.2.3	Histogramas de cargas sostenidas y funciones de distribución de probabilidades gamma ajustadas	IV-14
IV.2	Datos de entrada y resultados de la simulación	IV-17
IV.3	Valores de carga viva que recomienda el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993	IV-23
IV.3.1	Tipos de acciones	IV-23
IV.3.2	Valores nominales de carga viva	IV-24

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

---

IV.4	Valores de carga viva que recomienda el American National Standards Institute A-58 1994	<b>IV-26</b>
IV.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	<b>IV-29</b>
IV.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	<b>IV-30</b>
IV.7	Propuesta de reducción de los valores de carga viva en edificios para oficinas	<b>IV-31</b>
	IV.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	<b>IV-33</b>

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **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

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

---

**INTRODUCCIÓN**

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

---

## INTRODUCCIÓN

Dentro de las actividades que realiza el ingeniero civil, algunas veces se ve en la necesidad de enfrentar el manejo de problemas en los cuales existe algún grado de **incertidumbre**; para los que nunca 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 debe 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 sería el costo del diseño de la estructura ?

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. La Estadística ha sido de gran utilidad para 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 de 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 m<sup>2</sup>.

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 y se obtienen valores de cargas vivas para diferentes áreas de influencia, se obtienen las probabilidades de excedencia para los valores del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal-1993, el American National Standards Institute A.58-1994 y los que resultaron de la simulación.

Esta tesis está compuesta de las partes siguientes: la Introducción; el capítulo I menciona los conceptos básicos de probabilidad y estadística que se utilizaron para poder manejar los datos estadísticos levantados, así como, la clasificación de los objetos, muebles de oficina, etc., que se señalan en el capítulo III; en el capítulo II se describe la forma como se modeló la carga viva mediante un proceso estocástico, para posteriormente, en el capítulo IV hacer el análisis correspondiente de los datos y así obtener las probabilidades de excedencia de las cargas nominales comparándolas con las del reglamento norteamericano American National Standards Institute A.58-1994. Después de este último capítulo se mencionan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó de todo este análisis de cargas vivas en edificios para oficinas en el Distrito Federal. En los anexos se presentan: 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 analizados, al final se indica la bibliografía utilizada.

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

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

---

**CAPÍTULO I**  
**MÉTODO ESTADÍSTICO**

## CAPÍTULO I

### MÉTODO ESTADÍSTICO

#### I.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.

#### I.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 dado, 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 1.1 *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 1.1 *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**.

# CAPÍTULO I

## MÉTODO ESTADÍSTICO

### I.3 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Una **distribución de frecuencias** es un resumen compacto de datos que 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 I.1 *Histograma* muestra un ejemplo de esta representación.

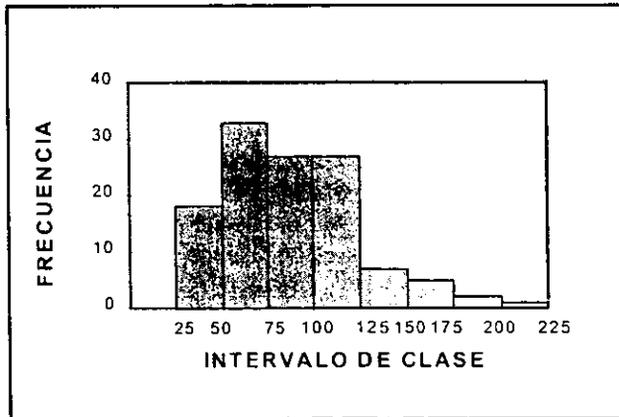


Figura I.1 Histograma

## CAPÍTULO I 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 I.2 se aprecia la *curva de frecuencia acumulada* correspondiente al histograma de la figura I.1

## CAPÍTULO I MÉTODO ESTADÍSTICO

---

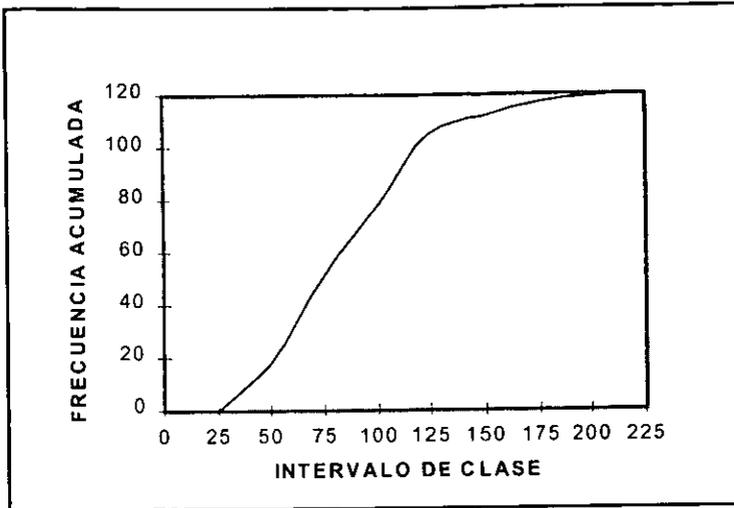


Figura I.2 Curva de frecuencia acumulada

### 1.4 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**”.

#### 1.4.1 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 I

## 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  $\mu$  (mu) se calcula mediante la siguiente expresión:

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

Ecuación. I.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 (M)** 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:

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

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

Geométricamente 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 (Mo)** 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.

# CAPÍTULO I

## MÉTODO ESTADÍSTICO

---

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  $\mu$  (mu)** 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.

### 1.4.2 DISPERSION

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 al rompimiento 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 I 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  $\mu$  (mu), 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  $\sigma^2$  (sigma cuadrada) y su valor se calcula mediante la siguiente expresión:

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

Ecuación I.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  $\sigma^2$  (sigma cuadrada) es pequeña, la variabilidad de las observaciones es pequeña si  $\sigma^2$  (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,  $\sigma$  (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 I.3

La ecuación I.1 es aplicable cuando se desea obtener la media de una población de  $n$  observaciones que han sido realizadas, por lo que  $\mu$  (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  $\mu$  (mu), podríamos definir la **varianza** de la muestra como la desviación cuadrática promedio de las observaciones de la muestra alrededor de  $\mu$  (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 I.2 y I.3 para estimar la varianza  $\sigma^2$  y la desviación estándar  $\sigma$  de la muestra.

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

## CAPÍTULO I 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:

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

Ecuación I.4

Donde:      n.- es el número de observaciones  
              μ.- es la media de la muestra  
              (x<sub>i</sub> - μ).- 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:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} (100)$$

Ecuación I.5

Donde:      σ.- es la desviación estándar de la muestra  
              μ.- 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 γ > 0 (gamma mayor que cero), la distribución será positivamente asimétrica, si γ < 0 (gamma menor que cero), la distribución será negativamente asimétrica y si γ = 0 (gamma igual a cero) la distribución será simétrica.

El coeficiente de asimetría se calcula mediante la siguiente expresión:

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

Ecuación I.6

# CAPÍTULO I

## MÉTODO ESTADÍSTICO

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

### 1.5 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.

#### 1.5.1 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 1.3 *Distribución probabilística de una variable aleatoria discreta  $x$* .

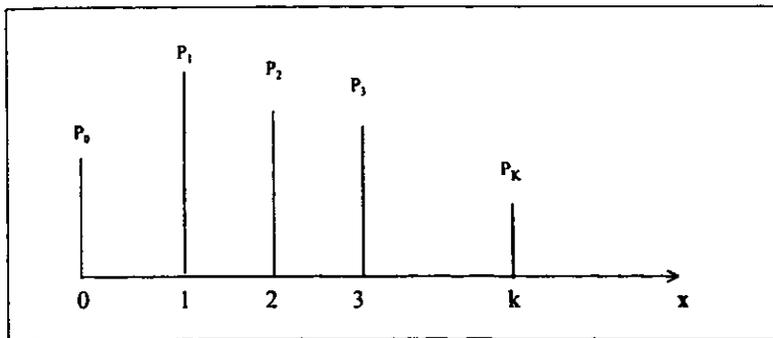


Figura 1.3 Distribución probabilística de una variable aleatoria discreta  $x$

# CAPÍTULO I

## MÉTODO ESTADÍSTICO

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

$$P(X) = \sum_{x_i \leq X} p_i$$

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

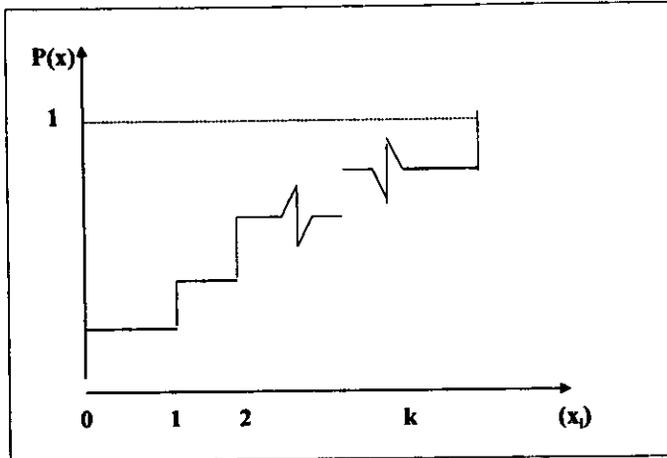


Figura I.4 Función de distribución acumulada (fda) de una variable aleatoria discreta x

### I.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 I

## 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:

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

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

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

### **1.5.2.1 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:

$$f_r(t) = v_1 e^{-v_1 t}$$

Ecuación 1.7

donde:

$v_1$  es el número promedio de sucesos por unidad de tiempo  
 $t$  es un intervalo de tiempo.

cuya función de distribución acumulada es:

$$F_r(t) = 1 - e^{-v_1 t} \quad t \geq 0$$

Ecuación 1.8

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

## CAPÍTULO I MÉTODO ESTADÍSTICO

---

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

Ecuación I.9

y la varianza por:

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

Ecuación I.10

### I.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 definición y expresión:

**Definición.** Sea  $X$  una variable aleatoria continua que toma sólo valores no negativos.

Decimos que  $X$  tiene una distribución de probabilidades Gamma si su fdp está dada por:

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

Ecuación I.11

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

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

Ecuación I.12

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

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

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

Ecuación I.13

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

Ecuación I.14

## CAPÍTULO I MÉTODO ESTADÍSTICO

---

### I.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:

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

Ecuación I.15

Su distribución acumulada es:

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

Ecuación I.16

donde:

$\alpha$  es una medida de dispersión  
 $U$  es la moda de la distribución.

Los parámetros  $\alpha$  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 I.17

Donde:  $\gamma$  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 I.18

La desviación estándar es:

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

Ecuación I.19

# CAPÍTULO I

## MÉTODO ESTADÍSTICO

---

### I.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.
- Geostatística.

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:

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

Ecuación I.20

## CAPÍTULO I 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:

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

Ecuación I.21

y la varianza por:

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

Ecuación I.22

### I.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:

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

Ecuación I.23

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 periodo 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 I

## MÉTODO ESTADÍSTICO

---

### 1.6.2 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

#### 1.6.2.1 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.

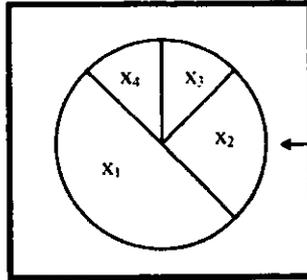
En las etapas iniciales del desarrollo del método Montecarlo, los investigadores intentaban obtener cada variable aleatoria construyendo una ruleta apropiada. Por ejemplo para obtener los valores de la variable aleatoria con la siguiente distribución:

$x_i$	$p(x_i)$
$x_1$	0.500
$x_2$	0.250
$x_3$	0.125
$x_4$	0.125

Se empleaba la ruleta mostrada en la figura 1.5 *Ruleta de probabilidades*, que está dividida en partes proporcionales a las  $p_i$

**CAPÍTULO I**  
**MÉTODO ESTADÍSTICO**

---



**Figura I.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  $\gamma'$  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  $\gamma'$  tome un valor perteneciente al intervalo  $(a', b')$  es igual a la longitud de este intervalo.

Se denomina *sorteo* de la variable aleatoria  $\xi(x_i)$  el proceso de determinar esta variable  $\xi$  mediante la transformación de uno o varios valores de  $\gamma'$

**I.6.2.2 Variable aleatoria discreta**

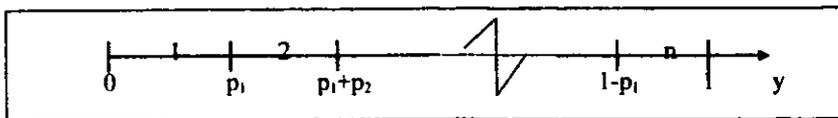
Si se quiere obtener valores de la variable aleatoria discreta  $\xi(x_i)$  que tiene la siguiente distribución:

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

Ecuación I.24

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 I.6.



**Figura I.6 Distribución de probabilidades acumuladas**

## CAPÍTULO I MÉTODO ESTADÍSTICO

---

Con esto concluyen los preparativos del sorteo de  $\xi$  ( $x_i$ ). Cada vez que se tenga que realizar un experimento y sortear el valor de  $\xi$ , se tomará un valor de  $\gamma'$  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.

### I.6.2.3 Variable aleatoria continua

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

Los valores de  $\xi$  se pueden determinar mediante la siguiente expresión:

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

Ecuación I.25

De modo que una vez escogido el valor de  $\gamma'$  es preciso resolver la igualdad anterior para hallar el valor de  $\xi$ .

Un ejemplo que ilustra esto es el siguiente:

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

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

Ecuación I.26

para sortear los valores de  $\xi$  se forma la expresión:

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

Ecuación I.27

La integral se calcula fácilmente y resulta:

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

Ecuación I.28

De donde se obtiene una expresión explícita para  $\xi$ :

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

Ecuación I.29

A continuación se presenta en el capítulo II las cargas vivas y sus características principales.

---

## **CAPÍTULO II**

# **FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS PARA OFICINAS**

## CAPÍTULO II

### FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

#### II.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CARGAS

En este capítulo se describe la representación de las cargas vivas un como proceso estocástico y se hace una descripción del modelo de simulación de Montecarlo (*ver referencia bibliográfica 1.- Soriano, Ruiz*), 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.

#### II.2 TIPOS DE CARGAS ACTUANTES

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

El mobiliario y el personal que normalmente labora en una oficina están representados por las **cargas sostenidas** (figura II.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. II.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.

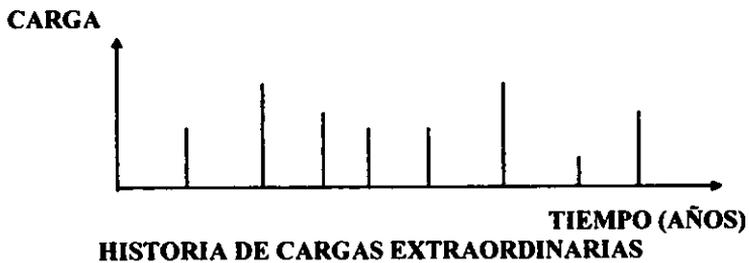
**CAPÍTULO II**  
**FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS**  
**EN EDIFICIOS PARA OFICINAS**

---

a) Cargas sostenidas



b) Cargas extraordinarias



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

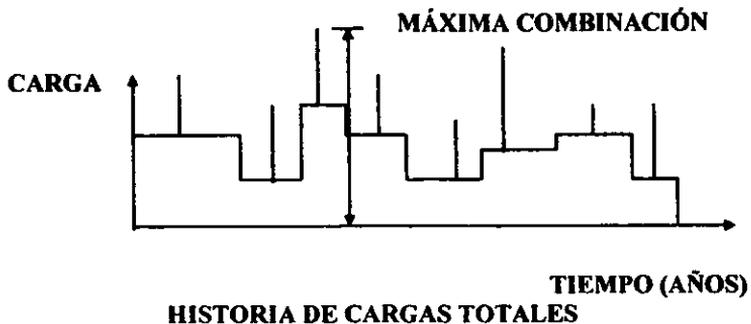


Figura II.1 Representación esquemática de las cargas vivas

## CAPÍTULO II FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

---

### II.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 de piso A, esto es:

$$E(u) = m_u$$

Ecuación II.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 II.2

$m_u$ ,  $\sigma_a^2$  y  $\sigma_s^2$  se determinan experimentalmente a partir de datos de cargas vivas de servicio.

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

$\sigma_a^2$  es la varianza y

$\sigma_s^2$  es una constante experimental que resulta de un ajuste razonable de datos de pequeñas áreas de servicio.

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

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

Ecuación II.3

Donde: L es la carga instantánea uniformemente distribuida

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

Ecuación II.4

## CAPÍTULO II 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.

### II.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.

### II.5 CARGA EXTRAORDINARIA

En la *referencia bibliográfica 5*.- Ellingwood Bruce y Culver Charles, aparece el siguiente modelo de cargas extraordinarias, el cual se emplea en este trabajo.

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

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

Ecuación II.5

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

Ecuación II.6

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

Ecuación II.7

**CAPÍTULO II**  
**FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS**  
**EN EDIFICIOS PARA OFICINAS**

---

donde:

$\bar{E}$  representa las cargas extraordinarias

$\lambda$  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, su valor es 2.2

$m$  es la media

$\sigma$  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.

## II.6 CARGA EXTRAORDINARIA MÁXIMA

Se supone que la magnitud de las cargas extraordinarias sigue una función tipo Gamma. Al igual que las 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 II.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 II.9

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

Ecuación II.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 II.11

## CAPÍTULO II

### 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 II.12

donde:

- $\mu_x$  es la media de la intensidad de la carga de un evento extraordinario.
- $\sigma_x$  es la desviación estándar de la intensidad de la carga de un evento extraordinario
- $N$  es el número de repeticiones independientes

### II.7 CARGA TOTAL MÁXIMA

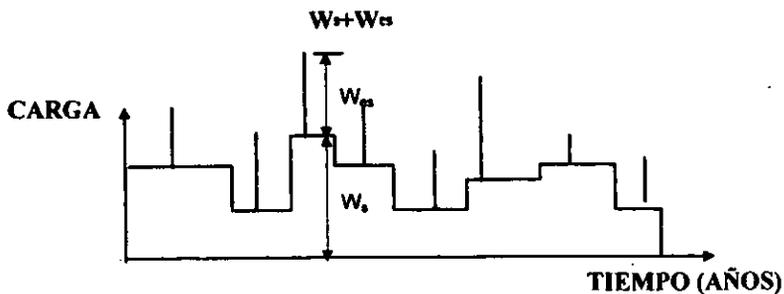
La carga total máxima que actúa en una determinada área está formada por una carga sostenida más una carga extraordinaria.

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  $W_e$ .

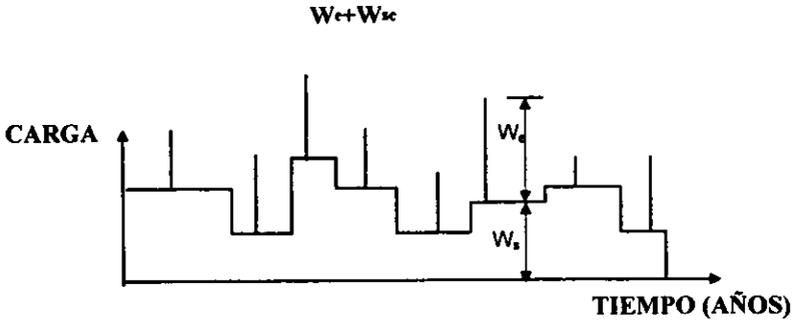
Primer caso:



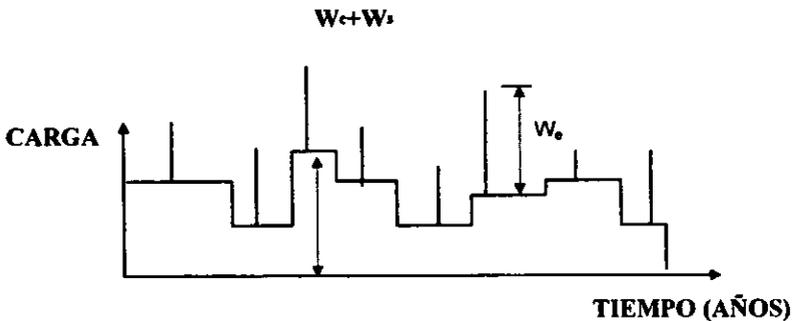
## CAPÍTULO II FORMULACIÓN DEL MODELO DE CARGAS VIVAS EN EDIFICIOS PARA OFICINAS

---

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.

### II.8 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE SIMULACIÓN DE MONTECARLO

En la sección 1.6.2 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 II 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 II.3)
- varianza de las cargas sostenidas (Ecuación II.4)
- media de las cargas extraordinarias (Ecuaciones II.5 y II.7)
- varianza de las cargas extraordinarias (Ecuaciones II.6 y II.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 I.13 y I.14 se obtienen los parámetros  $k$  y  $\lambda$  de la función de distribución Gamma. (Ecuación I.11). Aplicando el método Montecarlo a la función Gamma y con los parámetros  $k$  y  $\lambda$  calculados se genera aleatoriamente la magnitud de las cargas sostenidas.

### 3) Generación de la carga extraordinaria máxima

Mediante las ecuaciones II.5 a II.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 II.8, II.12, II.10 y II.11 se obtienen la media y la desviación estándar de las cargas extraordinarias máximas.

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

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

## CAPÍTULO II 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 III*, denominado *Estimación de cargas en pisos de oficinas*, se describe en forma detallada el proceso de estimación de las cargas vivas, que servirá para determinar los valores a utilizar en el programa de simulación, basado en el método de Montecarlo.

## **CAPÍTULO III**

# **ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**

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

---

## CAPÍTULO III

### ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS DE OFICINAS

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

En este capítulo se describe la metodología que se siguió para estimar las cargas vivas en los edificios de oficinas muestreados, mismos que se enlistan 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 arriba mencionados se muestran en el anexo III.

#### III.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 entpiso en 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 III

### ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

---

#### III.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, polines, tabloneros y tablas de madera.

#### III.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 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 los cuales eran una combinación de libros, folders, carpetas, etc.

### CAPÍTULO III

## 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 en base a que los materiales con los que están fabricados no son los mismos, lo cual incluye 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 sumando 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 con base en el tipo de material, las dimensiones y 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 auxiliándonos de dos polines (previamente pesados). Se colocaban sobre las básculas los polines que sirvieron de apoyo a las patas del escritorio, se sumaban las dos lecturas y se restaba el peso de los polines. Obteniendo así el peso del escritorio, midiendo sus dimensiones (ancho, largo y alto) para obtener 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 auxilio de una tabla que sirvió de plataforma (previamente pesada) 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 III

## 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. Posteriormente, se estimó el peso de lo que contenían. De esta manera se calibró, en parte, el sistema de estimación. Dicho sistema (sin necesidad de pesar físicamente los objetos que se encontraban dentro del mueble) se utilizó posteriormente para estimar los pesos.

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

### III.1.3 HISTOGRAMAS RESULTANTES DE LA MEDICIÓN DE EQUIPO Y OBJETOS DE OFICINA

En la figura III.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.

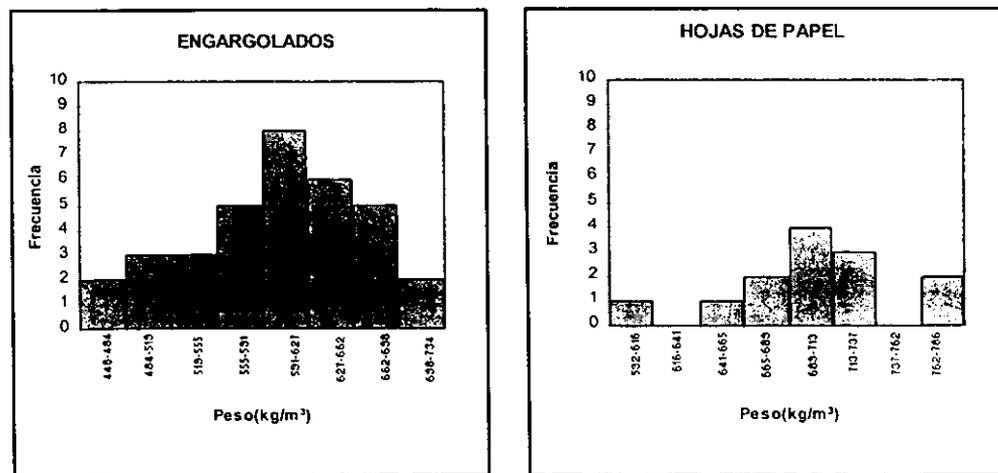


Figura III.1 Histogramas de equipo y objetos de oficina.

**CAPÍTULO III**  
**ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**

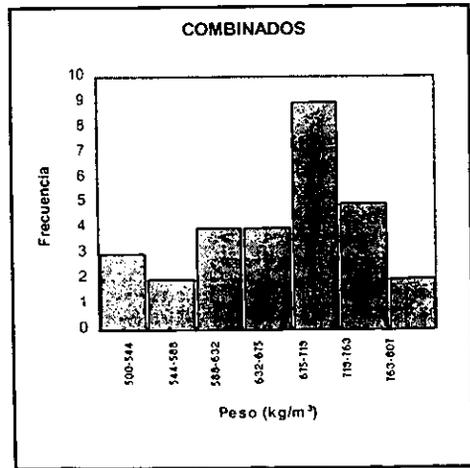
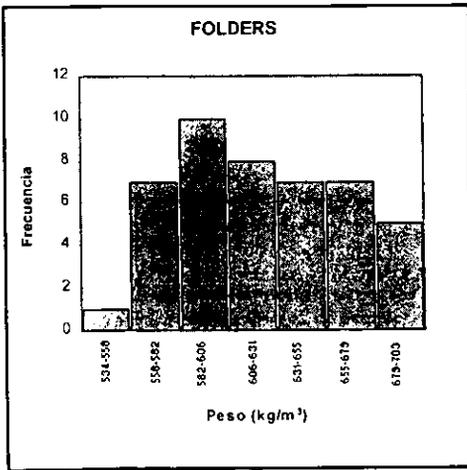
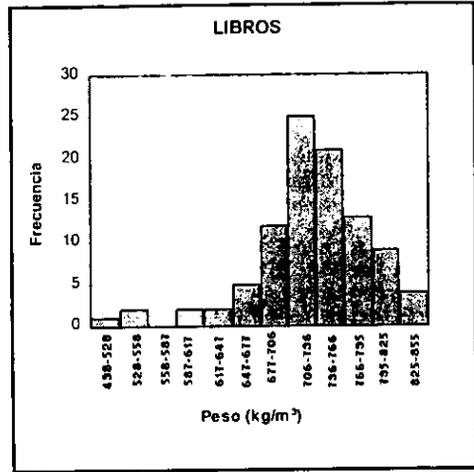
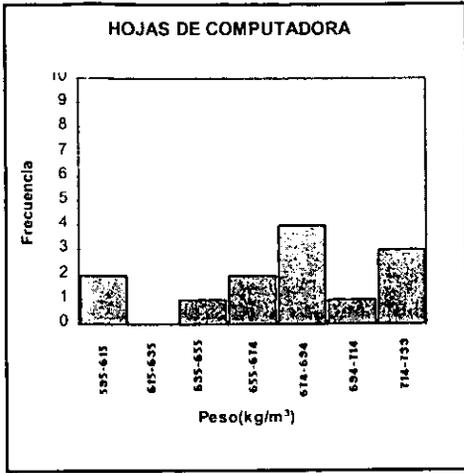
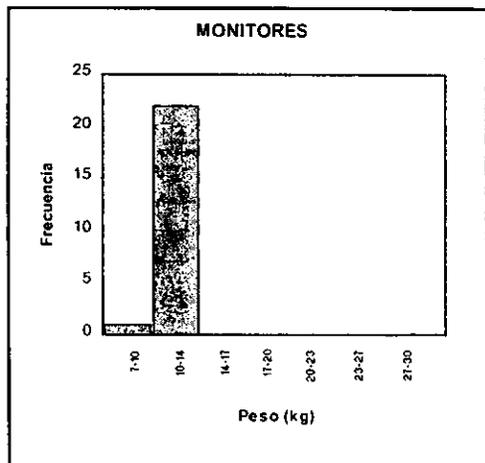
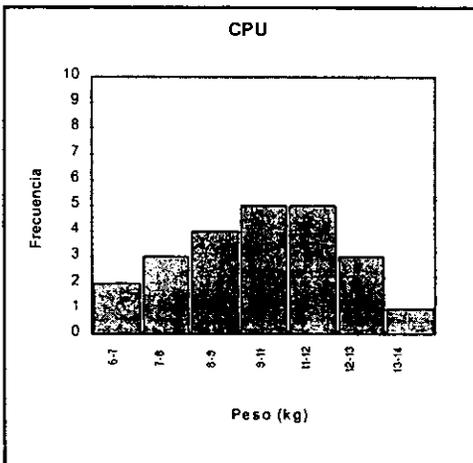
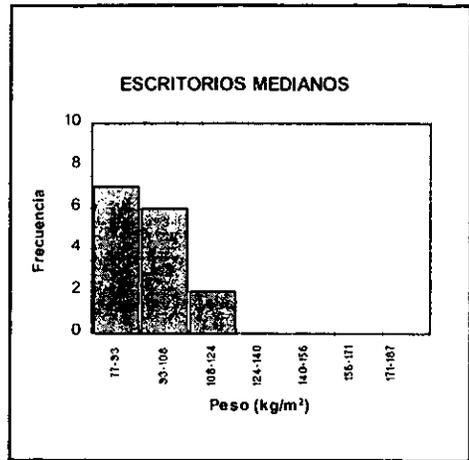
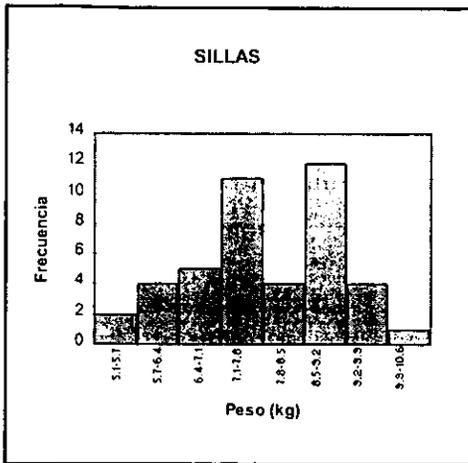


Figura III.1 Histogramas de equipo y objetos de oficina (continuación)

**CAPÍTULO III**  
**ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**



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

## **CAPÍTULO III**

### **ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**

---

#### **III.2 ESTIMACIÓN DE LA CARGA VIVA EN EDIFICIOS PARA OFICINA**

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

##### **III.2.1 PROCEDIMIENTO GENERAL DE ESTIMACIÓN DE CARGAS.**

Para poder estimar las cargas actuantes de 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 realizar 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 harían las estimaciones de las cargas.

###### ***2) Inspección inicial***

Enseguida se realiza un recorrido por las instalaciones, haciendo una inspección visual observando el tipo de mobiliario predominante, la distribución de las oficinas y la posición del mobiliario en cada nivel, así como la 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 el estado 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 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 m<sup>2</sup>) para las cuales se estimará la carga se hace principalmente con base en los dos criterios siguientes:

- De acuerdo a los requerimientos para el análisis estadístico (para lo cual es necesario considerar áreas relativamente pequeñas).

### CAPÍTULO III

#### ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

- La distribución del mobiliario, así como de 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 deberán ser físicamente fáciles de localizar; esto se consigue tratando de que la división imaginaria coincida con divisiones físicas reales como mamparas, columnas pasillos etc.

Cuando la división de las áreas básicas se ha realizado en base a los anteriores criterios el registro es mas fácil y rápido. La división se hace en un plano marcando los límites de cada área y asignando un número que permita identificar a 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, con la finalidad de observar si cambian considerablemente con respecto a lo que se tiene previamente asentado. Si es que se tienen registrados se comprueba su valor medio, 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 III.1 *Ejemplo de formato de registro* se muestra un ejemplo de estos formatos.

Objeto de oficina	Peso	Unidad	Area analizada de losa de piso						
			A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	....	....	....	A <sub>n</sub>
Engargolados y carpetas	605.17	kg/m <sup>3</sup>							
Hojas de papel	710.46	kg/m <sup>3</sup>							
Hojas para computadora	677.31	kg/m <sup>3</sup>							
Libros	733.29	kg/m <sup>3</sup>							
Combinados	667.75	kg/m <sup>3</sup>							
Folders	624.60	kg/m <sup>3</sup>							
Archiveros									
Metálicos llenos 3 cajones	105.97	kg							
Metálicos llenos 4 cajones	140.00	kg							
Metálicos llenos 5 cajones	203.04	kg							

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

**CAPÍTULO III**  
**ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**

Continuación de la tabla III.1

Objeto de oficina	Peso	Unidad	Area analizada de losa de piso							
			A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	....	....	....	A <sub>n</sub>	
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 <sup>2</sup>								
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 (0.37x 0.36x0.20 )m	13.81	kg								
CPU										
Grandes (0.37x0.15x0.45 )m	16.50	kg								

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

**CAPÍTULO III**  
**ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**

Continuación de la tabla III.1

Objeto de oficina	Peso	Unidad	Área analizada de losa de piso						
			A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	....	....	....	A <sub>n</sub>
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 III.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 la hoja 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 él 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 III

#### 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. Dos pisos correspondientes a las coordinaciones de Mecánica Aplicada y Estructuras, 1º y 2º 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). 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).
- d) Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Tres pisos correspondientes a la Subdirección de Perforación y Plantas Industriales (SIPPI).
- e) Ingenieros Civiles Asociados (ICA). Cuatro pisos correspondientes a ICA Ingeniería Civil.

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.

### CAPÍTULO III

#### ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

---

#### III.2.2 ÁREA A MUESTREAR

Como se mencionó en el inicio de este trabajo, el área muestreada fue de cerca de 15,000 m<sup>2</sup>. (14,890 m<sup>2</sup>). Fue 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, y cuyas cargas se consideran típicas en edificios de oficinas.

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

Edificio	Dimensiones (m)	Área básica (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
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
<b>Área Total Muestreada</b>			<b>14,890.00</b>

**Tabla III.2 Área muestreada**

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

##### III.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 III.1).

En dicho entrepiso el método fue el siguiente:

### **CAPÍTULO III**

#### **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 entrepiso 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 entrepiso completo incluyéndose 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 cuales 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 para pesar lo que en la oficina existía, ya que se encontraban laborando
- 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  $3\%$ . 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.

#### **III.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 III.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 III**

#### **ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**

---

#### **III.2.4 ESTIMACIÓN DE CARGAS EN EL EDIFICIO DE LA SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA**

Este edificio consta de planta baja y tres niveles, lo cual 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.

##### **III.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 III-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, portagarraones, 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 III**

#### **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, 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).

#### **III.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.

### **CAPÍTULO III**

#### **ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**

---

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

#### **III.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, el cual 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 (por su gran peso y dimensiones). Se decidió pesar únicamente uno. Su peso fue de alrededor de 300 kg. y sus dimensiones son grandes (2.40 m de largo X 1.20 m de ancho X 1.50 m de altura). Por su gran masa no se hizo práctico pesar otros.

### **CAPÍTULO III**

#### **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 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.

#### **III.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, el cual 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, esta variedad no fue 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.

### **CAPÍTULO III**

#### **ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**

---

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.

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 apegado 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.

#### **III.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. Este presenta las siguientes características:

### **CAPÍTULO III**

#### **ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**

---

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.

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 en 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, debido 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 debido 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.

### **III.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 gráficas de barras tridimensionales que muestran claramente la distribución de las cargas vivas en los diferentes edificios muestreados.

Las figuras corresponden a los siguientes edificios:

### **CAPÍTULO III**

#### **ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS**

---

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

- III.3.1.A Instituto de Ingeniería, Coordinación de Mecánica Aplicada, primer nivel.
- III.3.1.B Instituto de Ingeniería, Coordinación de Estructuras, segundo nivel.

#### **Edificio de la Secretaría de Educación Pública:**

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

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

- III.3.3.A Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración, planta baja.
- III.3.3.B Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración, nivel 1
- III.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:**

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

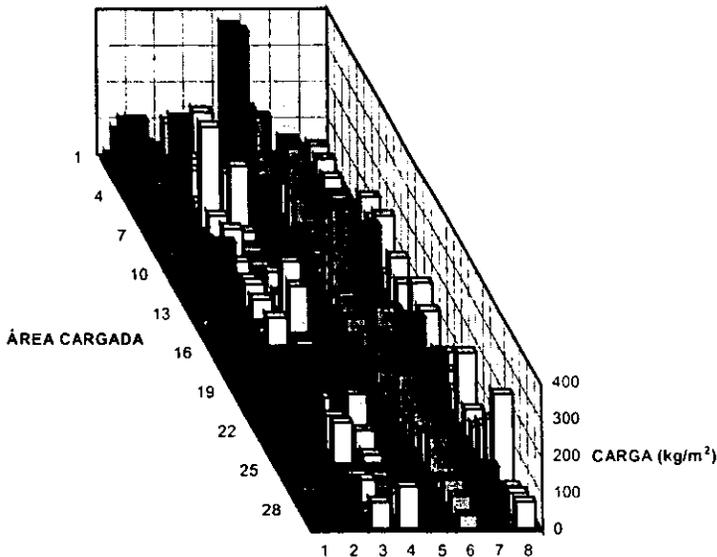
#### **Edificio de Ingenieros Civiles Asociados:**

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

**CAPÍTULO III**  
**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 ( $\text{kg/m}^2$ )



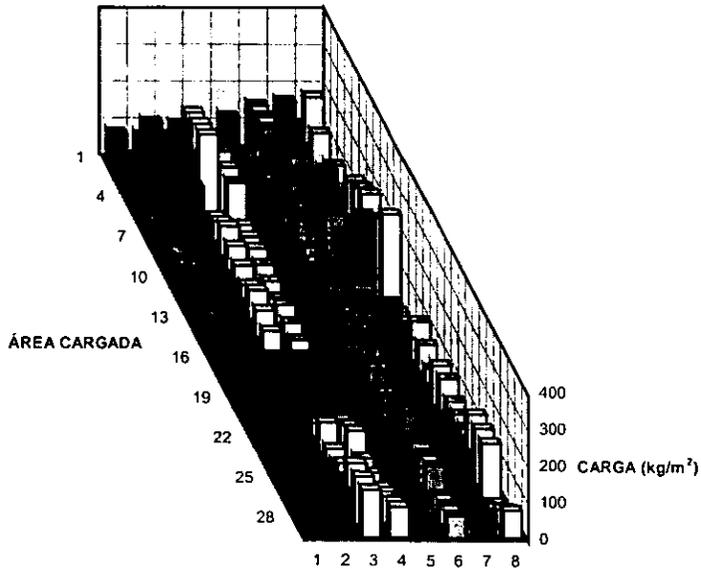
b) Gráfico representativo de cargas distribuidas en área de planta

Figura IV.3.1.A Planta correspondiente al edificio del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (II UNAM), de la Coordinación de Mecánica Aplicada (piso 1)

**CAPÍTULO III**  
**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 (kg/m<sup>2</sup>)



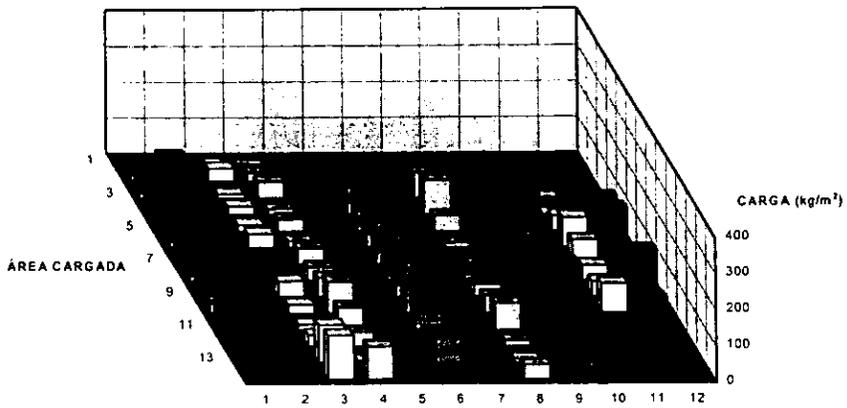
b) Gráfico representativo de cargas distribuidas en área de planta

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 III**  
**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 ( $\text{kg/m}^2$ )



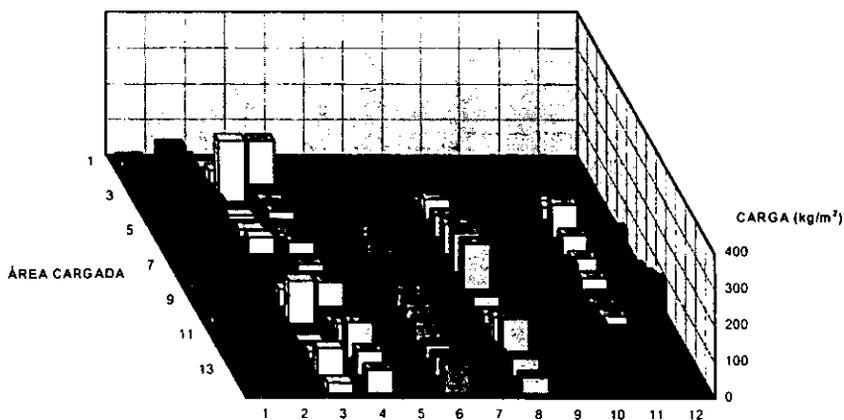
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

**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 III**  
**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 ( $\text{kg/m}^2$ )



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

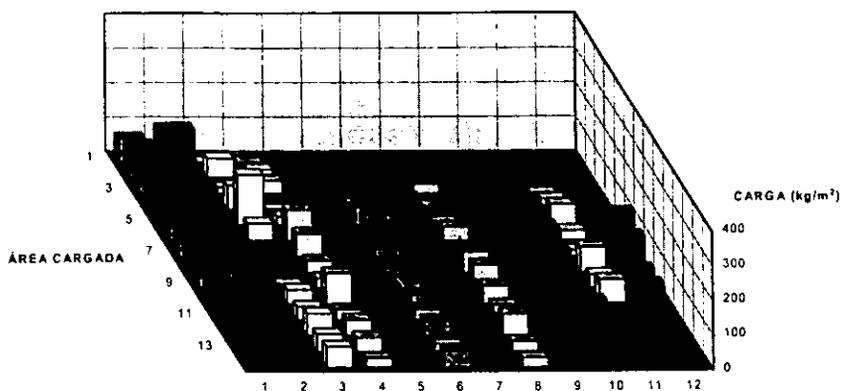
**Figura IV.3.2.B Planta correspondiente al edificio de la Secretaría de Educación Pública (SEP), de la Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGIT), Piso 1**

### CAPÍTULO III

#### ESTIMACIÓN DE CARGAS VIVAS EN PISOS PARA OFICINAS

	1	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	59	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 (kg/m<sup>2</sup>)



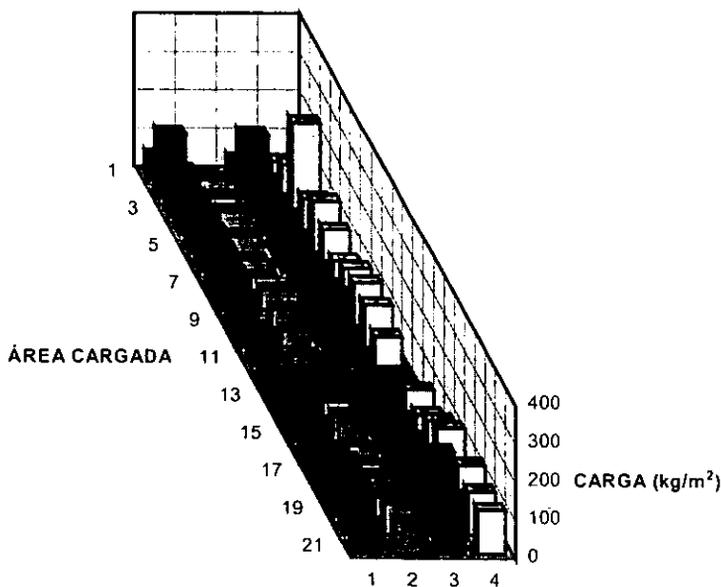
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

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 III**  
**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	78	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 (kg/m<sup>2</sup>)



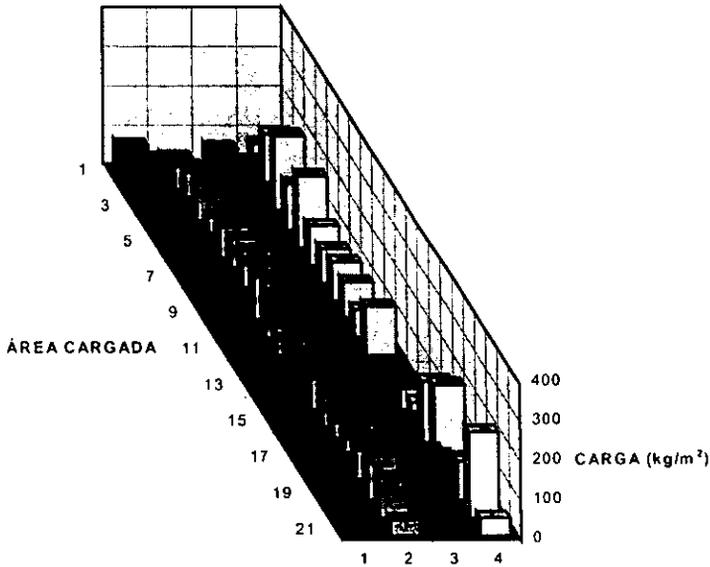
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

**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 III**  
**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 ( $\text{kg/m}^2$ )



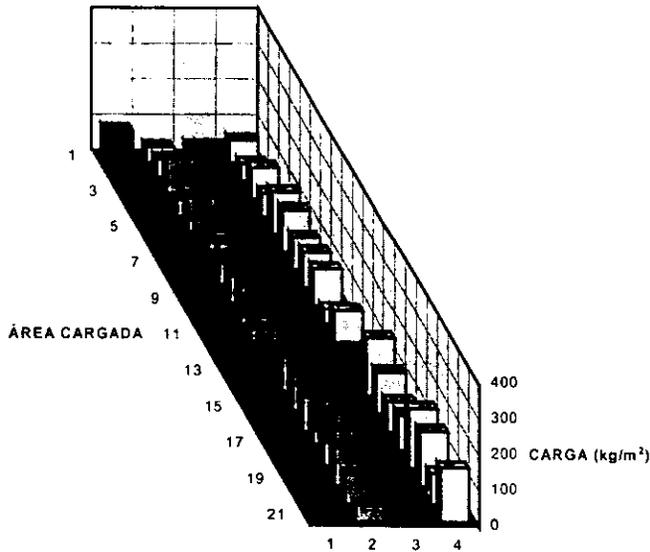
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

**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 III**  
**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 (kg/m<sup>2</sup>)



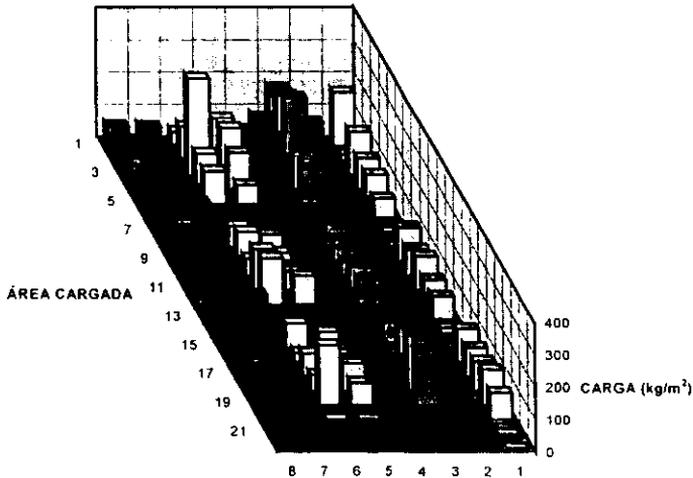
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

**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 III**  
**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 ( $\text{kg/m}^2$ )



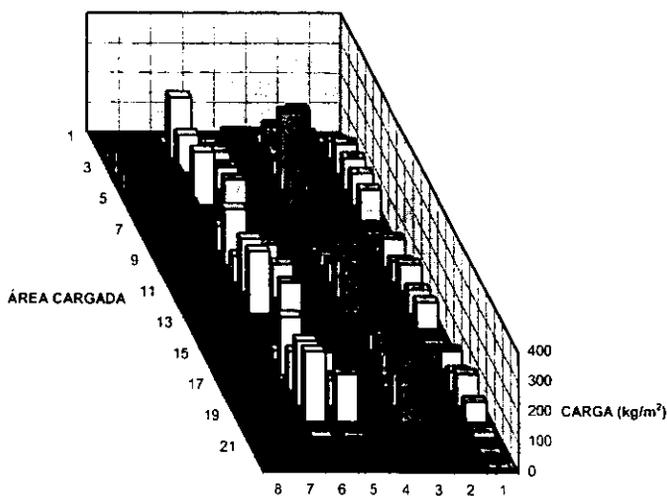
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

**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 III**  
**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 ( $\text{kg/m}^2$ )



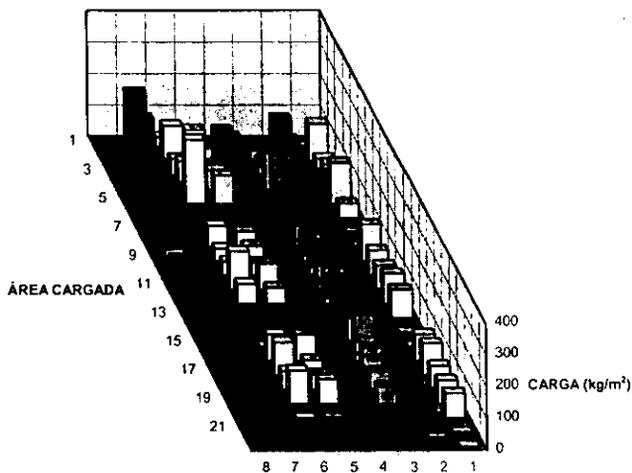
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

**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 III**  
**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 (kg/m<sup>2</sup>)



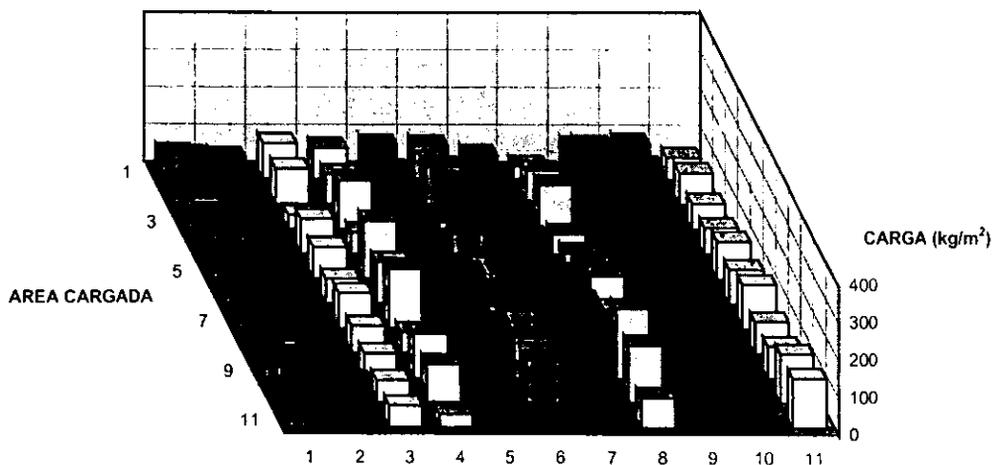
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

**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 III**  
**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 (kg/m<sup>2</sup>)



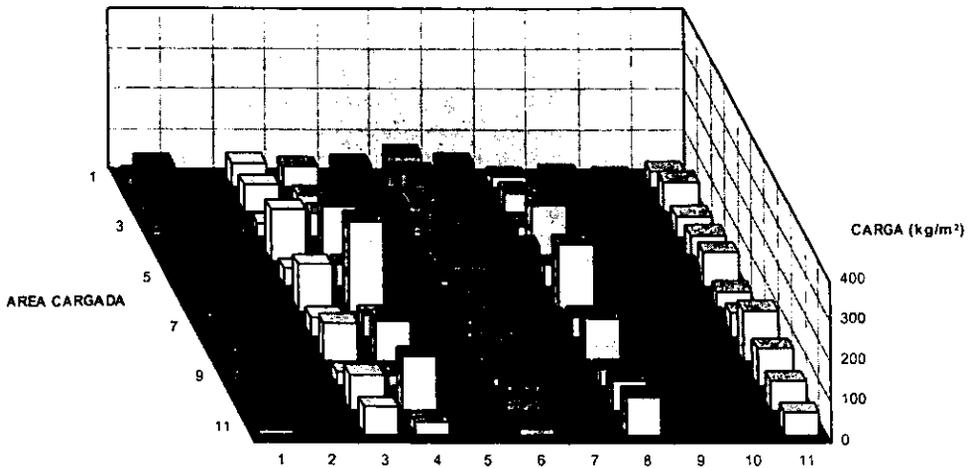
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

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

**CAPÍTULO III**  
**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 (kg/m<sup>2</sup>)



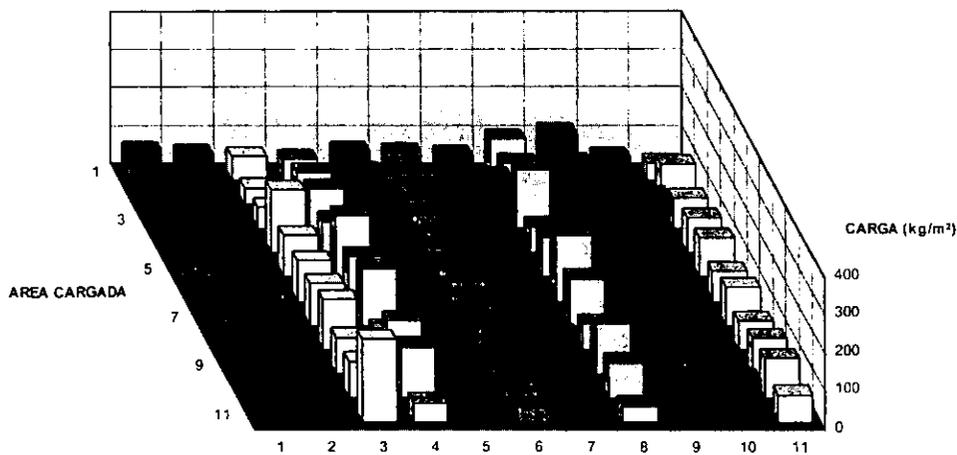
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

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

**CAPÍTULO III**  
**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 (kg/m<sup>2</sup>)



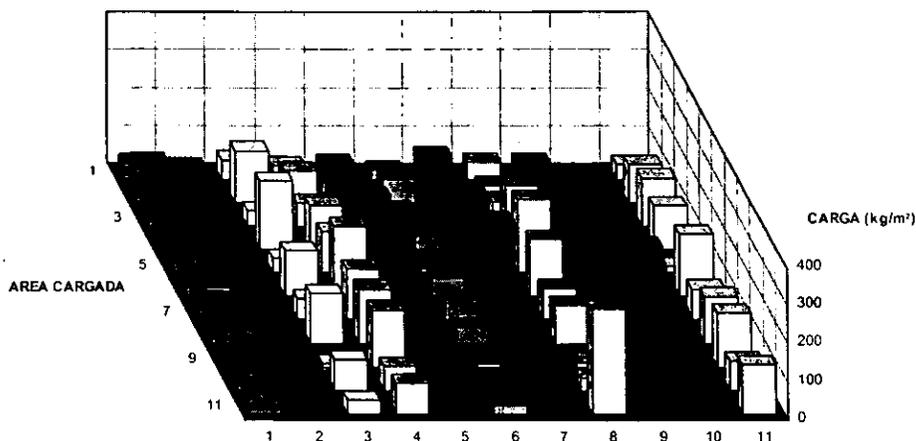
b) Gráfico representativo de cargas vivas distribuidas en área de planta

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

**CAPÍTULO III**  
**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	6.4	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	7.8	150	26	9.3	17	14	44	37	141
10	121	48	80	62	19	4.6	17	34	71	47	77
11	108	87	38	80	143	23	154	274	229	35	128

a) Planta esquemática de cargas vivas (kg/m<sup>2</sup>)



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 IV**

# **PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

## CAPÍTULO IV

### PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

#### IV.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

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

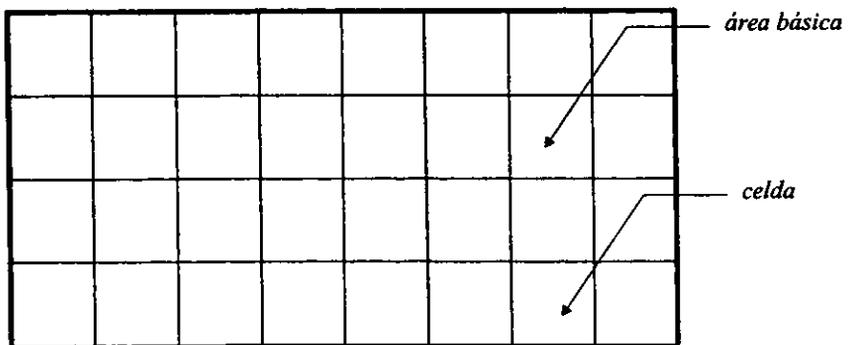
##### IV.1.1 METODOLOGÍA

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  $\text{kg/m}^2$ , se procedió a la obtención de la media ( $\mu$ ), la desviación estándar ( $\sigma$ ), la varianza ( $\sigma^2$ ), el coeficiente de variación (CV), el coeficiente de asimetría ( $\gamma$ ) 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 celdas en que se dividió la planta al momento de hacer el levantamiento, en todos los casos fueron menores a  $20 \text{ m}^2$ .

Por ejemplo, si el siguiente croquis fuera la planta de un edificio, cada uno de los cuadros pequeños (celdas) sería un *área básica*.



**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

2) De éstas *áreas básicas* se sumaron sus valores de carga actuantes ( $\text{kg/m}^2$ ) en cada una de ellas, y esta suma se dividió entre el número total de áreas, para obtener así la media, la varianza, la desviación estándar, el coeficiente de variación y el coeficiente de asimetría.

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

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 celdas iguales a un *área básica* se tendría:

$$n = 32$$

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

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

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

$$\sum x_i = 1322$$

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

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

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

$$\sum [(x_i - \mu)^2 / \sigma^2] = 18.62753439$$

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

**Varianza ( $\sigma^2$ ) = 17,566.875/31 = 566.67338 (kg/m<sup>2</sup>)**

**Desviación estándar ( $\sigma$ ) =  $\sqrt{566.67338} = 23.8049$  (kg/m<sup>2</sup>)**

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

**Coefficiente de asimetría ( $\gamma$ ) = 0.640947**

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

Para nuestro ejemplo, ahora tomando celdas de dos áreas básicas:

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 con celdas de un *área básica*, será de:

**Media muestral ( $\mu$ ) = 661 / 16 = 41.3125 kg/m<sup>2</sup>**

**CAPÍTULO IV**  
**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 el área doble, o sea, si se tiene una carga de 25 kg/m<sup>2</sup> en un *área básica*, y se le suma 34 kg/m<sup>2</sup> de otra *área básica*, se tiene 25+34= 79 kg. actuando en 2m<sup>2</sup>; de ahí que se divida entre 2, para finalmente tener 79/2 =39.5 kg/m<sup>2</sup>. De manera análoga, para tres *áreas básicas* se dividirá entre 3, para cuatro *áreas básicas* se dividirá entre 4, etc.

$$\begin{aligned} \sum(x_i - \mu)^2 = & (29.5-41.3125)^2 + (32-41.3125)^2 + (62-41.3125)^2 + (6241.3125)^2 + (31.541.3125)^2 + \\ & (47.5-41.3125)^2 + (14-41.3125)^2 + (37-1.3125)^2 + (44.5-1.3125)^2 + (34-41.3125)^2 + \\ & (79.5-41.3125)^2 + (20-41.3125)^2 + (39.5-41.3125)^2 + (42.5-41.3125)^2 + \\ & (20.5-41.3125)^2 + (65-41.3125)^2 = \end{aligned}$$

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

$$\sum[(x_i - \mu)^2 / \sigma^2] = 7.3270$$

De donde, sustituyendo lo anterior en las ecuaciones correspondientes, se obtiene:

**Varianza ( $\sigma^2$ ) = 4956.4375/15 = 330.4291 (kg/m<sup>2</sup>)<sup>2</sup>**

**Desviación estándar ( $\sigma$ ) =  $\sqrt{330.4291}$  = 18.1777 (kg/m<sup>2</sup>)**

**Coefficiente de variación (CV) = 18.1777/41.3125 = 0.44000 = 44 %**

**Coefficiente de asimetría ( $\gamma$ ) = 0.55825235**

Ahora, tomando celdas de 4 *áreas básicas*:

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 IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

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

$$\sum x_i = 330.5$$

**Media muestral ( $\mu$ ) =  $330.5 / 8 = 41.3125 \text{ kg/m}^2$**   
 haciendo las operaciones arriba indicadas se obtiene:

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

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

**Coefficiente de variación (CV) =  $11.1513/41.3125 = 0.26992 = 26.99 \%$**

**Coefficiente de asimetría ( $\gamma$ ) =  $0.59208339$**

Ahora, tomando celdas de 8 áreas básicas:

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:

$$n = 4$$

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

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

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

$$\sum x_i = 165.25$$

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

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

Haciendo las operaciones arriba indicadas se obtiene:

**Varianza ( $\sigma^2$ ) = 304.7031/3 = 101.567708 (kg/m<sup>2</sup>)<sup>2</sup>**

**Desviación estándar ( $\sigma$ ) =  $\sqrt{101.567708} = 10.07808$  (kg/m<sup>2</sup>)**

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

**Coefficiente de asimetría ( $\gamma$ ) = 1.60489364**

Ahora, tomando celdas de 16 áreas básicas:

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:

$n = 2$

$n-1 = 2-1 = 1$

$n-2 = 2-2 = 0$

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

$\Sigma x_i = 82.625$

**Media muestral ( $\mu$ ) = 82.625 / 2 = 41.3125 kg/m<sup>2</sup>**

Haciendo las operaciones arriba indicadas se obtiene:

**Varianza ( $\sigma^2$ ) = 34.03125/1 = 34.03125 (kg/m<sup>2</sup>)<sup>2</sup>**

**Desviación Estándar ( $\sigma$ ) =  $\sqrt{34.03125} = 5.83363094$  (kg/m<sup>2</sup>)**

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

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

**Coefficiente de Asimetría ( $\gamma$ ) = indefinido**

- 4) Ya contando con todo ese conjunto de datos de una determinada área y sus correspondientes valores de 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 IV.1 *Número de áreas básicas contra los resultados de parámetros estadísticos*:

Número de áreas básicas	32	16	8	4	2
Área (m <sup>2</sup> )	1.0000	2.0000	4.0000	8.0000	16.0000
1/A (1/m <sup>2</sup> )	1.0000	0.5000	0.2500	0.1250	0.0625
Media (kg/m <sup>2</sup> )	41.3125	41.3125	41.3125	41.3125	41.3125
Varianza (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	566.6733	330.4291	124.3526	101.5677	34.0312
Desviación estándar (kg/m <sup>2</sup> )	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 IV.1**  
**Número de áreas básicas contra los resultados de parámetros estadísticos**

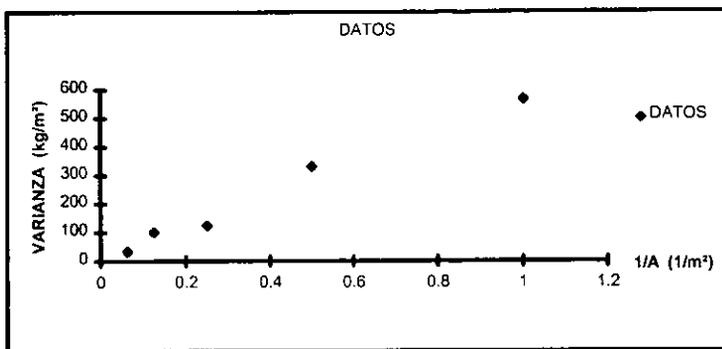
- 5) Con los valores de la tabla IV.1 se puede elaborar una gráfica como la que se muestra en la figura IV.1. Ésta presenta los valores de la varianza en el eje de las ordenadas contra los valores del inverso del área en el eje de las abscisas. La serie de puntos dispersos en la gráfica se ajustan, mediante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

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

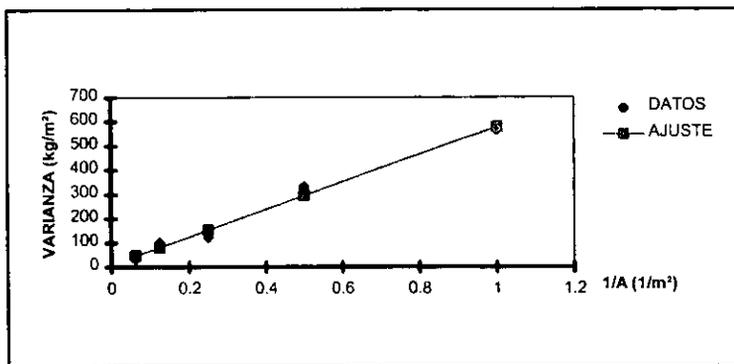
donde:  $m$ = es la pendiente de la recta.  
 $1/A$ = es el inverso del área  
 $b$ = es el valor de la ordenada al origen.

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---



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



**Figura IV.2** Valores de 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 IV.2. En esta se muestra el coeficiente de variación en el eje de las ordenadas contra el valor del área tributaria en (m<sup>2</sup>) 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 IV.3 *Ajuste de puntos dispersos mediante una curva logarítmica*).

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

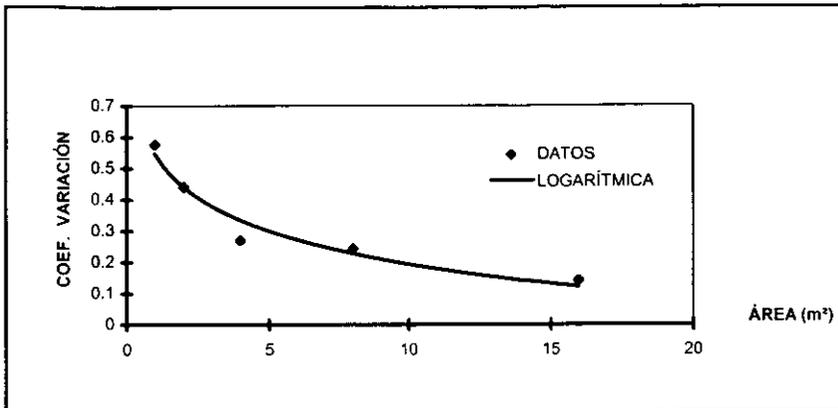


Figura IV.3 Ajuste de puntos dispersos mediante una curva logarítmica

7) Por otro lado, con los datos muestreados es posible realizar un *histograma de carga* como el de la figura IV.4 *Rango de cargas contra frecuencia de las mismas*, asociado a cierta área, para cada carga actuante en los edificios. Para hacer la figura IV.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 supone el modelo de simulación.

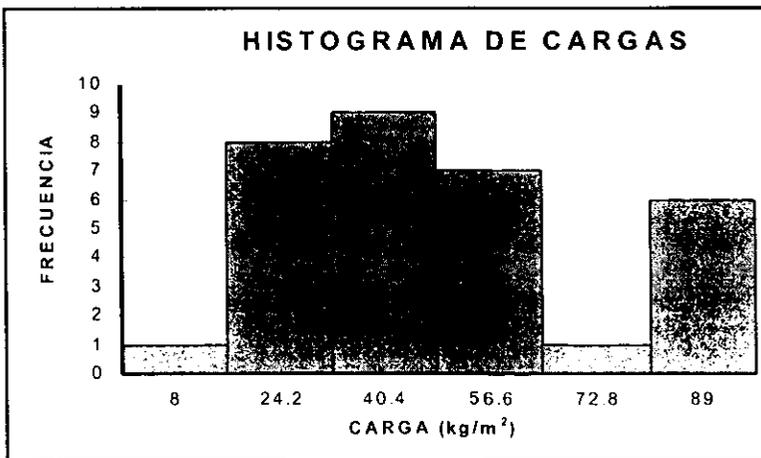


Figura IV.4 Rango de cargas contra frecuencia de las mismas

## CAPÍTULO IV PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

### IV.1.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La metodología descrita en la sección IV.1.1 se siguió para cada uno de los edificios muestreados obteniéndose los siguientes resultados:

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

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

**Figura IV.5 Incertidumbre de las cargas en función del área**

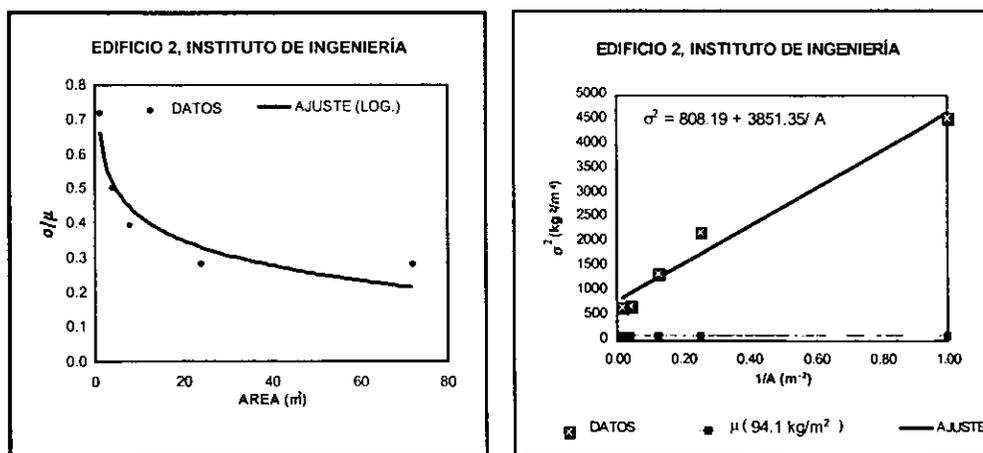


Figura IV.5.A Edificio 2, Instituto de Ingeniería,  
Universidad Nacional Autónoma de México

En las páginas siguientes se continúa con la presentación de las figuras IV.5.B, C, D y E.

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

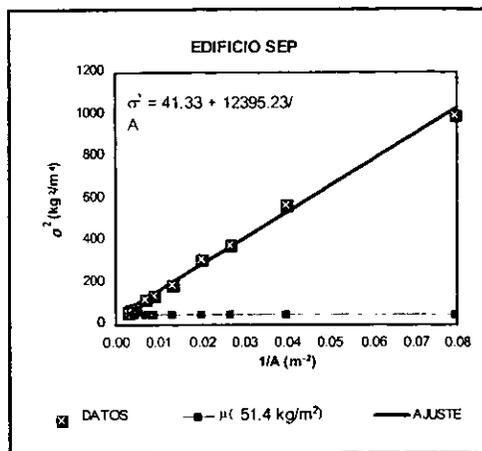
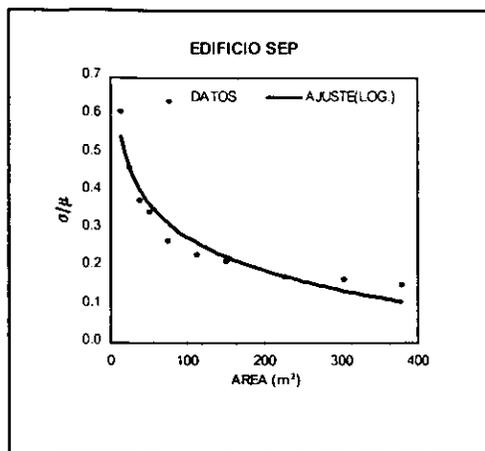


Figura IV.5.B Edificio Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGIT) y Dirección General de Escuelas Técnicas y Agropecuarias (DGETA), Secretaría de Educación Pública (S.E.P.)

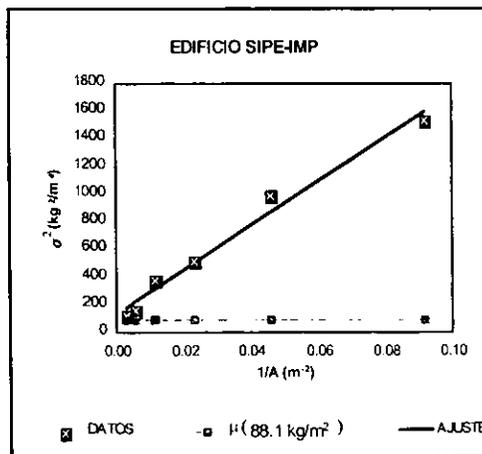
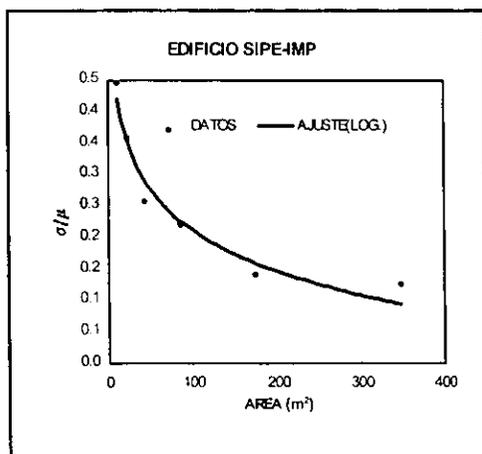


Figura IV.5.C Edificio Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración (SIPE), Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

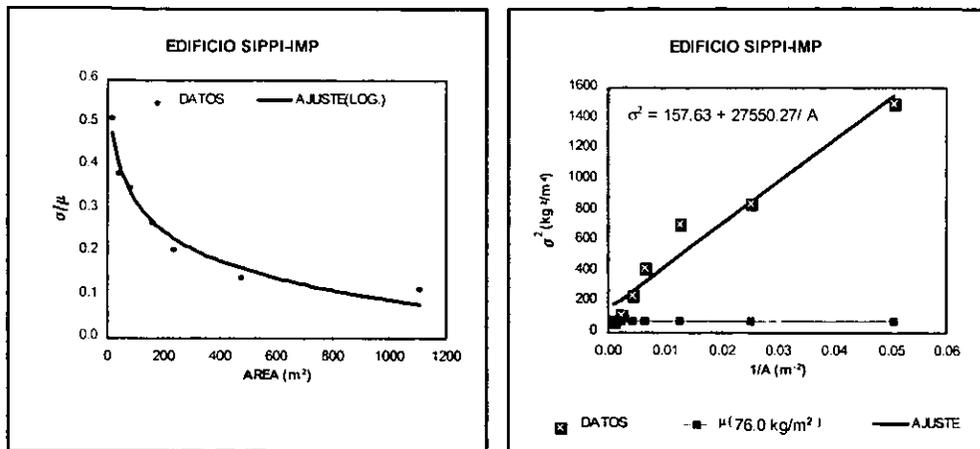


Figura IV.5.D Edificio Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas Industriales (SIPPI), Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

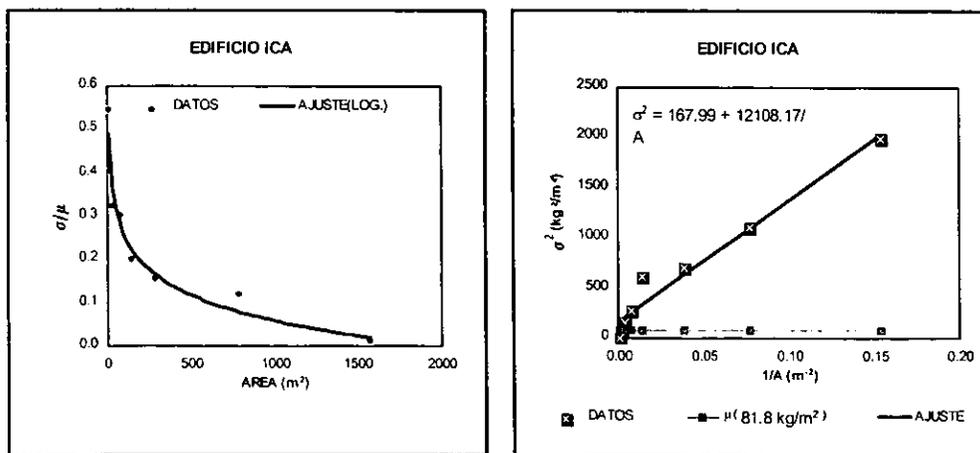


Figura IV.5.E Edificio Ingenieros Civiles Asociados (ICA-Ingenieria)

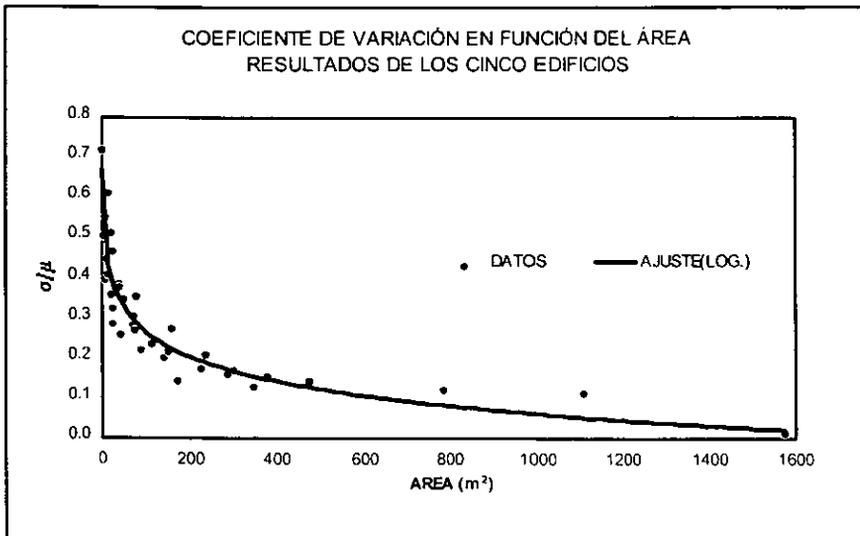
**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

**IV.1.2.2 Resumen de resultado de los cinco edificios analizados**

Una vez realizado un análisis independiente para cada uno de los edificios muestreados, es necesario realizar un análisis que considere a todos los edificios. Esto se consigue realizando los ajustes (a una curva logarítmica para el caso de coeficiente de variación y a una recta para el caso de la varianza) considerando todos los puntos de todos los edificios. El resultado de lo anterior se muestra en la figura siguiente.

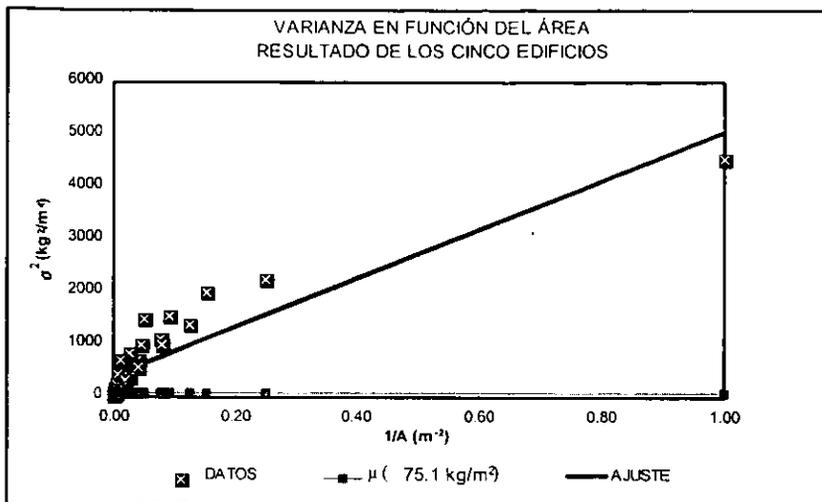
**Figura IV.6 Incertidumbre de las cargas en función del área en estudio, resultado de los cinco edificios analizados**



**Figura IV.6.A Coeficiente de variación en función del área**

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---



**Figura IV.6.B Varianza en función del área**

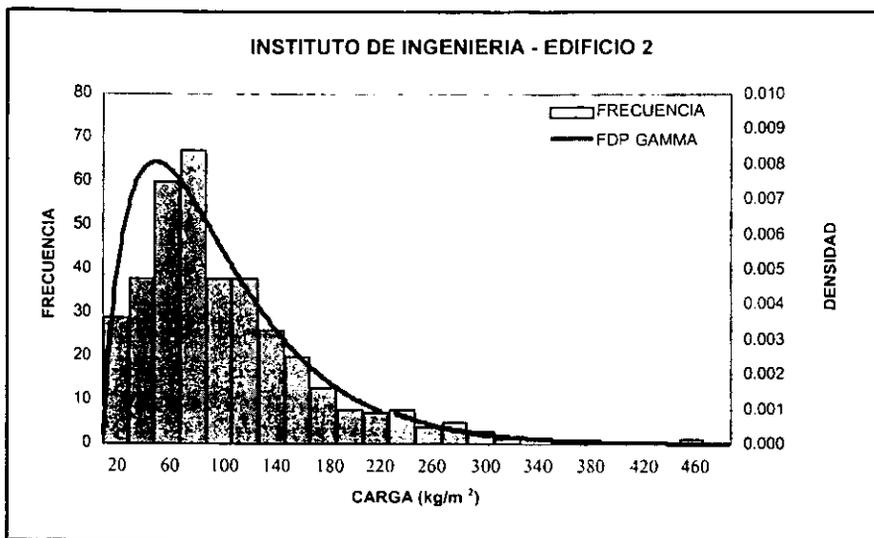
**IV.1.2.3 Histogramas de cargas sostenidas y funciones de distribución de probabilidades gamma ajustadas**

El modelo de simulación de montecarlo 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.

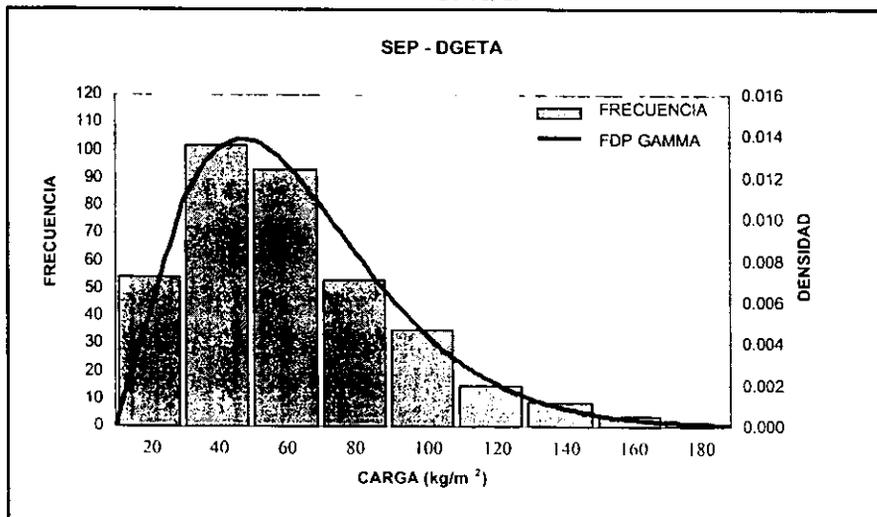
Debido a que se tiene información de las cargas sostenidas derivadas del sondeo es posible realizar histogramas de las cargas sostenidas y ajustar una función de distribución gamma. Esto se aprecia en la figura IV.7 *Histogramas de cargas vivas sostenidas y funciones de distribución de probabilidades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

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

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

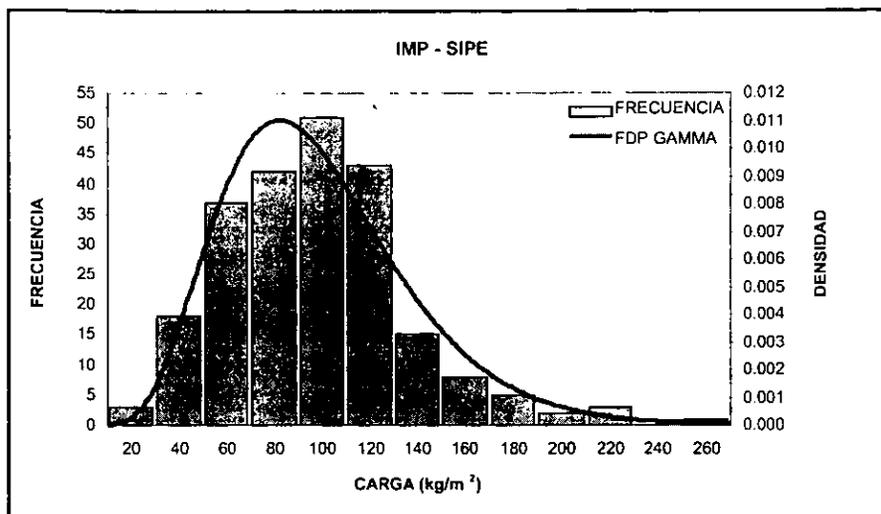


**Figura IV.7.A** Edificio No. 2 del Instituto de Ingeniería, UNAM.

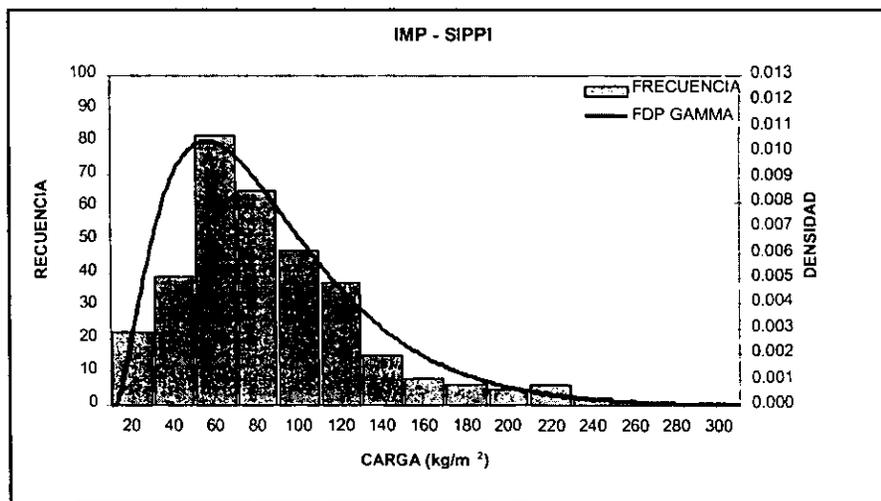


**Figura IV.7.B** Edificio Secretaría de Educación Pública (SEP).

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**



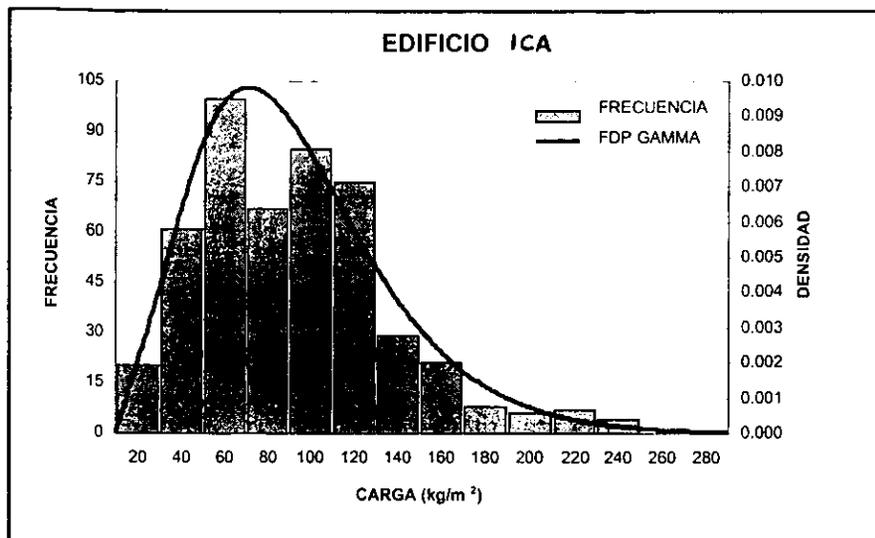
**Fig. IV.7.C Edificio Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración (SIPE), Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).**



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

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---



**Figura IV.7.E Edificio Ingenieros Civiles Asociados (ICA).**

Como se puede apreciar en las figuras IV.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 se puede 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.**

## **IV.2 DATOS DE ENTRADA Y RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN**

El modelo de simulación se alimenta de acuerdo con lo descrito en la sección II.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 área de influencia:

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

18.6 m<sup>2</sup>, 37.2 m<sup>2</sup>, 74.4 m<sup>2</sup>, 111.5 m<sup>2</sup>, 148.7 m<sup>2</sup>, 185.9 m<sup>2</sup>, 223.1 m<sup>2</sup> y 260.3 m<sup>2</sup> que corresponden a 200 ft<sup>2</sup>, 400 ft<sup>2</sup>, 800 ft<sup>2</sup>, 1200 ft<sup>2</sup>, 1600 ft<sup>2</sup>, 2000 ft<sup>2</sup>, 2400 ft<sup>2</sup> y 2800 ft<sup>2</sup>, respectivamente. Estos valores de área de influencia se utilizan para determinar la **media y la varianza de las cargas sostenidas** de acuerdo con las ecuaciones II.3 y II.4. Estas ecuaciones son respectivamente para cada edificio las siguientes:

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):

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

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

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

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

donde:

- $\mu$  es la media de las cargas sostenidas (kg/m<sup>2</sup>)
- $\sigma^2$  es la varianza de las cargas sostenidas (kg/m<sup>2</sup>)<sup>2</sup>
- $A_i$  es el área de influencia (m<sup>2</sup>)

La media y varianza de un evento simple extraordinario se obtiene con las ecuaciones II.5 a II.7 para cada uno de los valores de área de influencia mencionados anteriormente así como para cada uno de los cinco edificios y para los cinco edificios juntos.

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

DATOS DE ENTRADA					RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN					
$A_i$ (m <sup>2</sup> )	$\mu_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$\mu_{ca}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{ca}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{ca}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{ca}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_s$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_s$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
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 IV.1 Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México**  
**(II - UNAM)**

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

DATOS DE ENTRADA					RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN					
$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$\mu_1$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_1$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$\mu_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_s$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_s$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
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 IV.2 Edificio Secretaría de Educación Pública (SEP)**

DATOS DE ENTRADA					RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN					
$A_1$ (m <sup>2</sup> )	$\mu_2$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_1$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$\mu_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_s$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_s$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
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 IV.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 <sup>2</sup> )	$\mu_1$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_1$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$\mu_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_s$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_s$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
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 IV.4 Edificio Subdirección de Ingeniería de Perforación y Plantas Industriales, Instituto Mexicano del Petróleo (SIPPI-IMP)**

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

DATOS DE ENTRADA					RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN					
$A_i$ (m <sup>2</sup> )	$\mu_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$\mu_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_i$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
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 IV.5 Edificio Ingenieros Civiles Asociados (ICA-Ingeniería)**

DATOS DE ENTRADA					RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN					
$A_i$ (m <sup>2</sup> )	$\mu_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_i$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$\mu_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{ex}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_i$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$E_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Var_{Total}$ (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
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 IV.6 Los cinco edificios tomados como muestra**

donde:

$A_i$  es el área de influencia

$\mu_i$  es la media de las cargas sostenidas

$\sigma_i$  es la varianza de las cargas sostenidas

$\mu_{ex}$  es la media de las cargas extraordinarias

$\sigma_{ex}$  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

$E_i$  es la media de las cargas sostenidas obtenidas por simulación

$Var_i$  es la varianza de las cargas sostenidas obtenidas por simulación

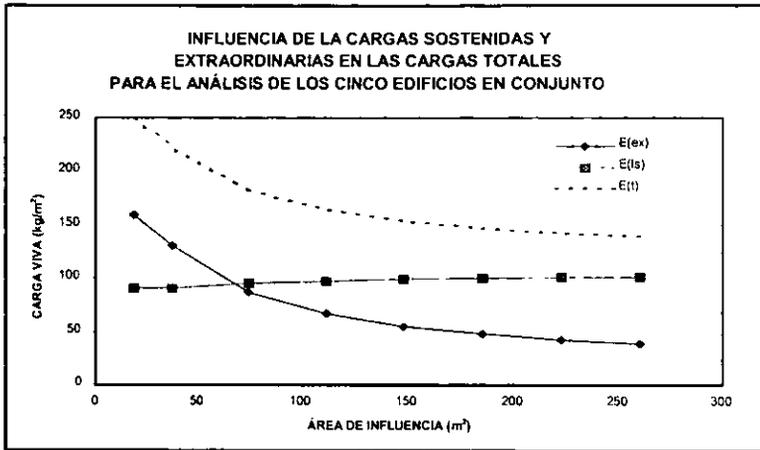
$E_{total}$  es la media de las cargas totales obtenidas por simulación

$Var_{Total}$  es la varianza de las cargas totales obtenidas por simulación

En la figura IV.8 *Cargas sostenida y extraordinaria contra área de influencia ó tributaria* se muestran 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

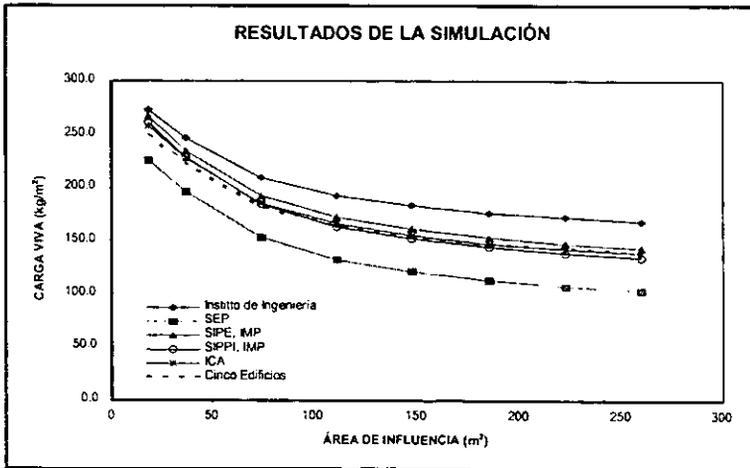
## CAPÍTULO IV PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

como la carga sostenida permanece prácticamente constante en tanto que la carga extraordinaria muestra una mayor variación y por lo mismo tiene una notable influencia en la carga total.



**Figura IV.8 Cargas sostenida y extraordinaria contra área de influencia o tributaria**

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

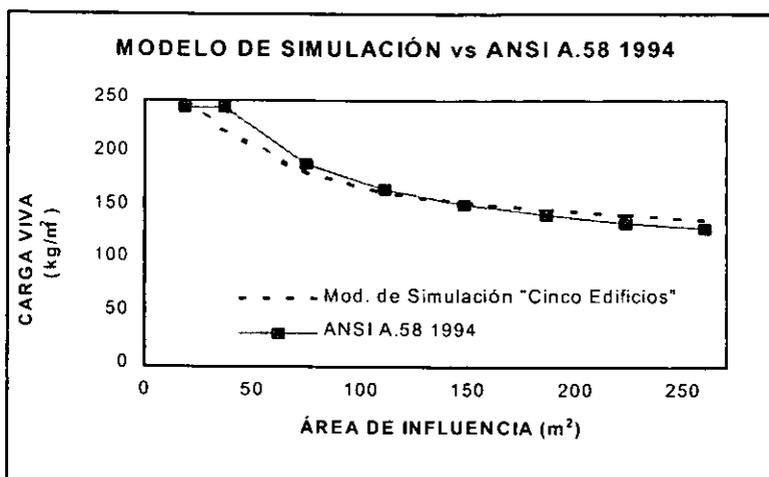


**Figura IV.9 Cargas vivas de cada edificio y en conjunto contra el área de influencia o tributaria**

## CAPÍTULO IV PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

---

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



**Figura IV.10 Resultados de los cinco edificios  
modelo de simulación contra el American National Standards  
Institute A.58 1994**

### IV.3 VALORES DE CARGA VIVA QUE RECOMIENDA EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL-(R.C.D.F.-1993)

#### IV.3.1 Tipos de acciones

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

## CAPÍTULO IV 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 que pertenecen 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.

### IV.3.2 Valores nominales de carga viva

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 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, recomienda valores de cargas vivas para diferentes usos de estructuras, para cada uso recomienda 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 pueda presentarse una acción accidental, está se deberá usar para 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** que corresponde al valor máximo probable que se pueda presentar durante la vida útil de la estructura, se deberá emplear para 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 IV PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

---

Además, 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 1993 (RCDF-1993). Durante el proceso de edificación deberán considerarse 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 apoyen en la planta que se analiza y del personal necesario, no siendo este último peso menor de 150 kg/m<sup>2</sup>. Se considerará además, 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:

$$\begin{aligned}W &= 100 \text{ kg/m}^2 \\W_s &= 180 \text{ kg/m}^2 \\W_m &= 250 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Para elementos con área tributaria mayor de 36 m<sup>2</sup>, W<sub>m</sub> podrá reducirse de acuerdo con la siguiente expresión:

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

Ecuación IV.1

donde :

A<sub>T</sub> es el área tributaria (m<sup>2</sup>)

En el artículo 199 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 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 únicamente se analiza la máxima carga viva (W<sub>m</sub>) probable a la que se verá sometida, durante su vida útil, la estructura.

***Nota aclaratoria:*** El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 1993, no ha sufrido cambios ni actualizaciones en cuanto al Capítulo V, artículos 198 y 199 de Cargas Vivas hasta el momento de imprimir este documento.

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

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

El American National Standards Institute A.58 1994 recomienda como carga equivalente a  $W_m$  del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal-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 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** ver figura IV.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, en el caso de vigas esta relación depende del tipo de estructuración, en este caso se considerará un caso particular en el que el área de influencia es dos veces el área tributaria, esto se aprecia en la figura IV.11b *Área tributaria en vigas.*

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

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

Ecuación IV.2

donde:

$L$  = carga viva reducida (psf)

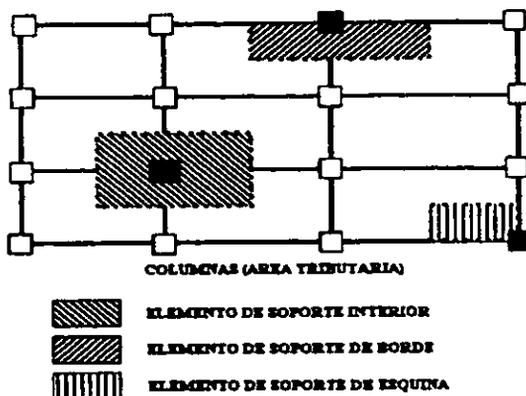
$L_0$  = carga viva especificada sin reducción (psf)

$A_I$  = área de influencia ( $\text{ft}^2$ )

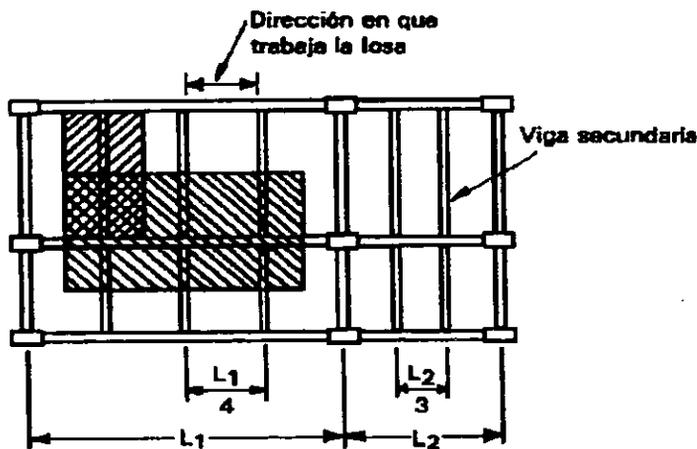
**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

**Figura IV.11** Área tributaria y de influencia en columnas y vigas



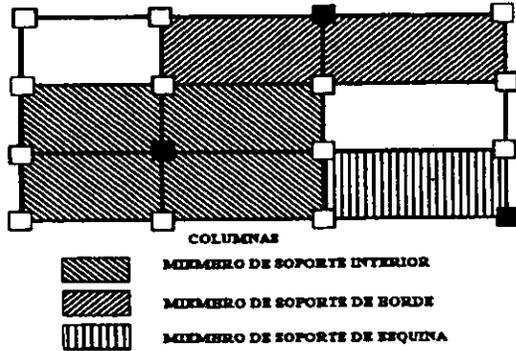
**Figura IV.11a** Área tributaria en columnas



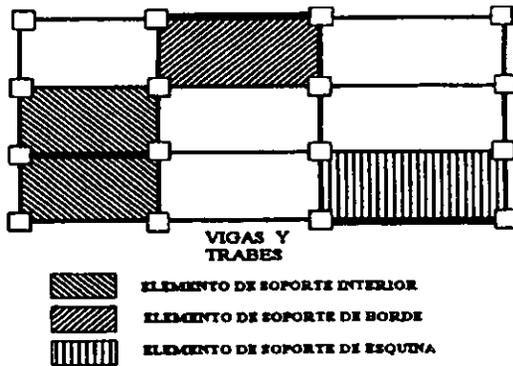
**Figura IV.11b** Área tributaria en vigas

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---



**Figura IV.11c Área de influencia en columnas**



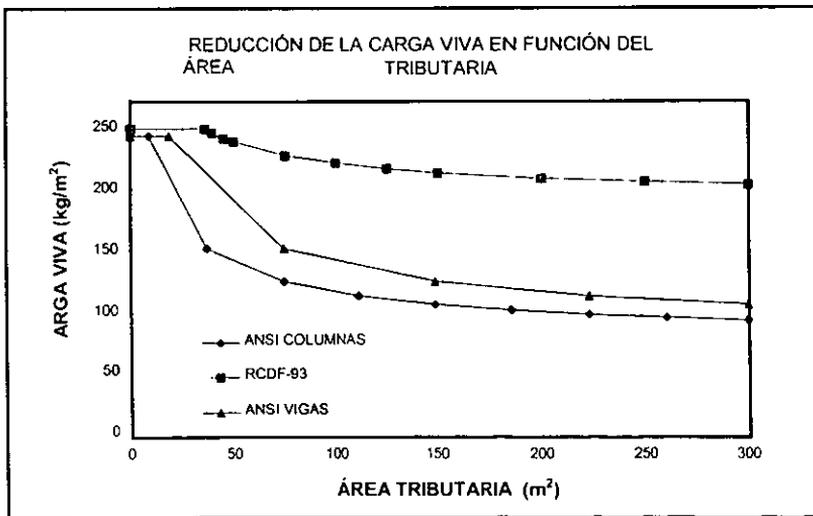
**Figura IV.11d Área de influencia en vigas**

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

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

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



**Figura IV.12** Gráfica que indica la reducción en cada reglamento con respecto al valor de la carga viva (kg/m<sup>2</sup>)

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

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

Con base en los parámetros  $\alpha$  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 IV.3a

Así mismo, con base en cierta probabilidad de excedencia podemos obtener la carga viva correspondiente con la siguiente expresión;

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

Ecuación IV.3b

donde:

- P; es la probabilidad de excedencia para la cual se desea determinar el valor de la carga
- y; es la máxima carga viva

Con base en 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 obtienen los parámetros  $\alpha$  y  $u$  mediante las ecuaciones I.17 y I.18 de la función de distribución extrema tipo I. Una vez obtenidos estos parámetros mediante la ecuación IV.3a se obtienen las probabilidades de excedencia para diferentes valores de carga viva de acuerdo con las ecuaciones IV.1 y IV.2 correspondientes al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal -1993 y al American National Standards Institute A.58 1994 respectivamente. Los resultados se muestran en la Tabla IV.7

$A_i$ (m <sup>2</sup> )	E(t) (kg/m <sup>2</sup> )	Var(t) (kg/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	U	RCDF $W_m$	Prob. Exced.	ANSI $L_0$	Prob. Exced.
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 IV.7 Probabilidades de excedencia**

## CAPÍTULO IV PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

---

En la figura IV.13 se puede observar que los valores de carga viva que se obtienen de acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal -1993 no mantienen una probabilidad de excedencia constante. Para valores del área tributaria mayores a 60 m<sup>2</sup> las probabilidades de excedencia son muy pequeñas. Por otro lado los valores que propone el American National Standards Institute A.58 1994 tampoco mantienen una probabilidad de excedencia constante; sin embargo, dichas probabilidades se encuentran dentro de un intervalo más estrecho.

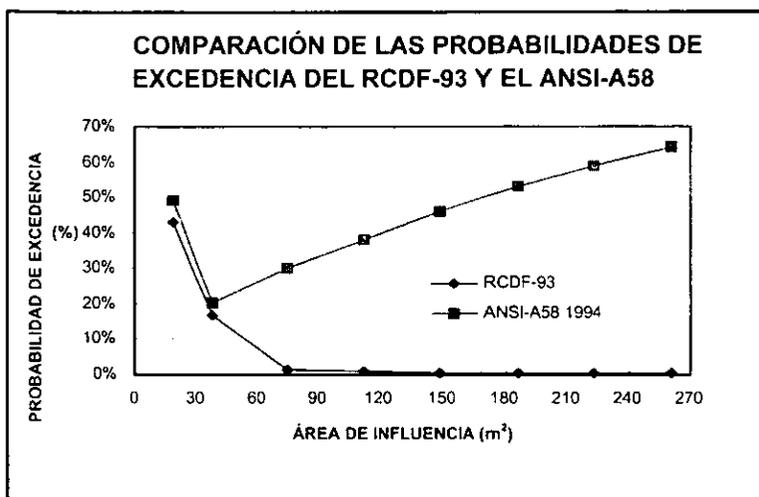


Figura IV.13 Gráfica comparativa entre probabilidades de excedencia

### IV.7 PROPUESTA DE REDUCCIÓN DE LOS VALORES DE CARGA VIVA 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 m<sup>2</sup>. Para esto es necesario analizar detalladamente los resultados obtenidos.

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

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

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

---

- 2) Los valores obtenidos para los cinco edificios juntos están por debajo de los correspondientes al edificio Subdirección de Ingeniería de Proyectos y Exploración (SIPE) del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y, como se acaba de mencionar, a los del Instituto de Ingeniería.
- 3) Los valores del edificio de la Secretaría de Educación Pública son considerablemente menores a los de los demás edificios, y considerando que solo se analizaron cinco edificios la contribución a la tendencia de los resultados totales (línea discontinua) es importante.
- 4) Los valores de cargas vivas mostrados en la figura IV.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 IV.1 que corresponde a la reducción permitida por Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal -1993. Los resultados para el análisis de los cinco edificios juntos son parecidos a los que propone el American National Standards Institute A.58 1994 véase figura IV.10 *Resultados de los cinco edificios (modelo de simulación) contra el American National Standards Institute a.58 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 incertidumbres como las 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 ley de reducción para elementos cuya área tributaria sea mayor a 36 m<sup>2</sup>:

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

Ecuación IV.4

donde:

$W_m$  es la carga viva por unidad de área (kg/m<sup>2</sup>)

$A_T$  es el área tributaria (m<sup>2</sup>)

## CAPÍTULO IV PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

---

En la figura IV.14 se muestra un ajuste mediante mínimos cuadrados que permite ver los resultados de los cinco edificios juntos, los resultados del Instituto de ingeniería y la ecuación de reducción propuesta.

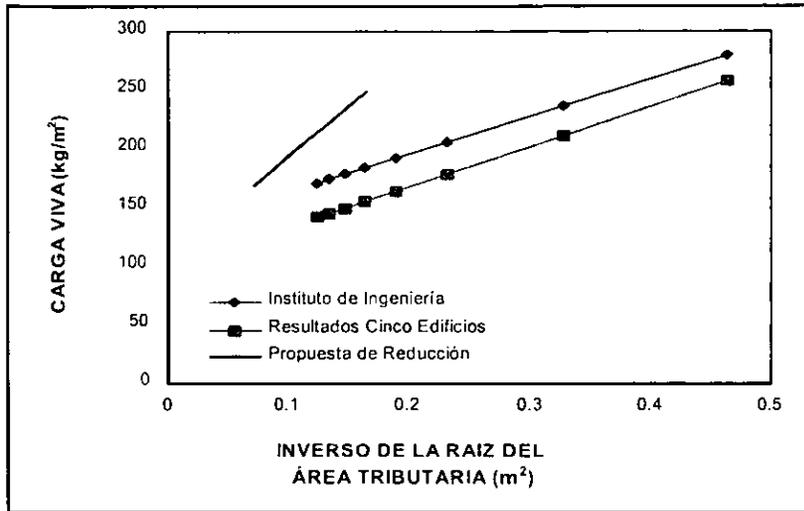
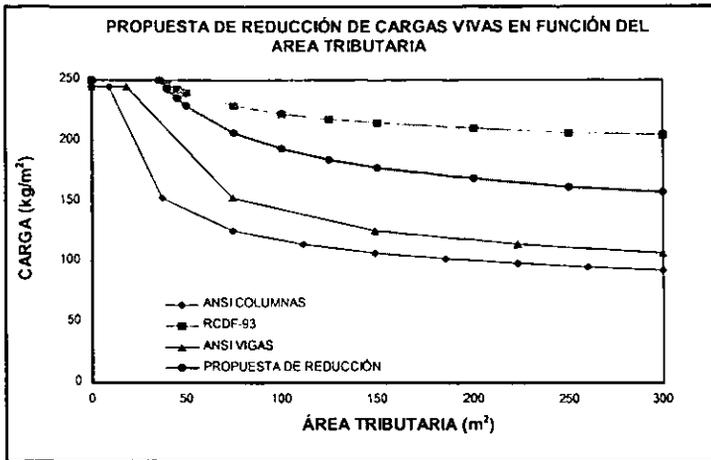


Figura IV.14

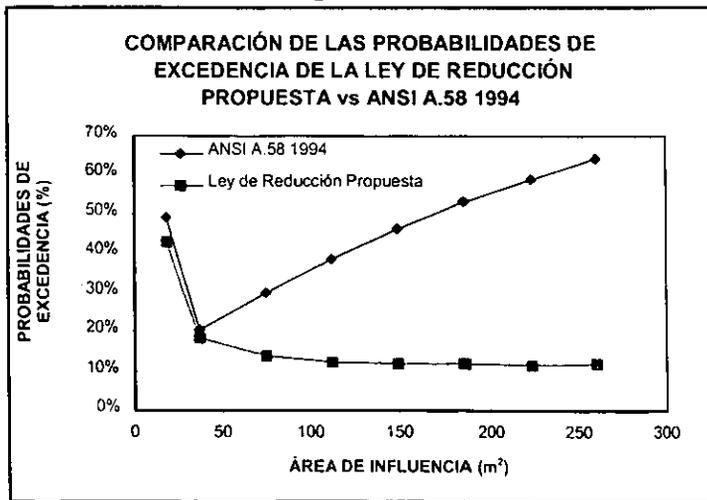
### IV.7.1 Comparación de las reducciones que permite el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 1993 y el American National Standards Institute A58-1994, con la ley de reducción propuesta

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

**CAPÍTULO IV**  
**PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN**  
**DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**



**Figura IV.15**



**Figura IV.16**

En la figura IV.16 se muestra la probabilidad de excedencia de los valores de carga viva que se obtienen de la ecuación IV.4, y se comparan con los de la ecuación IV.2 American National Standards Institute A.58 1994, se puede apreciar que la probabilidad de excedencia de las cargas vivas obtenidas con la ley de reducción propuesta mantienen una probabilidad de excedencia más constante.

En las conclusiones y recomendaciones se comentan las observaciones a éstas gráficas.

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

---

**CONCLUSIONES  
Y  
RECOMENDACIONES**

## 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-A58-1994 (ANSI.A58 1994) y el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 1993 (RCDF-93) para áreas pequeñas son muy similares y para áreas mayores a los 36 m<sup>2</sup> (área tributaria para el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 1993 y área de influencia para el American National Standards Institute A.58 1994) ambos códigos permiten una reducción en los valores de carga viva. La reducción que permite el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal-1993, es, como se pudo comprobar, 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 m<sup>2</sup>, 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.

---

## 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 m<sup>2</sup> es la siguiente:

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

- 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  $W_a$  (carga instantánea) del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 1993 lo que indica que el valor de  $W_a=180 \text{ kg/m}^2$  recomendado en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal-1993 para estimar las fuerzas sísmicas y de viento es un valor conservador.

## RECOMENDACIONES

Lo de mayor peso en el 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 de alguna forma es similar, es el desarrollado por el Ingeniero Francisco Jauffred Mercado desarrollado en 1959 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, en lo referente a la modelación matemática 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. Nefalí 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 que se cambie el uso para los cuales estaban diseñados los edificios, poniendo en algunas ocasiones a las estructuras en condiciones desfavorables para las cuales no fueron hechos. De aquí que es importante que los ingenieros concientizen o hagan notar a los usuarios de los mismos los riesgos que implica un cambio de estos.

Dadas las discrepancias encontradas en el valor de carga viva ( $W_m$ ) que propone el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 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.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

Se comparan los valores que proponen ambos reglamentos con los obtenidos del modelo de simulación; de esta comparación se comprueba que los valores de cargas vivas para oficinas que propone el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 1993 son adecuados para áreas tributarias pequeñas (menores a 36 m<sup>2</sup>) 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 el presente trabajo.

***Nota aclaratoria:*** *El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 1993, no ha sufrido cambios ni actualizaciones en cuanto al Capítulo V, artículos 198 y 199 de Cargas Vivas hasta el momento de imprimir este documento.*

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

---

**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, Segunda edición, Moscú, Rusia 1983.
- 12) Meli Piralla Roberto. "Diseño Estructural", Editorial Limusa, México 1991

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

---

- 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.
- 14) Hines William W., Montgomery Douglas C. "Probabilidad y Estadística para Ingeniería", Editorial CECSA, tercera edición, México Distrito Federal, 1993.
- 15) Meyer Paul L. "Probabilidad y Aplicaciones Estadísticas", Editorial SITESA-Addison-Wesley Iberoamericana, 1ª. Edición en Español, México Distrito Federal, 1986.

**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	Α	Ny	ν	Ν
Beta	β	Β	Xi	ξ	Ξ
Gamma	γ	Γ	Ómicron	ο	Ο
Delta	δ	Δ	Pi	π	Π
Épsilon	ε	Ε	Rho	ρ	Ρ
Zeta	ζ	Ζ	Sigma	σ, ς	Σ
Eta	η	Η	Tau	τ	Τ
Theta	θ, ϑ	Θ	Ípsilon	υ	Υ
Iota	ι	Ι	Fi (Phi)	φ, ϕ	Φ
Kappa	κ	Κ	Ji (Chi)	χ	Χ
Lambda	λ	Λ	Psi	ψ	Ψ
My	μ	Μ	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**

---

SLARGE

```
* PROGRAMA: DDF_LIVE.EXE
* "GENERA CON EL METODO MONTECARLO LA:
*   MAXIMA CARGA VIVA
*
* *****
* *   NOTA:
* *   SE APLICO 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 ARCHI

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(*,*)****   DEPTO-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(*,*) *****
WRITE(*,*) *   NOTA:
WRITE(*,*)   *
```

**ANEXO II**  
**PROGRAMA DE SIMULACIÓN DE CARGAS VIVAS EN LENGUAJE FORTRAN**

---

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

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

---

```
*****
**                                     **
** SE IMPRIMEN EN EL ARCHIVO DE RESULTADOS LAS CONSTANTES DE DISEÑO **
**                                     **
*****
WRITE(1,*)*****UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO*****
WRITE(1,*)*****      DEPEI-ESTRUCTURAS      *****
WRITE(1,*)*****      ING. J. ALBERTO SORIANO M.      *****
WRITE(1,*)
WRITE(1,*)
WRITE(1,*) PROGRAMAS: DDF_LIVE.EXE
WRITE(1,*) "GENERA CON EL METODO MONTECARLO LA:"
WRITE(1,*)      "MAXIMA CARGA VIVA"
WRITE(1,*)
WRITE(1,*) NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS : 'ARCHI
WRITE(1,*)
WRITE(1,*)
WRITE(1,*)      CONSTANTES DE PROYECTO :
WRITE(1,*)      Tr [años ] = ',TR
WRITE(1,*)      Vs [1/años] = ',VS
WRITE(1,*)      Vex [1/años]= ',VER
WRITE(1,*)      ULs [psf] = ',ULS
WRITE(1,*)      Sa [psf]2 = ',SA2
WRITE(1,*)      Ss [psf]p = ',SS2
WRITE(1,*)
WRITE(1,*)      RESULTADOS DEL PROGRAMA :
WRITE(1,*)
```

```
*****
**                                     **
** DATOS PARA GENERAR LA CARGA VIVA EXTRAORDINARIA MAXIMA **
**                                     **
*****
```

```
WRITE(*,*)*****
WRJTE(*,*)**                                     **
WRITE(*,*)**      CONSTANTES DE PROYECTO:      **
WRITE(*,*)**                                     **
WRITE(*,*)*****
WRITE(*,*)

AI(1)=200
AI(2)=400
AI(3)=800
AI(4)=1200
AI(5)=1600
AI(6)=2000
AI(7)=2400
AI(8)=2800
```

**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=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=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)

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 50
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
```

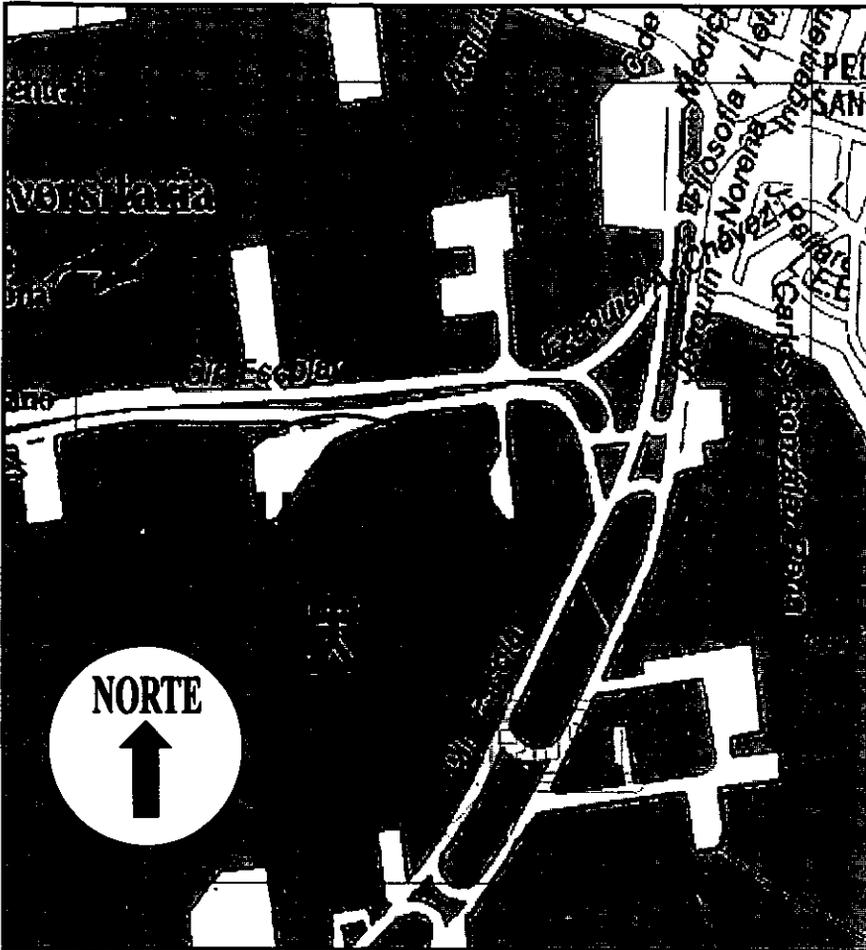
```
CLOSE(1)  
STOP  
END
```

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

**ANEXO III**

**CROQUIS DE LOCALIZACIÓN  
DE LOS CINCO EDIFICIOS  
ESTUDIADOS**

EDIFICIO 2 INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM



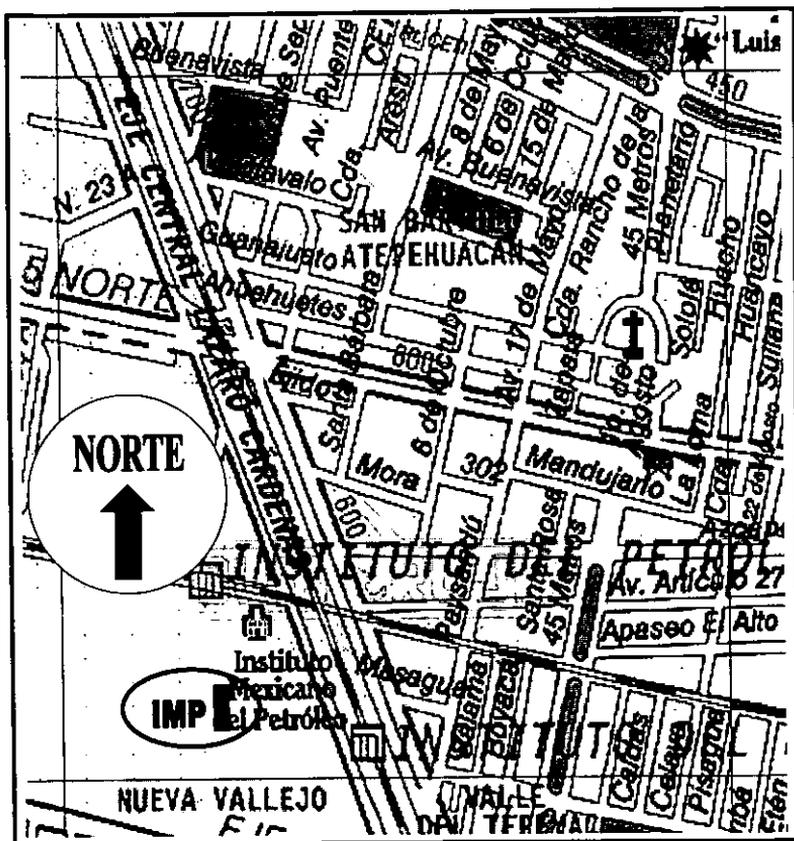
Croquis de localización del edificio 2 del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

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



ANEXO III  
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LOS CINCO EDIFICIOS ESTUDIADOS

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

