

**Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil**

**Análisis de cargas vivas de edificaciones en Costa Rica para efectos de diseño
estructural**

Trabajo de Graduación

Para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Victor Julio Rivas Calderón

Director del proyecto:

Ing. Miguel Cruz Azofeifa, Dr.Sc

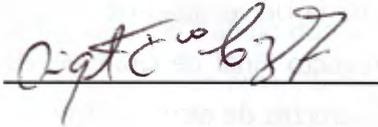
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Costa Rica

Mayo 2019

Miembros del Comité asesor

Director del proyecto de Graduación



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Miguel Cruz Azofeifa', written over a horizontal line.

Ing. Miguel Cruz Azofeifa, Dr.Sc.

Asesores del proyecto de graduación



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Álvaro Poveda Vargas', written over a horizontal line.

Ing. Álvaro Poveda Vargas, M.Sc



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Fernández Chaves', written over a horizontal line.

Ing. Carlos Fernández Chaves, M.Sc

Graduando



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Victor Julio Rivas Calderón', written over a horizontal line.

Victor Julio Rivas Calderón

Derechos de Propiedad Intelectual

Fecha: 10 de abril de 2019

El suscrito, Víctor Julio Rivas Calderón, cédula 1-1560-0877, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné B25536, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación: "Análisis de cargas temporales de edificaciones en Costa Rica para efectos de diseño estructural", bajo la Dirección del Ing. Miguel Cruz Azofeifa, Dr.Sc, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos No 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); "no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

Dedicatoria

A mi madre por su apoyo incondicional en todas las facetas de mi vida y por entregarse en cuerpo y alma a sus hijos. Te amo mucho mami, no estaría donde estoy si no fuera por vos.

A mi padre por sus enseñanzas, su ejemplo de trabajo duro, honestidad, resiliencia y disciplina. Por criarme con dosis perfectas de severidad y de amor. Sin su formación sería un hombre muy distinto.

A mis dos padres por su protección, por darnos un hogar lleno de afecto y por cubrirnos, desde niños, con un velo tejido con cariño y un infinito amor. Los amo de la forma más profunda que existe.

A mi hermana Marialaura por siempre ser mi compañera fiel y estar ahí para mi, por las sonrisas que me ha sacado y por abrirme su corazón y alma en momentos críticos. Por las experiencias vividas desde niños y los momentos de felicidad que hemos compartido. Te amo mucho Manita, por siempre seré tu Manito.

A mi abuelito Armando por sembrarme la semilla del conocimiento, por su cariño hacia mi y por haber expresado su amor de incontables formas. Por fomentar los valores que me han llevado a ser el hombre que soy ahora y por haber visto en mi, desde niño, el potencial para ser ingeniero.

A mi abuelita Amelia por haberme dado desde que nací el amor más puro que he conocido, por sus abrazos y sus besos, por protegerme desde que era un bebé y por siempre lograr que la llama de mi alma se emocione al verla.

A mis hermanas Alma, Abril y Gala, por su compañía y lealtad, por haberme visto llorar y reír, por todas las noches que compartimos juntos y por sus miradas fijas llenas de amor puro y desinteresado que nunca olvidaré.

A mi novia Nicole, por su entendimiento, su amor y su apoyo incondicional. Por ayudarme a ser un mejor hombre cada día y por valorar todas y cada una de las partes que me componen. Te amo mucho y agradeceré por siempre el día que tuve la dicha de cruzarme contigo.

Por último, a mis tíos y tías, por chinearne desde pequeño y llenarme de amor. Gracias Tía Vicky, Tía Gaby y Tío Armando. Nunca olvidaré el cariño que me han dado.

Agradecimientos

Quiero agradecer primeramente a la Ingeniera Flor de María Muñoz, gracias a ella todo esto ha sido posible. Gracias por recibirme en su oficina aquella tarde, por creer en mi y apoyarme.

Gracias a mi director y a mis asesores por el apoyo mostrado durante el proceso, por sus aportes y acotaciones, así como por su amabilidad al recibirme en sus oficinas.

Gracias a mi mejor amiga Paola Merino, por acompañarme desde mi primer año de universidad. Por ser mi confidente y mi hermana, por apoyarme y regañarme cuando lo ocupaba y por siempre tener una sonrisa y un abrazo caluroso y lleno de cariño para mí. Te quiero mucho Pao.

A mi mejor amigo José Pablo Ulate por su compañía desde el inicio de este viaje. Por su cariño y sus enseñanzas, por estar siempre para mí y por haber sido siempre fiel a nuestra amistad.

Por último, agradezco a todos y cada uno de los profesores que dejaron una marca en mí y contribuyeron a formarme como ingeniero. A mis compañeros, por haber hecho de estos años un viaje placentero lleno de sonrisas y camaradería.

Tabla de Contenidos

1. Capítulo I: Introducción	1
1.1. Justificación	1
1.1.1. Problema específico	1
1.1.2. Importancia	2
1.1.3. Antecedentes teóricos	2
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Delimitación del problema	4
1.3.1. Alcance	4
1.3.2. Limitaciones	5
1.4. Metodología	6
1.4.1. Fase de investigación teórica y planificación	6
1.4.2. Fase de recolección de datos	6
1.4.3. Fase de análisis.....	7
1.4.4. Fase final	8
2. Capítulo II: Marco Teórico	8
2.1. Cargas estructurales	8
2.2. Carga Temporal	8
2.2.1. Reducción de carga temporal	10
2.3. Mayoración de cargas	10
2.3.1. Combinaciones de carga según CSCR 10-14.....	11
2.3.2. Combinaciones de carga según la próxima edición del CSCR	12
2.4. Métodos de cuantificación de carga temporal en campo	14
3. Capítulo III: Cuantificación de cargas temporales	14
3.1. Cargas temporales en viviendas	16
3.1.1. Datos obtenidos y análisis de mediciones de dormitorios.....	16
3.1.2. Datos obtenidos y análisis de mediciones de salas de estar	18
.....	20
3.1.3. Datos obtenidos y análisis de mediciones en baños	21
3.1.4. Datos obtenidos y análisis de mediciones de cuartos de pila	23
3.1.5. Datos obtenidos y análisis de mediciones en garajes	25
3.1.6. Datos obtenidos y análisis de mediciones totales	27
3.2. Cargas temporales en edificios de oficina	32
3.2.1. Datos obtenidos y análisis de mediciones en oficinas personales.....	33
3.2.2. Datos obtenidos y análisis de mediciones en salas de sesión	35
3.2.3. Datos obtenidos y análisis de mediciones en salas de espera	37
3.2.4. Datos obtenidos y análisis de mediciones en cuarto de archivo	39
3.2.5. Datos obtenidos y análisis de mediciones obtenidas en aulas	40
3.2.6. Datos obtenidos y análisis de mediciones totales obtenidas en edificios de oficina y aulas.....	41

3.3. Diferencias provocadas por distintos valores de carga temporal en la combinación de carga gravitacional.....	47
4. Capítulo IV. Comparación de las combinaciones de carga del CSCR10 con las del próximo Código Sísmico aplicadas en el análisis de un edificio previamente diseñado.....	48
4.1. Resultados de la comparación entre grupos de combinaciones de carga	50
5. Conclusiones y recomendaciones	55
5.1. Conclusiones	55
5.2. Recomendaciones	55
6. Referencias Bibliográficas	57
7. ANEXOS	A
Catálogo con pesos aproximados de distintos muebles y otros elementos.....	A

Tabla de Figuras

Figura 1. Cargas temporales mínimas según CSCR10-14	9
Figura 2. Báscula utilizada para las mediciones	15
Figura 3. Histograma de carga temporal en dormitorios	17
Figura 4. Ejemplo fotográfico de categoría dormitorios	18
Figura 5. Histograma de carga temporal en salas de estar	20
Figura 6. Ejemplo fotográfico de la categoría salas de estar	20
Figura 7. Histograma de carga temporal en baños	22
Figura 8. Ejemplo fotográfico de categoría baños.	22
Figura 9. Histograma de carga temporal en cuartos de pilas.	24
Figura 10. Ejemplo fotográfico de categoría cuartos de pilas.....	24
Figura 11. Histograma de carga temporal en garajes.....	26
Figura 12. Ejemplo fotográfico de la categoría garajes	26
Figura 13. Histograma de frecuencia acumuladas total en vivienda.	28
Figura 14. Relación entre Área y Carga Temporal.....	29
Figura 15. Frecuencia de distribución en oficinas personales	34
Figura 16. Ejemplo fotográfico de la categoría oficinas personales.....	35
Figura 17. Frecuencia de distribución en salas de sesión.	36
Figura 18. Ejemplo fotográfico de la categoría sala de sesión.....	36
Figura 19. Frecuencia de distribución en salas de espera	38
Figura 20. Ejemplo fotográfico de categoría salas de espera.	38
Figura 21. Frecuencia de distribución en cuartos de archivo	39
Figura 22. Ejemplo fotográfico de categoría cuartos de archivo.	40
Figura 23. Ejemplo fotográfico de la categoría aulas.	41
Figura 24. Frecuencia acumulada de distribución total en edificios de oficina	43
Figura 25. Frecuencia de distribución en edificios de oficina	43
Figura 26. Relación entre área y carga temporal en oficinas.....	44
Figura 27. Marco frontal del edificio analizado.	48
Figura 28. Vista lateral del edificio analizado	49
Figura 29. Nomenclatura de los elementos	50
Figura 30. Secciones escogidas para los elementos según el diseño del SAP2000	51

Tabla de Cuadros

Cuadro 1. Desglose de datos obtenidos en dormitorios.	16
Cuadro 2. Desglose de datos obtenidos en salas de estar.....	19
Cuadro 3. Desglose de datos obtenidos en baños.	21
Cuadro 4. Desglose de datos obtenidos en cuartos de pilas.	23
Cuadro 5. Desglose de datos obtenidos en cuartos de garajes.	25
Cuadro 6. Desglose total de datos obtenidos	27
Cuadro 7. Resumen de análisis estadístico por uso de habitación	30
Cuadro 8. Análisis estadístico sin incluir la categoría de garajes	31
Cuadro 9. Análisis estadístico incluyendo la categoría de garajes.....	31
Cuadro 10. Desglose de datos obtenidos en oficinas personales	33
Cuadro 11. Desglose de datos obtenidos en salas de sesión.....	35
Cuadro 12. Desglose de datos obtenidos en salas de espera	37
Cuadro 13. Desglose de datos obtenidos en cuartos de archivo	39
Cuadro 14. Desglose de datos obtenidos en aulas.....	40
Cuadro 15. Desglose de datos obtenidos totales.....	42
Cuadro 16. Resumen de estadísticas por uso de habitación en oficinas.....	45
Cuadro 17. Parámetros estadísticos para la muestra total de edificios de oficina.....	46
Cuadro 18. Análisis estadístico de la muestra de oficinas excluyendo aulas y cuartos de archivo	46
Cuadro 19. Cambio de la carga última gravitacional al variar los valores de carga temporal.....	47
Cuadro 20. Resultados de cargas últimas del análisis usando el CSCR10-14.....	52
Cuadro 21. Resultados de cargas últimas del análisis usando las nuevas combinaciones de carga.....	52
Cuadro 22. Resultados del diseño con las combinaciones de carga del CSCR10-14	53
Cuadro 23. Resultados del diseño con las combinaciones de carga del próximo Código Sísmico.....	53
Cuadro 24. Diferencia porcentual en las relaciones de resistencia entre un conjunto y otro	54

Rivas Calderón, Victor Julio

Análisis de cargas vivas de edificaciones en Costa Rica para efectos de diseño estructural

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José, C.R:

V.J. Rivas. C, 2019

x, 59, [3]h; ils.col. – 13 referencias

RESUMEN

En este estudio se procedió a cuantificar la carga temporal real que existe en edificios de oficina, aulas y viviendas con el fin de comparar las cargas temporales mínimas estipuladas en el Código Sísmico de Costa Rica con las cargas temporales reales presentes en la estructura. También se procedió a comparar el diseño de una edificación utilizando las combinaciones de carga del CSCR10-14 y las combinaciones de carga que vendrán en el nuevo Código Sísmico.

Se realizaron 50 mediciones de carga temporal en viviendas y 34 mediciones de carga temporal en edificios de oficina y aulas. Las cuantificaciones de carga se hicieron tanto en edificios de índole privado como de índole público y las mediciones en viviendas se realizaron en distintos puntos de la provincia de San José, Costa Rica.

Una vez obtenidos los datos se procedió a realizar un análisis estadístico de los mismos con el fin de obtener el valor máximo probable de carga temporal presente tanto en oficinas como en viviendas. Asimismo, se determinó la diferencia que existe entre diseñar con el grupo actual y el grupo nuevo de combinaciones de carga última. Este análisis permitió recomendar valores de carga temporal mínima que se apeguen más a la realidad de nuestro país y determinó que la diferencia entre la utilización de uno y otro grupo de combinaciones de carga no afecta considerablemente el diseño de la estructura.

CARGAS TEMPORALES, COMBINACIONES DE CARGA, REDUCCIÓN DE CARGA TEMPORAL.

Ing. Miguel Cruz Azofeifa, Dr.Sc.

Escuela de Ingeniería Civil

1. Capítulo I: Introducción

1.1. Justificación

1.1.1. *Problema específico*

En el diseño estructural de las edificaciones es de suma importancia realizar una detallada cuantificación de las cargas que actuarán sobre la misma, tanto permanentes, temporales, de sismo, de empuje, entre otras. Las anteriores posteriormente se utilizan en las combinaciones de carga que establece el Código Sísmico de Costa Rica y es por esto por lo que el cálculo acertado de estas es clave en el diseño.

A diferencia de las cargas permanentes las cargas temporales no siempre se proceden a calcular en cada diseño, sino que se toman de una tabla que contiene valores de acuerdo con el uso que tendrá la estructura durante su vida útil. Lo anterior no siempre es así, por ejemplo, cuando se diseñan estructuras que no serán habitadas por humanos en donde se deben estimar las cargas temporales que estarán presentes. Como es esperable, estos valores se encuentran del lado de la seguridad para garantizar la estabilidad de la edificación, sin embargo, en Costa Rica no se ha hecho un estudio que determine las cargas temporales que la estructura realmente soporta durante su uso.

Los valores de carga temporal que se utilizan para el diseño se toman de las tablas del Código Sísmico de nuestro país, los cuales son extraídos de códigos extranjeros, usualmente de países desarrollados como Estados Unidos, estas cargas pueden ser sustancialmente más pequeñas en países en vías de desarrollo como han demostrado otros investigadores. Al tener una base de datos representativa de estas cargas se puede proceder a inferir si los valores propuestos en las tablas del Código Sísmico son justificados o si por el contrario están llevando a un sobre diseño de los elementos de la estructura.

Lo anterior cobra especial importancia en los diseños de ciertos elementos que usualmente son regidos por la combinación de carga que mayor la carga temporal, como es el caso de las vigas.

1.1.2. ***Importancia***

Este trabajo pretende subsanar la falta de información con respecto a las mediciones de carga temporal y establecer una base de datos que permita a futuros investigadores plantear trabajos similares, no solo analizando cargas temporales de edificios de oficina sino también de edificaciones destinadas a otros usos.

Los resultados de este trabajo pueden llevar a modificar los valores establecidos en el Código Sísmico de Costa Rica para buscar reflejar la realidad presente en nuestro país. Este cambio puede llevar a diseños más efectivos y por lo tanto más competitivos. Lo anterior se traduce en un beneficio para la industria de la construcción y Costa Rica en general.

Por otro lado, un análisis de los elementos con las nuevas combinaciones permitiría reconocer cuáles son las ecuaciones que rigen el diseño de cada elemento y crear conciencia sobre la importancia de una cuantificación correcta de las cargas y en especial de la carga temporal.

También, metodológicamente este trabajo presenta varias maneras para medir la carga temporal de una estructura, dando la oportunidad a futuros investigadores ya sea de utilizar estas metodologías o de probar una que consideren más adecuada.

1.1.3. ***Antecedentes teóricos***

Las investigaciones sobre este tema son escasas y en su mayoría los estudios de cuantificación de carga tienen más de treinta años. Dos de los estudios principales y que han sido claves para entender el tema corresponden al estudio hecho por Mitchell y Woodgate [3] en el Reino Unido y al de Culver [4] en Estados Unidos. Estos dos realizaron mediciones en edificios de oficinas para determinar las cargas temporales reales y establecer los factores que afectan su magnitud. Estas encuestas fueron realizadas en más de 27000 metros cuadrados de oficinas, tanto en oficinas privadas como gubernamentales. Culver [4] en su estudio sobre cargas temporales y cargas de fuego para edificios de oficina concluyó que la carga temporal desciende conforme más área tenga la habitación y que estas no dependen ni de la altura ni de la edad del edificio.

Posteriormente en el año 1986 por primera vez se realizaron investigaciones en países no desarrollados como es el caso del país de Ghana, este estudio fue realizado por Andam [5] bajo una hipótesis parecida a la del presente trabajo y en la cual se encontró que las cargas de diseño del Código de ese país excedían en un 65% las cargas temporales reales medidas en los edificios de oficina, las mediciones se tomaron en más de 1350 habitaciones. Andam también determinó que las cargas medidas en Estados Unidos son 66% mayores que las medidas en su país y que en el Reino Unido las mismas sobrepasan las anteriores en un 85%.

En el año 2000, en India, Kumar publicó su trabajo "Live loads in office buildings: Point in time load intensity" [13]. En esta investigación se concluyeron varias estadísticas que son relevantes para el presente trabajo. Entre las más importantes se encuentran que las metodologías de medición por inventario o por estimación no difieren en más del nueve por ciento de la medición real por lo que es una forma aceptada de realizar las tomas de datos. Se determinó que el 99.7% de la carga temporal en oficinas se debe a elementos de madera y de acero, que el promedio de elementos por medición fue de 19 y que la mayoría de estos se ubicaron en el borde del aposento.

Kumar también concluyó que las cargas del personal y de los elementos colocados en el suelo corresponden al 30% y 70% de la carga temporal total respectivamente. El promedio de carga temporal tomando en cuenta todas las mediciones fue de 47 kg/m² y la máxima carga registrada fue de 210 kg/m² la cual correspondía a un cuarto dedicado al almacenamiento de archivos y libreros de 10 metros cuadrados de área.

Es notable que existen pocas investigaciones con respecto al tema y que la mayoría o son muy antiguas o han sido realizadas en países muy distintos a Costa Rica por lo que hay una necesidad de explorar más esta temática y establecer cual es la realidad nacional en relación con este tema.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo General*

Cuantificar las cargas temporales reales presentes en estructuras de tipo oficina, aulas y vivienda unifamiliar en Costa Rica.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Realizar mediciones de carga temporal en edificios de oficina, aulas y viviendas.
- Comparar las mediciones obtenidas con las cargas de diseño estipuladas en el CSCR10-14 y determinar si las últimas reflejan la realidad nacional.
- Analizar los elementos (vigas, columnas) de un edificio previamente diseñado, aplicar en cada uno de ellos las combinaciones de carga del nuevo Código Sísmico de Costa Rica y determinar si cambian sustancialmente el diseño final.

1.3. Delimitación del problema

1.3.1. *Alcance*

La cuantificación de las cargas temporales se hará en edificios de tipo oficina en San José, Costa Rica durante el primer trimestre del año 2019 y se plantea realizar 34 mediciones. Además, se tomarán 50 mediciones en viviendas de tipo unifamiliar.

Se pretende entregar una base de datos que englobe los parámetros de estudio previamente mencionados, que contenga los usos que se le dan a cada área en estudio (sala de reunión, oficina privada, oficina de secretaría, entre otros que se consideren a la hora de hacer mediciones). Estos datos irán acompañados con mediciones del área donde se hizo cada medición, así como un registro fotográfico de las mismas. Esto con el fin de facilitar a futuros investigadores el contexto dentro del cual se realizó este trabajo.

Para el análisis estructural se tomarán los datos de estructuras previamente diseñadas por lo que no se revisará su diseño estructural, sino que únicamente nos enfocaremos en el análisis de cargas para cada elemento. Los datos obtenidos serán representativos para edificios similares a los analizados por lo que una extrapolación de los resultados a estructuras de distinta configuración debe hacerse con criterio.

1.3.2. ***Limitaciones***

Debido a la variable del tiempo de entrega que se definió para la realización del proyecto dentro del mismo solo se medirán edificios a los que se les de el uso de oficinas, aulas y de vivienda unifamiliar, dejando por fuera otros usos que también se beneficiarían de un estudio de esta índole.

El número de mediciones por edificio también se ve reducido por la variable del tiempo, sin embargo, se cree que el número a realizar es suficientemente representativo como para establecer una base de datos relevante desde el punto de vista estadístico.

La metodología de medición también presenta cierta incertidumbre pues en algunas ocasiones no se puede obtener el peso exacto de los elementos debido a su tamaño y dificultad de manejo.

Una limitante importante corresponde al hecho de que estas mediciones se realizan de manera arbitraria y no sostenidas en el tiempo por lo que se debería de hacer un análisis estadístico de tipo estocástico para establecer la carga máxima durante la vida útil del edificio y la duración de esa carga.

Por último, hay una escasez de información con respecto al tema, específicamente en el ámbito nacional donde la investigación sobre este apartado no es común.

1.4. Metodología

1.4.1. *Fase de investigación teórica y planificación*

Se inicia con la recopilación de información sobre el tema a investigar. Esto comprende información sobre las características de las cargas temporales y su manejo a la hora del diseño de elementos estructurales.

Se procede a buscar información relevante al tema con el fin de comparar metodologías previamente usadas para trabajos similares. Esta documentación sirve para recopilar estudios anteriores que han tratado esta misma temática en otras latitudes y aprovechar sus conclusiones para saber que es lo más relevante a investigar en un proyecto de graduación como este.

Es en esta fase en la que se coordinan las visitas a las edificaciones en las que se tomarán las mediciones de carga temporal con el fin de no generar un atraso en esa etapa. Se define que edificios se van a analizar tanto para la cuantificación de cargas temporales como para el análisis estructural.

Cabe destacar que esta información mencionada anteriormente será obtenida de fuentes bibliográficas reconocidas como artículos científicos, tesis, trabajos finales de graduación, libros, publicaciones entre otros. Este acto permitirá la elaboración del marco conceptual de la investigación.

1.4.2. *Fase de recolección de datos*

Seguido de la construcción de una base teórica inicial se procede a aplicar los conceptos recopilados en ella para tomar las mediciones de carga temporal. Las oficinas escogidas son las siguientes: Ministerio de Seguridad Pública (Barrio Córdoba), Bufete Rivas y Calderón (Barrio Córdoba), oficinas centrales de la página web de deportes de motor Mundomotorizado (Hatillo) y el edificio de aulas Galería 2258 (Paseo Colón). Las mediciones de carga temporal en viviendas serán 48 y se realizarán en aposentos dentro de la Gran Área Metropolitana

En cada uno de estos lugares se medirá la carga temporal presente en las habitaciones, específicamente todo lo que esté en contacto con el suelo del recinto. Para obtener el peso de

estos elementos se utilizarán tres metodologías. La primera corresponde a una medición de tipo directa, la cual se realiza con una balanza adecuada al tamaño del objeto. También se estimarán datos por medio de catálogos que establecen promedio de pesos para distintos tipos de mueblería. Como demostraron estudios explicados en la base teórica esta metodología es confiable e induce errores de muy baja magnitud. Por último, cuando sea posible se tomarán los pesos de catálogos del fabricante.

En estas mediciones se incluirán los distintos datos: edificio en cuestión y código establecido para cada lugar, tipo y uso que se le da a la habitación, área del recinto, número de elementos medidos, fotografías del lugar entre otros que se puedan llegar a considerar pertinentes a la hora del trabajo de campo.

1.4.3. ***Fase de análisis***

Se procede al análisis de los datos y resultados obtenidos de la medición de cargas temporales. Se agruparán tanto por edificio como según el uso de cada habitación (sala de conferencias, oficina de secretaría, habitación principal entre otros). Se establecerán los mínimos, máximos junto con parámetros estadísticos para los grupos anteriores con el fin de compararlos y sacar las conclusiones requeridas.

Una vez terminado con el ordenamiento de los datos se procederá a comparar el promedio de ellos y los máximos con las tablas de carga temporal que se establecen en el Código Sísmico de Costa Rica. Esto con el fin de elaborar un criterio respaldado estadísticamente sobre si estas especificaciones reflejan las características de los edificios de oficina y vivienda en nuestro país.

Tras lo anterior se procede a realizar el análisis estructural del edificio escogido por medio de un programa de modelado estructural, este análisis permitirá encontrar las cargas a las que está sometido cada elemento de la estructura. Una vez obtenido esto se aplicará a cada uno de ellos las nuevas combinaciones de carga del próximo Código Sísmico de Costa Rica con el fin de identificar cuales elementos están regidos por la combinación que incluye la carga temporal y cuales no.

1.4.4. ***Fase final***

En esta fase se toman los resultados obtenidos de las tres etapas anteriores y se elaboran las conclusiones que de ellos se desprendan. Se forja un criterio sobre la relación que existe entre las cargas temporales reales en las estructuras y las que establece el Código Sísmico de Costa Rica y se dan recomendaciones en caso de que los valores establecidos no se adapten a la realidad nacional.

2. Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Cargas estructurales

Toda estructura esta sometida a fuerzas aplicadas a los elementos resistentes, a estas fuerzas se les denomina cargas y producen esfuerzos, deformaciones y desplazamientos por lo que una buena determinación de estas es clave para lograr un diseño seguro y eficiente de la obra. Dentro de estas cargas existen una gran cantidad de tipos clasificados según el agente que las provoca. En nuestro país las más comunes son: carga permanente, carga temporal, carga de sismo, de viento, de empuje lateral y de presión hidrostática.,

La carga muerta o permanente consiste en el peso propio de todos los elementos constructivos (estructurales y no estructurales) anclados rígidamente a la estructura. Estos incluyen el peso de las vigas, las columnas, muros, sistemas eléctricos, mecánicos, y el peso de todos los depósitos de líquidos y sus contenidos que estén anclados al cuerpo principal de la edificación (piscinas, tanques de almacenamiento, entre otros). Es importante acotar que, en la práctica profesional, a las cargas permanentes y temporales se les llama carga muertas y vivas respectivamente por lo que durante el resto del presente trabajo se referirá a ellas de las dos formas.

2.2. Carga Temporal

La carga temporal o viva se define como la suma de todas aquellas cargas producidas por el uso y ocupación de la estructura y son especificadas como un peso por unidad de área correspondiente a la utilización del inmueble. Los valores de carga temporal a utilizar a la hora del diseño deben ser igual a la máxima carga esperada durante su uso y nunca debe ser menor

que los valores dados en las tablas de diseño de la legislación pertinente. El Código Sísmico de Costa Rica 10-14 propone los siguientes valores mínimos de carga temporal para edificaciones según su uso esperado.

TABLA 6.1. Cargas temporales unitarias mínimas.	
Destino del piso	Carga temporal (kg/m ²)
Habitación (casas de habitación, apartamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, edificios para internados en escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares).	200
Oficinas, despachos, laboratorios, salones de lectura, aulas, salas de juego y similares.	250
Escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de libre acceso al público.	400
Lugares de reunión desprovistos de asientos fijos, estadios, salones de baile, etc.	500
Bibliotecas y salones de archivo.	500
Lugares de reunión con asientos fijos, templos, cines, teatros, gimnasios, etc.	400
Comercios, bodegas y fábricas de mercancía ligera.	500
Comercios, bodegas y fábricas de mercancías con <i>peso</i> intermedio.	650
Comercios, bodegas y fábricas de mercancía pesada.	800
Techos de fibrocemento, láminas de acero galvanizado y otros.	40
Azoteas con pendiente superior al 5 por ciento.	100
Azoteas con pendiente inferior o igual al 5 por ciento.	200
Voladizos en vía pública (marquesinas, balcones y similares).	300
Garajes y aparcamientos (para automóviles exclusivamente).	300

NOTA: Las cargas dadas en esta tabla son mínimas. El profesional responsable del diseño debe considerar las condiciones reales a las que será sometido el *piso* para efectos de incrementar las cargas.

Figura 1. Cargas temporales mínimas según CSCR10-14

Extraído del Código Sísmico de Costa Rica 10-14

Es importante notar que el Código Sísmico de Costa Rica establece esos valores para edificaciones, es decir estructuras destinadas a albergar humanos regularmente. Cuando se deba diseñar una estructura especial, es decir, una que no cumpla con el requisito anterior, se debe

calcular con criterio la máxima carga temporal que se espera que haya en la estructura durante su vida útil.

2.2.1. ***Reducción de carga temporal***

El Código Sísmico de Costa Rica en su sección 6.3 permite reducir la carga temporal por un valor (f_r) siempre y cuando se revisen las siguientes condiciones:

- El área de carga no puede ser menor a 14 m².
- La carga temporal resultante al aplicar el factor de reducción no puede ser menor a 200kg/m².
- No se permite reducir la carga temporal al diseñar sitios de reunión pública.
- No se puede reducir carga temporal en edificaciones de un piso.
- Cuando la carga temporal supere los 500 kg/m² y provenga de dos o más pisos el factor de reducción no puede ser menor a 0.8.

2.3. **Mayoración de cargas**

Los factores de carga tienen la función de ayudar a alcanzar el nivel deseado de seguridad de una estructura basado en estudios probabilísticos que toman en cuenta la causa, recurrencia, distribución y naturaleza estática o dinámica. Las cargas son incrementadas por estos factores con el fin de garantizar que la carga de diseño sea mayor que la máxima carga a experimentar.

El diseño por factores de carga y resistencia (LRFD, por sus siglas en inglés) reconoce que ciertas cargas son más predecibles que otras por lo que requieren de un factor de seguridad menor, tal es el caso de las cargas permanentes como se discutió anteriormente. Además, la capacidad es multiplicada por un factor de reducción que depende del tipo de falla esperado y su severidad. Para encontrar la carga última se utilizan las combinaciones de carga que especifique el Código pertinente.

2.3.1. ***Combinaciones de carga según CSCR 10-14***

El Código Sísmico de Costa Rica en su versión 2010 con revisión 2014 en su capítulo 6 establece las siguientes combinaciones de carga para obtener la carga última de diseño:

- $CU = 1.4 CP$
- $CU = 1.2 CP + 1.6 fr CT + 1.6 CE$
- $CU = 1.05 CP + fr f1 CT \pm CS + CE$
- $CU = 0.95 CP \pm CS + CE$

Donde:

CU= carga última de diseño.

CP= carga permanente.

CT= carga temporal sin reducir.

CS= carga sísmica.

CE= carga por empuje.

fr = factor de reducción de carga temporal.

$f1$ = Varía entre 0.5 y 1 dependiendo de probabilidad de ocupación plena de carga temporal durante el sismo.

2.3.2. ***Combinaciones de carga según la próxima edición del CSCR***

La comisión del Código Sísmico de Costa Rica modificó las combinaciones de carga basándose en el concepto de resistencia requerida para este nuevo ejemplar y permitió su reproducción para este trabajo. Las ecuaciones se encuentran en la futura sección 201.2 y se presentan a continuación:

- $R_r = 1.4 CP$
- $R_r = 1.2 CP + 1.6 (CT_{red}) + 0.5 (CT_t)$
- $R_r = 1.2 CP + 1.6 (CT_t) + (f_1 (CT_{red}) \text{ ó } 0.5 CV)$
- $R_r = 1.2 CP + f_1 (CT_{red}) \pm CV + 0.5 (CT_t)$
- $R_r = 1.2 CP + f_1 (CT_{red}) \pm CS$
- $R_r = 0.9 CP \pm CV$
- $R_r = 0.9 CP \pm CS$

Donde:

R_r = Resistencia requerida.

CP : Efecto de las cargas permanentes.

CT : Efecto de las cargas temporales sin reducir.

CT_{red} : Efecto de las cargas temporales (excluyendo las de techos), con la reducción f_R .

CT_t : Efecto de las cargas temporales de techo.

CS : Efecto de las cargas sísmicas.

CE : Efecto de las cargas por empuje el suelo, presión hidrostática, o materiales a granel.

CV: Efecto de las cargas de viento.

$f_i = 0.5$ para edificaciones de baja probabilidad de ocupación plena de carga temporal a la hora de cargas eventuales tales como sismo o viento, siempre y cuando CT sea inferior o igual a 500kg/m^2 .

$f_i = 1.0$ para edificaciones con alta probabilidad de ocupación plena de carga temporal a la hora de cargas eventuales tales como sismo o viento, como: bodegas, estacionamientos públicos, etc. Adicionalmente, se incluyen los sitios de alto riesgo en caso de un evento sísmico o de viento, tales como sitios de reunión pública.

f_R = factor de reducción de carga temporal según la sección 202.3. El producto ($f_i f_R$) no puede ser menor que 0.5.

Con $f_r = (1 - R_{ct}/100)$

Donde R_{ct} es el menor valor obtenido de las siguientes expresiones, expresado como porcentaje:

- $R_{ct} = 0.861 (A - 14)$
- $R_{ct} = 40$ para elementos horizontales y 60 para elementos verticales
- $R_{ct} = 23.1 (1 + CP/CT)$

Donde el término A corresponde al área del piso que soporta el elemento en metros cuadrados.

Podemos ver que para el nuevo Código Sísmico se introducen cambios sustanciales. Primeramente, aumenta la cantidad de combinaciones de carga de 4 a 7, así como los términos que se incluyen en estas. Salta a la vista la inclusión de la carga por viento, esto modifica la metodología de diseño pues actualmente las combinaciones de carga para diseño por viento se toman del ASCE (Asociación Americana de Ingenieros Civiles por sus siglas en inglés).

También se da un cambio en cuanto a la manera de tratar la carga temporal. En las nuevas combinaciones se incluyen tres tipos distintos: carga temporal reducida, carga temporal sin reducir, carga temporal de techo. El separarlas de esta forma promueve la reducción de carga temporal por parte del diseñador lo cual corresponde a una buena práctica profesional. Por último,

el factor que multiplica la carga permanente en la combinación 6-4 del Código Sísmico de Costa Rica 10-14 pasa de 0.95 a 0.9 y en la combinación 6-3 pasa de 1.05 a 1.2.

2.4. Métodos de cuantificación de carga temporal en campo

Para medir la carga temporal existente en un aposento existen varios métodos usados por investigadores anteriores. El método más preciso es el de medición directa, este método consiste en pesar cada uno de los elementos determinados por medio de una báscula, este procedimiento, aunque preciso en sus mediciones es poco viable en algunas ocasiones pues a veces no es posible montar los objetos en la balanza y en otras ocasiones la variable tiempo transforma este método en uno poco eficiente.

Como segundo método tenemos la determinación de pesos por inventario, este procedimiento consiste en estimar el peso del elemento a partir de características físicas del mismo (estimación volumétrica según el material) o en obtener su peso de catálogos y archivos con pesos aproximados de los objetos. Este método ha sido el predilecto por investigadores anteriores pues es un método poco invasivo y relativamente rápido comparado con el anterior. Este procedimiento ha sido utilizado por Andam [5], Kumar [13] y Culver [4] en sus estimaciones de carga temporal para edificios de oficina. Culver se dedicó a validar este método al compararlo con el de medición directa y encontró que las diferencias son alrededor de un 5% por lo que se consideran poco relevantes.

Culver también menciona el método de estimación basada en la experiencia, el cual es un procedimiento que toma validez cuando se han hecho repetidas mediciones en distintas habitaciones y el investigador nota un patrón de peso entre elementos similares, sin embargo, por obvias razones los métodos anteriores son los predilectos.

3. Capítulo III: Cuantificación de cargas temporales

Para el presente trabajo se utilizan principalmente los métodos de medición directa y de estimación por medio de catálogos y volúmenes. Esto por la facilidad que representa en términos prácticos la combinación de procedimientos.

Para obtener el peso de los elementos se utiliza una báscula de piso de 200 kg de capacidad la cual se emplea para ponderar la masa de elementos pequeños y medianos. El instrumento se muestra en la siguiente figura



Figura 2. Báscula utilizada para las mediciones

Por otra parte, la herramienta principal para la cuantificación de carga temporal que se utiliza en este trabajo es la de estimación por medio de catálogos con promedios de pesos y la estimación volumétrica de la masa. Se utilizan inventarios de diversas fuentes que se adjuntan en los anexos. Dichos catálogos se comprobaron manualmente tomando mediciones directas de algunos elementos y comparándolos con las tablas mencionadas. Este ejercicio comprobó la conclusión de Culver sobre la baja relevancia de las diferencias entre métodos.

La metodología de cada medición consiste en obtener el peso de cada uno de los elementos que se encuentre en contacto directo o indirecto con el suelo para conseguir la carga total por objetos que se encuentra en la habitación, adicionalmente se estima la cantidad máxima de personas de 70 kg que podría haber en el aposento para calcular la carga humana total. Una vez sumadas las dos cantidades anteriores se obtiene la carga total y se divide entre el área de la habitación para obtener la carga temporal real en unidades de kilogramos sobre metros al cuadrado.

La metodología utilizada para determinar la densidad de personas por unidad de área consiste en estimar la cantidad de personas máxima que caben en la habitación, es decir, las personas que caben en el área libre que queda en el aposento luego de restarle el área ocupada por los muebles y distintos elementos.

3.1. Cargas temporales en viviendas

Para la cuantificación de carga temporal en viviendas se procede a tomar un total de 48 mediciones en distintos lugares de la provincia de San José. Las localidades escogidas son las siguientes: Barrio Córdoba (Zapote), Sagrada Familia (Hatillo), La Colina (Curridabat). En total se visitaron 5 viviendas y se tomaron datos en dormitorios, salas de estar, baños, cuartos de pila y garajes.

3.1.1. *Datos obtenidos y análisis de mediciones de dormitorios*

Los resultados obtenidos de las tomas de datos en dormitorios se desglosan a continuación en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Desglose de datos obtenidos en dormitorios.

Identificación de habitación	Área (m ²)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m ²)	%Carga humana	%Carga objetos
D1	14.48	9.00	630.00	261.20	891.20	61.55	70.69	29.31
D2	14.13	9.00	630.00	208.45	838.45	59.34	75.14	24.86
D3	30.31	16.00	1120.00	327.25	1447.25	47.75	77.39	22.61
D4	13.27	8.00	560.00	261.00	821.00	61.87	68.21	31.79
D5	15.20	8.00	560.00	186.35	746.35	49.09	75.03	24.97
D6	22.82	10.00	700.00	253.25	953.25	41.77	73.43	26.57
D7	9.05	6.00	420.00	125.00	545.00	60.22	77.06	22.94
D8	9.74	5.00	350.00	139.00	489.00	50.21	71.57	28.43
D9	10.35	7.00	490.00	140.00	630.00	60.87	77.78	22.22
D10	14.50	7.00	490.00	180.00	670.00	46.21	73.13	26.87
D11	8.20	5.00	350.00	92.00	442.00	53.90	79.19	20.81
D12	15.87	7.00	490.00	240.00	730.00	46.00	67.12	32.88
D13	12.54	7.00	490.00	215.00	705.00	56.22	69.50	30.50
D14	18.34	9.00	630.00	250.00	880.00	47.98	71.59	28.41
D15	9.50	5.00	350.00	110.00	460.00	48.42	76.09	23.91
Promedios	14.91	8.07	565.00	205.61	770.61	53.07	73.35	26.65

El total de dormitorios analizados constituye un total de 218 metros cuadrados y el promedio de área de las habitaciones es de 14.5 m^2 , como podemos observar la cantidad de personas presentes estimadas aumenta en dormitorios con áreas mayores pues los espacios libres aumentan. Podemos observar que el aporte de carga temporal mayor se da por la carga humana, la cual ronda el 73% de la carga total presente.

La carga temporal real es bastante consistente durante las 15 mediciones con un promedio de 52.55 kg/m^2 y con una desviación estándar de 7.12. Como estamos en presencia de una distribución normal sabemos que el 95% de los valores se encuentran dentro de el promedio más menos 1.96 veces la desviación estándar. Aplicando el concepto anterior el 95% de los valores se encontrarán dentro de los 38.5 kg/m^2 y 66.5 kg/m^2 . En el siguiente histograma se puede ver gráficamente en lo anterior.

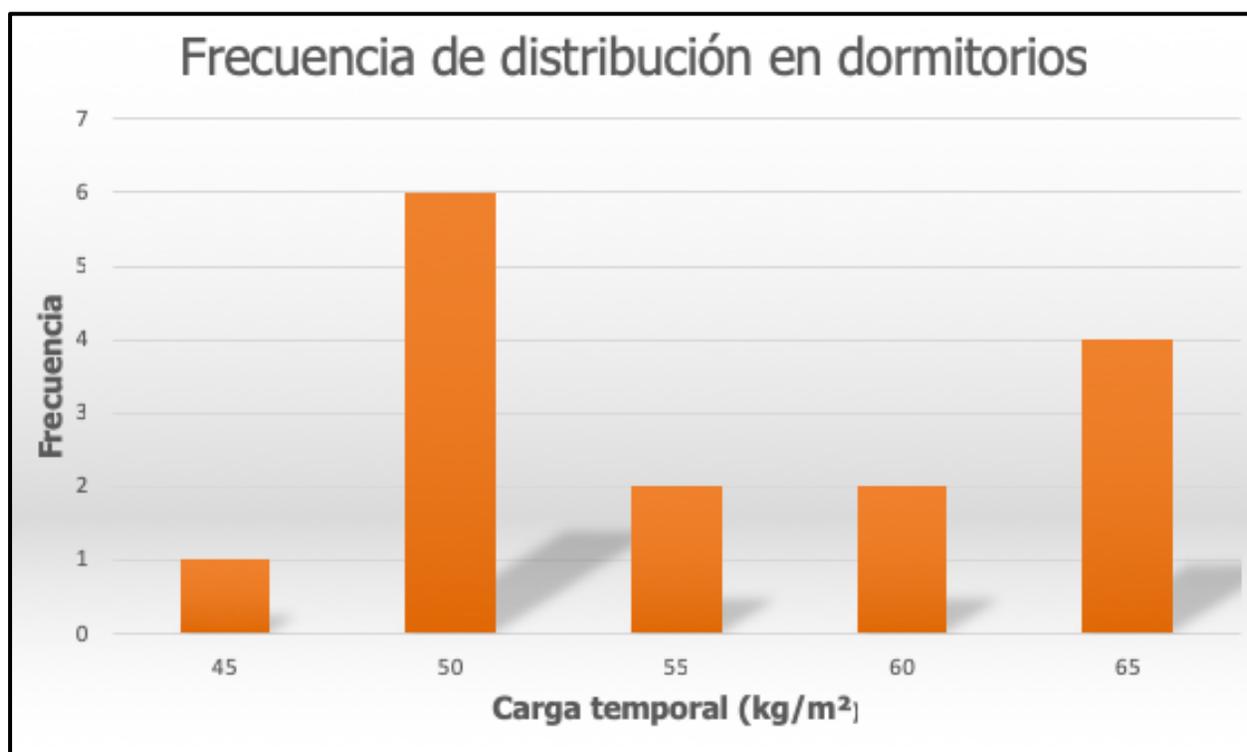


Figura 3. Histograma de carga temporal en dormitorios

La Figura 4 muestra un ejemplo fotográfico de la categoría dormitorio.



Figura 4. Ejemplo fotográfico de categoría dormitorios

3.1.2. ***Datos obtenidos y análisis de mediciones de salas de estar***

Los resultados obtenidos de las tomas de datos en salas de estar se desglosan a continuación en el Cuadro 2:

Cuadro 2. Desglose de datos obtenidos en salas de estar.

Identificación de habitación	Área (m ²)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m ²)	%Carga humana	%Carga objetos
S1	21.96	20	1400	488.7	1888.7	86.01	74.13	25.87
S2	15.71	15	1050	119.65	1169.65	74.45	89.77	10.23
S3	4.171	4	280	39.6	319.6	76.62	87.61	12.39
S4	9.77	6	420	102	522	53.43	80.46	19.54
S5	21.21	18	1260	250.5	1510.5	71.22	83.42	16.58
S6	20.18	13	910	125	1035	51.29	87.92	12.08
S7	21.74	10	700	55.5	755.5	34.75	92.65	7.35
S8	21.74	16	1120	117	1237	56.90	90.54	9.46
S9	15.6	9	630	108.5	738.5	47.34	85.31	14.69
S10	8.75	8	560	56.65	616.65	70.47	90.81	9.19
S11	5.87	6	420	49.5	469.5	79.98	89.46	10.54
S12	13.64	11	770	125.5	895.5	65.65	85.99	14.01
S13	17.15	11	770	194	964	56.21	79.88	20.12
Promedio	15.03	11.33	793.33	136.51	929.84	64.01	86.51	13.49

El total de las salas de estar analizadas constituye un total de 197.5 metros cuadrados y el promedio de área de las habitaciones es de 15.2 m². A diferencia de los dormitorios la relevancia de la carga humana aumenta pues constituye en promedio un 86% de la carga total, esto es por supuesto esperable pues las salas de estar son diseñados y concebidas como sitios de reunión.

La carga temporal real en estas mediciones arroja un promedio de 63.40 kg/m² y una desviación estándar de 14.77. Es notable que en las salas de estar hay una dispersión de datos mayor con respecto a los datos de los dormitorios. Esta desviación estándar indica que el 95% de los datos se encontrarán dentro del rango de 34.45 kg/m² y 92.6 kg/m². En el siguiente histograma se puede ver gráficamente lo anterior

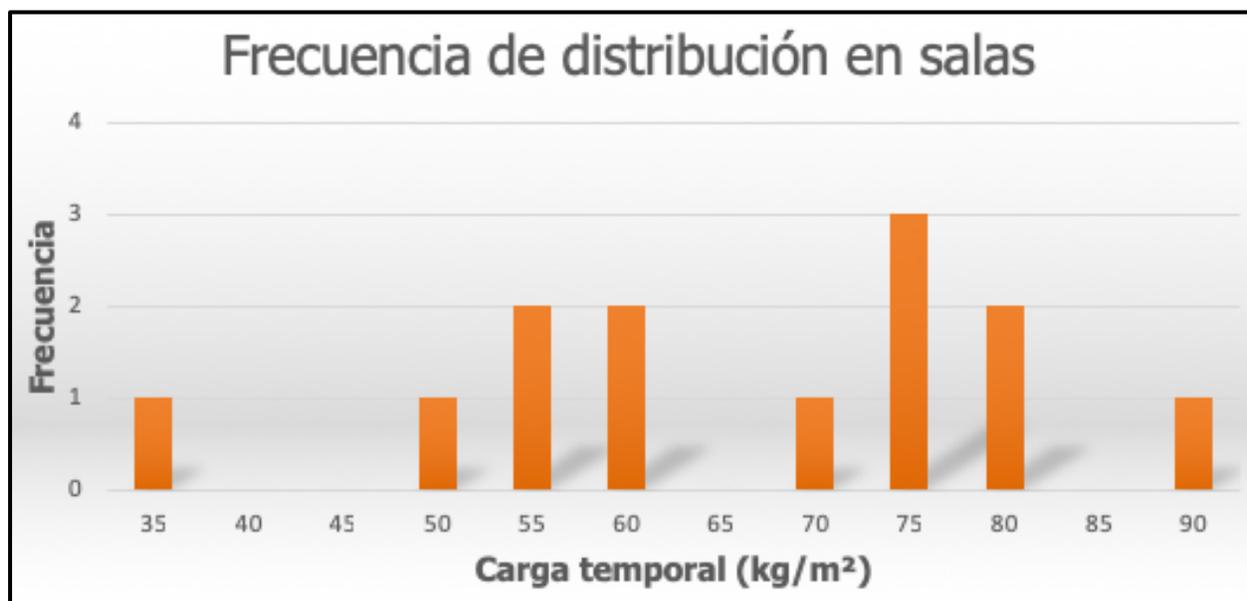


Figura 5. Histograma de carga temporal en salas de estar

La Figura 6 muestra un ejemplo fotográfico de la categoría salas de estar.



Figura 6. Ejemplo fotográfico de la categoría salas de estar

3.1.3. *Datos obtenidos y análisis de mediciones en baños*

Los resultados obtenidos de las tomas de datos de baños se desglosan a continuación en el Cuadro 3:

Cuadro 3. Desglose de datos obtenidos en baños.

Identificación de habitación	Área (m ²)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m ²)	%Carga humana	%Carga objetos
B1	3.43	2	140	92.95	232.95	67.92	60.10	39.90
B2	3.91	2	140	114.44	254.44	65.07	55.02	44.98
B3	2.1	2	140	45	185	88.10	75.68	24.32
B4	3.45	2	140	62	202	58.55	69.31	30.69
B5	8.91	3	210	100	310	34.79	67.74	32.26
B6	4.02	2	140	110.5	250.5	62.31	55.89	44.11
B7	3.5	2	140	85	225	64.29	62.22	37.78
B8	4.1	2	140	90	230	56.10	60.87	39.13
B9	2.8	2	140	50	190	67.86	73.68	26.32
B10	4.4	2	140	75	215	48.86	65.12	34.88
Promedios	4.02	2.11	147.78	83.32	231.10	62.78	64.50	35.50

En las mediciones de los baños se tomaron en cuenta ocupaciones humanas mucho menores pues usualmente estos son ocupados por una persona al mismo tiempo, sin embargo, se consideran de dos a tres personas con el fin de modelar una ocupación máxima. Podemos observar que la carga temporal se mantiene constante excepto en dos mediciones en las que los datos se fueron a las colas de la curva de distribución normal, esto se debe a que las áreas de estas habitaciones se salen del promedio de 4.02 m². En el dato B3 nos encontramos con una carga temporal real de 88.1 kg/m² la cual se considera alta dentro de su especie, esto se da debido a que el área es de 2.1 m², muy por debajo del promedio de la muestra. Caso contrario ocurre en la habitación B5 en la que el área medida duplica el promedio, causando una dramática reducción en la carga temporal resultante.

La carga temporal presente en estas habitaciones arroja un promedio de 61.40 kg/m² y una desviación estándar de 13.82. Este último dato nos lleva a concluir que el 95% de los datos se encontrarán dentro del rango de 34.28 kg/m² y 88.46 kg/m². En la siguiente figura podemos observar gráficamente la distribución de los resultados de esta muestra.

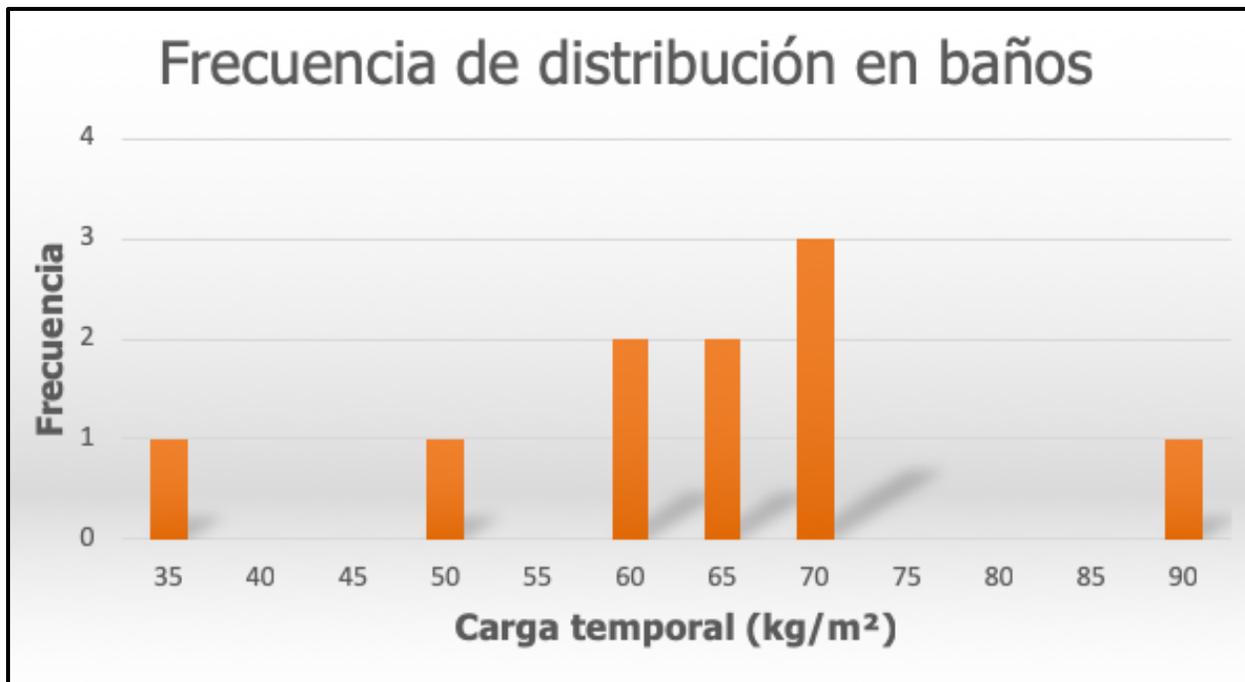


Figura 7. Histograma de carga temporal en baños

En la siguiente se muestra un ejemplo de los baños analizados:



Figura 8. Ejemplo fotográfico de categoría baños.

3.1.4. *Datos obtenidos y análisis de mediciones de cuartos de pila*

Los resultados obtenidos de las tomas de datos en cuartos de pila se desglosan a continuación en el Cuadro 4:

Cuadro 4. Desglose de datos obtenidos en cuartos de pilas.

Identificación de habitación	Área (m ²)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m ²)	%Carga humana	%Carga objetos
CP1	4.73	3	210	183.5	393.5	83.19	53.37	46.63
CP2	5.62	4	280	147	427	75.98	65.57	34.43
CP3	4.5	2	140	160	300	66.67	46.67	53.33
CP4	5.78	4	280	155	435	75.26	64.37	35.63
CP5	3.5	2	140	134.5	274.5	78.43	51.00	49.00
Promedio	4.83	3.00	210.00	156.00	366.00	75.91	56.20	43.80

Al igual que en el caso anterior, podemos observar bajas ocupaciones humanas, esto debido a que este tipo de habitaciones tienden a estar saturadas de objetos (lavadoras, secadoras, pilas de lavado, entre otros) y dejan poco espacio para maniobra humana. Adicionalmente al existir este tipo de electrodomésticos de línea blanca, los cuales tienden a ser muy pesados, se puede observar que la carga debido a objetos aumenta con relación a las muestras anteriores y en ocasiones llega a representar el 50% de la carga total en el aposento. Por las razones expuestas previamente la carga temporal real en los cuartos de pilas tiene un promedio mayor que el de las demás muestras, con un promedio de 75.9 kg/m². Esta muestra estadística tiene una desviación estándar baja, siendo esta de 6.02, lo que nos lleva a establecer que el 95% de los datos se encontrarán en un rango comprendido entre 64.19 kg/m² y 87.79 kg/m². A continuación se adjunta el histograma de estas mediciones.

En la figura 10 se muestra un ejemplo de cuarto de pilas.

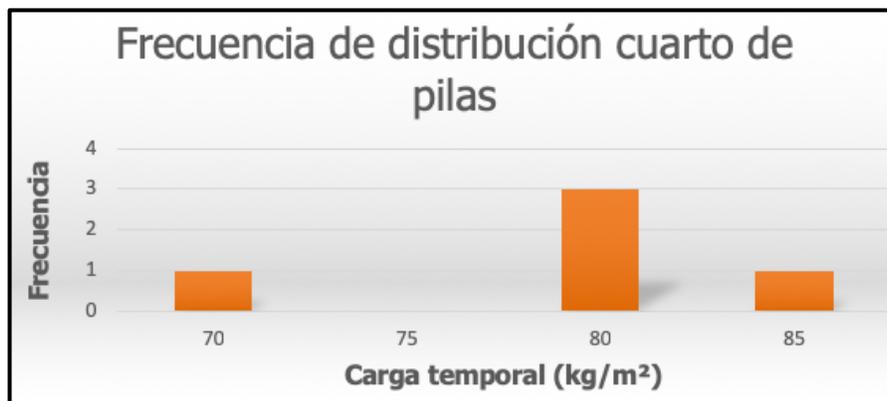


Figura 9. Histograma de carga temporal en cuartos de pilas.



Figura 10. Ejemplo fotográfico de categoría cuartos de pilas

3.1.5. ***Datos obtenidos y análisis de mediciones en garajes***

Los resultados obtenidos de las tomas de datos en garajes se desglosan a continuación en el Cuadro 5:

Cuadro 5. Desglose de datos obtenidos en cuartos de garajes.

Identificación de habitación	Área (m ²)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m ²)	%Carga humana	%Carga objetos
G1	26.14	10	700	3700	4400	168.32	15.91	84.09
G2	47.21	12	840	5198	6038	127.90	13.91	86.09
G3	20.5	8	560	1850	2410	117.56	23.24	76.76
G4	31.5	11	770	1920	2690	85.40	28.62	71.38
G5	18	7	490	1550	2040	113.33	24.02	75.98
Promedio	31.34	10.25	717.50	3167.00	3884.50	124.79	20.42	79.58

Por último, se analizan las mediciones tomadas en garajes, esta base de datos difiere en muchas cosas de las anteriores debido a su naturaleza. Estos aposentos fueron concebidos no para albergar personas sino para hospedar vehículos, esta concepción nos lleva a tener cargas muy altas en comparación con las que alberga el resto de la vivienda pues el peso de los automotores puede llegar incluso a las 3 toneladas como es el caso de la medición G2 en donde tan solo dos vehículos arrojaron una carga total de 5.2 toneladas. Lo expuesto anteriormente se puede ver reflejado en que en esta base de datos se da por primera vez la peculiaridad de que las cargas por objetos aportan prácticamente el 80% de la carga temporal mientras que, por ejemplo, en dormitorios este valor rondaba el 25%.

Las cargas temporales reales en garajes tienen un valor promedio de 122.5 kg/m² con una desviación estándar de 30 lo que nos advierte de una dispersión bastante alta y un pico en la curva normal bastante pronunciada donde la mayoría de los valores se encuentran hacia el centro de la gráfica, pero con dos datos aislados en las colas (G1 y G4). La desviación estándar anterior nos ayuda a concluir que el 95% de los datos se van a ubicar entre 63.5 kg/m² y 181 kg/m². A continuación se presente el histograma de mediciones.



Figura 11. Histograma de carga temporal en garajes

En la siguiente figura se muestra un ejemplo fotográfico de este grupo.



Figura 12. Ejemplo fotográfico de la categoría garajes

3.1.6. *Datos obtenidos y análisis de mediciones totales*

Los resultados obtenidos en las 48 mediciones se desglosan a continuación en el Cuadro 6:

Cuadro 6. Desglose total de datos obtenidos

Identificación de habitación	Área (m2)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m2)	%Carga humana	%Carga objetos
D1	14.48	9	630	261.2	891.2	61.55	70.69	29.31
D2	14.13	9	630	208.45	838.45	59.34	75.14	24.86
D3	30.31	16	1120	327.25	1447.25	47.75	77.39	22.61
D4	13.27	8	560	261	821	61.87	68.21	31.79
D5	15.204	8	560	186.35	746.35	49.09	75.03	24.97
D6	22.82	10	700	253.25	953.25	41.77	73.43	26.57
D7	9.05	6	420	125	545	60.22	77.06	22.94
D8	9.74	5	350	139	489	50.21	71.57	28.43
D9	10.35	7	490	140	630	60.87	77.78	22.22
D10	14.5	7	490	180	670	46.21	73.13	26.87
D11	8.2	5	350	92	442	53.90	79.19	20.81
D12	15.87	7	490	240	730	46.00	67.12	32.88
D13	12.54	7	490	215	705	56.22	69.50	30.50
D14	18.34	9	630	250	880	47.98	71.59	28.41
D15	9.5	5	350	110	460	48.42	76.09	23.91
S1	21.96	20	1400	488.7	1888.7	86.01	74.13	25.87
S2	15.71	15	1050	119.65	1169.65	74.45	89.77	10.23
S3	4.171	4	280	39.6	319.6	76.62	87.61	12.39
S4	9.77	6	420	102	522	53.43	80.46	19.54
S5	21.21	18	1260	250.5	1510.5	71.22	83.42	16.58
S6	20.18	13	910	125	1035	51.29	87.92	12.08
S7	21.74	10	700	55.5	755.5	34.75	92.65	7.35
S8	21.74	16	1120	117	1237	56.90	90.54	9.46
S9	15.6	9	630	108.5	738.5	47.34	85.31	14.69
S10	8.75	8	560	56.65	616.65	70.47	90.81	9.19
S11	5.87	6	420	49.5	469.5	79.98	89.46	10.54
S12	13.64	11	770	125.5	895.5	65.65	85.99	14.01
S13	17.15	11	770	194	964	56.21	79.88	20.12
B1	3.43	2	140	92.95	232.95	67.92	60.10	39.90
B2	3.91	2	140	114.44	254.44	65.07	55.02	44.98
B3	2.1	2	140	45	185	88.10	75.68	24.32
B4	3.45	2	140	62	202	58.55	69.31	30.69
B5	8.91	3	210	100	310	34.79	67.74	32.26
B6	4.02	2	140	110.5	250.5	62.31	55.89	44.11
B7	3.5	2	140	85	225	64.29	62.22	37.78
B8	4.1	2	140	90	230	56.10	60.87	39.13
B9	2.8	2	140	50	190	67.86	73.68	26.32
B10	4.4	2	140	75	215	48.86	65.12	34.88
G1	26.14	10	700	3700	4400	168.32	15.91	84.09
G2	47.21	12	840	5198	6038	127.90	13.91	86.09
G3	20.5	8	560	1850	2410	117.56	23.24	76.76
G4	31.5	11	770	1920	2690	85.40	28.62	71.38
G5	18	7	490	1550	2040	113.33	24.02	75.98
CP1	4.73	3	210	183.5	393.5	83.19	53.37	46.63
CP2	5.62	4	280	147	427	75.98	65.57	34.43
CP3	4.5	2	140	160	300	66.67	46.67	53.33
CP4	5.78	4	280	155	435	75.26	64.37	35.63
CP5	3.5	2	140	134.5	274.5	78.43	51.00	49.00
Promedios	13.20	7.38	516.81	436.36	953.17	66.88	68.13	31.87

Del Cuadro 6 se pueden determinar distintas relaciones y distribuciones que ayudan a definir la muestra. Primeramente, se presenta el histograma de frecuencias acumulada del total de la muestra.

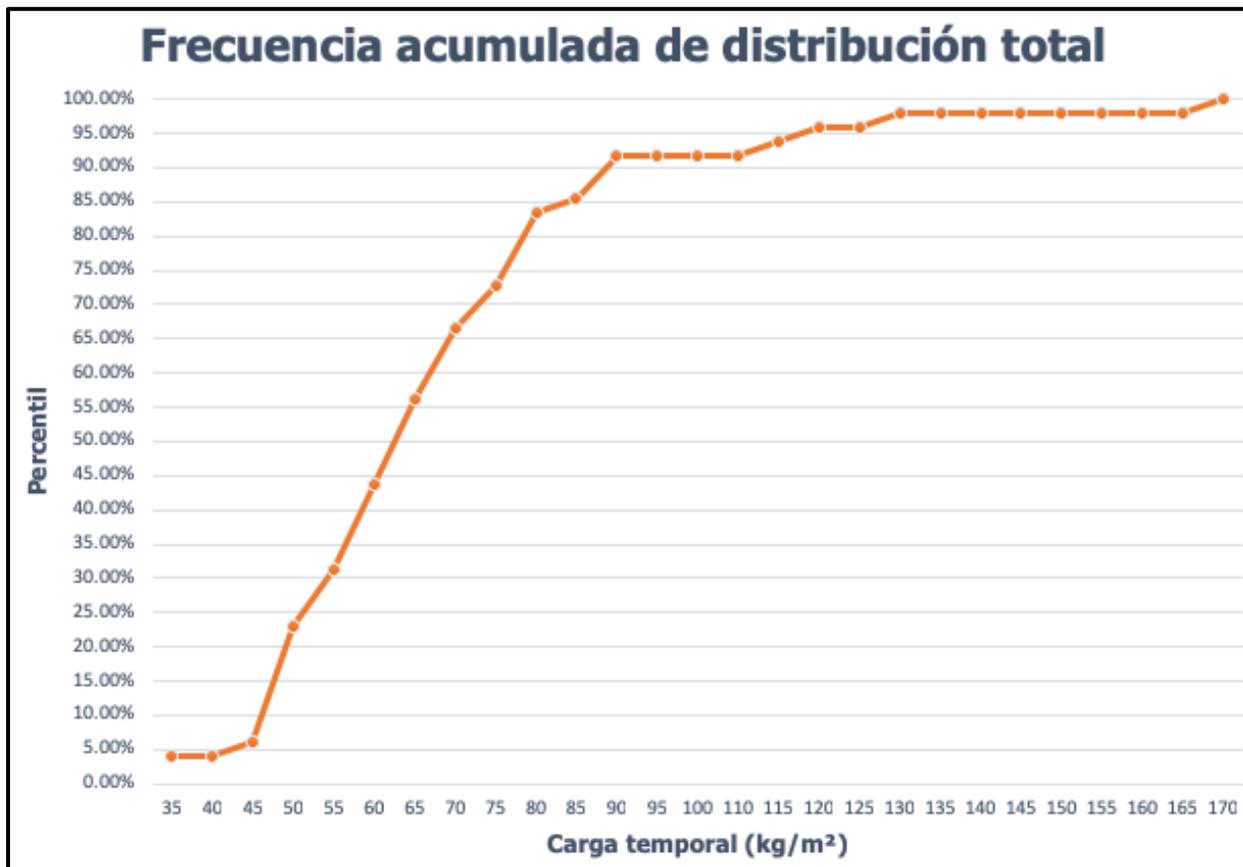


Figura 13. Histograma de frecuencia acumuladas total en vivienda.

De la Figura 13 se desprenden hallazgos interesantes, podemos ver que el total de la muestra se encuentra por debajo de los 170 kg/m² y que el percentil 95% de la muestra abarca hasta los 115 kg/m². Es notable que ninguna de las mediciones llega a los 200 kg/m² de carga temporal que exige el CSCR10 para viviendas como requisito mínimo.

Una relación interesante de establecer es la del área de la habitación con respecto a la carga temporal presente, como se mencionó en los apartados anteriores los aposentos de mayor área están asociados a una mayor carga humana pues hay más espacios libres donde puedan ubicarse las personas. En el siguiente gráfico de dispersión podemos ver la relación establecida.

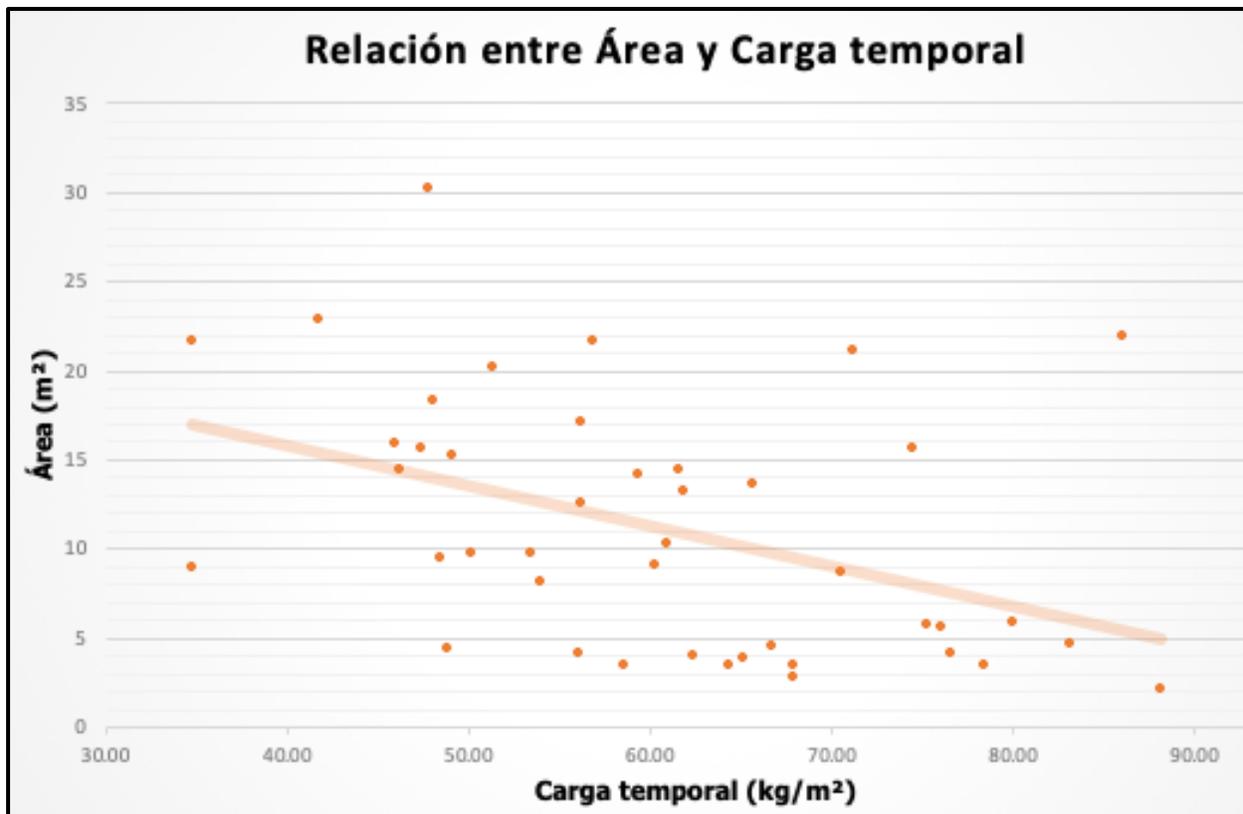


Figura 14. Relación entre Área y Carga Temporal

En la Figura 14 se ve como la mayoría de las habitaciones tienen áreas menores a los 23 metros cuadrados y la relación con el área temporal se puede expresar como:

$$A = -0.2271CT + 24.954 \quad [1]$$

Donde:

A= Área de la habitación [m²]

CT = Carga temporal presente en la habitación [kg/m²]

Podemos ver que la ecuación describe una línea decreciente lo que significa que un aumento en el área del aposento provoca una disminución en la carga temporal, esto debido a que la carga tiene más espacio para distribuirse.

Volviendo al Cuadro 6 podemos encontrar parámetros estadísticos relevantes relacionados con la carga temporal real en las habitaciones examinadas. El promedio de carga temporal de las 48 mediciones es de 67.11 kg/m² con una desviación estándar de 24.43. Este valor de desviación estándar nos lleva a inferir que el 95% de los valores de carga temporal en viviendas se ubicarán dentro del rango que va desde 19.23 kg/m² hasta los 115 kg/m². La desviación estándar de esta muestra es un número alto y se estudiará su razón con el fin de optimizar las predicciones estadísticas.

En los apartados anteriores se analizó por separado cada uno de los grupos de datos y los resultados se resumen en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Resumen de análisis estadístico por uso de habitación

Uso de habitación	Cantidad	Promedio (kg/m²)	Desviación estándar	Límite inferior (kg/m²)	Límite superior (kg/m²)
Dormitorios	15	52.55	7.1	38.5	66.5
Salas de estar	13	63.4	14.7	34.45	92.6
Baños	10	61.38	13.8	34.28	88.46
Cuarto de pilas	5	75.9	6	64.19	87.79
Garajes	5	122.5	30	63.5	181

Es notable que los límites estadísticos superior e inferior se mantienen en un rango constante en todas las categorías hasta llegar a los garajes en donde el límite superior da un brinco de más del 100% con respecto a los demás usos de habitación, esto se da debido a la alta dispersión de los datos (desviación estándar de 30) y un promedio de carga temporal mucho más alto respecto a los demás.

El Cuadro 7 hace notable la gran diferencia que existe entre las primeras cuatro categorías y la categoría de garajes, es por esto por lo que se procede a realizar un análisis incluyendo los garajes y uno sin incluir este uso de habitación con el fin de comparar y depurar los parámetros estadísticos. Los resultados se muestran en los Cuadros 8 y 9.

Cuadro 8. Análisis estadístico sin incluir la categoría de garajes

Número de datos	43
Promedio	60.67 (kg/m ²)
Desviación Estándar	13.2
Mínimo	34.75 (kg/m ²)
Máximo	88.1 (kg/m ²)
Límite superior (95%)	86.55 (kg/m ²)
Límite inferior (95%)	34.8 (kg/m ²)
Límite superior (99%)	100.28 (kg/m ²)
Límite inferior (99%)	21.1 (kg/m ²)

Cuadro 9. Análisis estadístico incluyendo la categoría de garajes

Número de datos	48
Promedio	67.11 (kg/m ²)
Desviación Estándar	24.43
Mínimo	34.75 (kg/m ²)
Máximo	168.32 (kg/m ²)
Límite superior (95%)	115 (kg/m ²)
Límite inferior (95%)	19.22 (kg/m ²)
Curtosis	5.9

Al comparar los dos cuadros anteriores una diferencia que salta a la vista es la del valor de la curtosis. La curtosis es un indicador que mide que tan concentrados se encuentran los datos alrededor de la media. Una curtosis cercana a cero indica que la distribución se acerca a una de tipo normal, mientras que un coeficiente positivo indica una distribución leptocúrtica, es decir más puntiaguda y con los datos más concentrados hacia la media. Una distribución que no sea normal dificulta la estimación de intervalos de confianza utilizando la desviación estándar pues hay que recordar que en una distribución normal el 95% de los valores se encuentran dentro de

el promedio más menos dos veces la desviación estándar y el 99.74% de los valores se encuentran dentro del promedio más menos tres veces la desviación estándar de la muestra.

Es por lo anterior, por lo que se decide trabajar con la muestra que contiene únicamente las categorías de dormitorios, salas de estar, baños y cuartos de pilas pues se reconoce como una muestra más depurada estadísticamente y de la cual se pueden sacar parámetros más confiables y por lo tanto conclusiones más apegadas a la realidad.

Analizando estadísticamente la muestra del Cuadro 8 podemos ver que con un 99.74% de confianza la máxima carga temporal que se dará en una vivienda unifamiliar es de 100.28 kg/m² el cual es la mitad del valor mínimo que exige el Código Sísmico de Costa Rica 2010 en su tabla 6.1 para viviendas. Es importante resaltar que los valores encontrados son relacionados a una ocupación plena de las habitaciones, por lo que las cargas temporales de servicio serán mucho menores.

Esta diferencia entre lo estipulado en el Código y lo encontrado en campo afecta sustancialmente la estructura, no solo en el ámbito económico, en donde los costos de construcción se ven afectados negativamente, sino también en el comportamiento estructural de la obra, pues esta se diseña para cargas mucho mayores a las reales, provocando un aumento en el parámetro de sobre-resistencia.

3.2. Cargas temporales en edificios de oficina

Para la cuantificación de carga temporal en edificios de oficina se toman un total de 34 mediciones en distintos lugares de la Gran Área Metropolitana. Las edificaciones escogidas son las siguientes: Ministerio de Seguridad Pública (Barrio Córdoba), Bufete Rivas y Calderón (Barrio Córdoba), oficinas centrales de la página web de deportes de motor Mundomotorizado (Hatillo) y el edificio de aulas Galería 2258 (Paseo Colón).

3.2.1. *Datos obtenidos y análisis de mediciones en oficinas personales.*

Los resultados obtenidos de las tomas de datos en oficinas se desglosan a continuación en el Cuadro 10:

Cuadro 10. Desglose de datos obtenidos en oficinas personales

Identificación de habitación	Área (m2)	Personas de 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m2)	%Carga humana	%Carga objetos
OF1	38.50	22.00	1540.00	455.00	1995.00	51.82	77.19	22.81
OF2	14.25	7.00	490.00	213.00	703.00	49.35	69.70	30.30
OF3	19.50	7.00	490.00	265.00	755.00	38.72	64.90	35.10
OF4	6.56	3.00	210.00	165.00	375.00	57.16	56.00	44.00
OF5	12.00	5.00	350.00	169.00	519.00	43.25	67.44	32.56
OF6	12.76	7.00	490.00	315.00	805.00	63.09	60.87	39.13
OF7	12.48	6.00	420.00	402.00	822.00	65.87	51.09	48.91
OF8	12.50	11.00	770.00	221.50	991.50	79.32	77.66	22.34
OF9	4.62	3.00	210.00	137.00	347.00	75.11	60.52	39.48
OF10	10.50	6.00	420.00	131.00	551.00	52.48	76.23	23.77
OF11	7.00	3.00	210.00	152.00	362.00	51.71	58.01	41.99
OF12	5.25	3.00	210.00	121.00	331.00	63.05	63.44	36.56
OF13	15.45	14.00	980.00	222.00	1202.00	77.80	81.53	18.47
OF14	12.30	5.00	350.00	150.00	500.00	40.65	70.00	30.00
OF15	9.46	5.00	350.00	150.00	500.00	52.85	70.00	30.00
Promedios	12.88	7.13	499.33	217.90	717.23	57.48	66.97	33.03

El promedio de las oficinas de área de las oficinas encuestadas es de 12.88 m² y con una ocupación humana máximo promedio de 7 personas. Como se puede observar el porcentaje de carga humana en estos aposentos es variable llegando a representar valores tan alto como el 81% de la carga total. A continuación, se presenta el histograma de la muestra en cuestión.

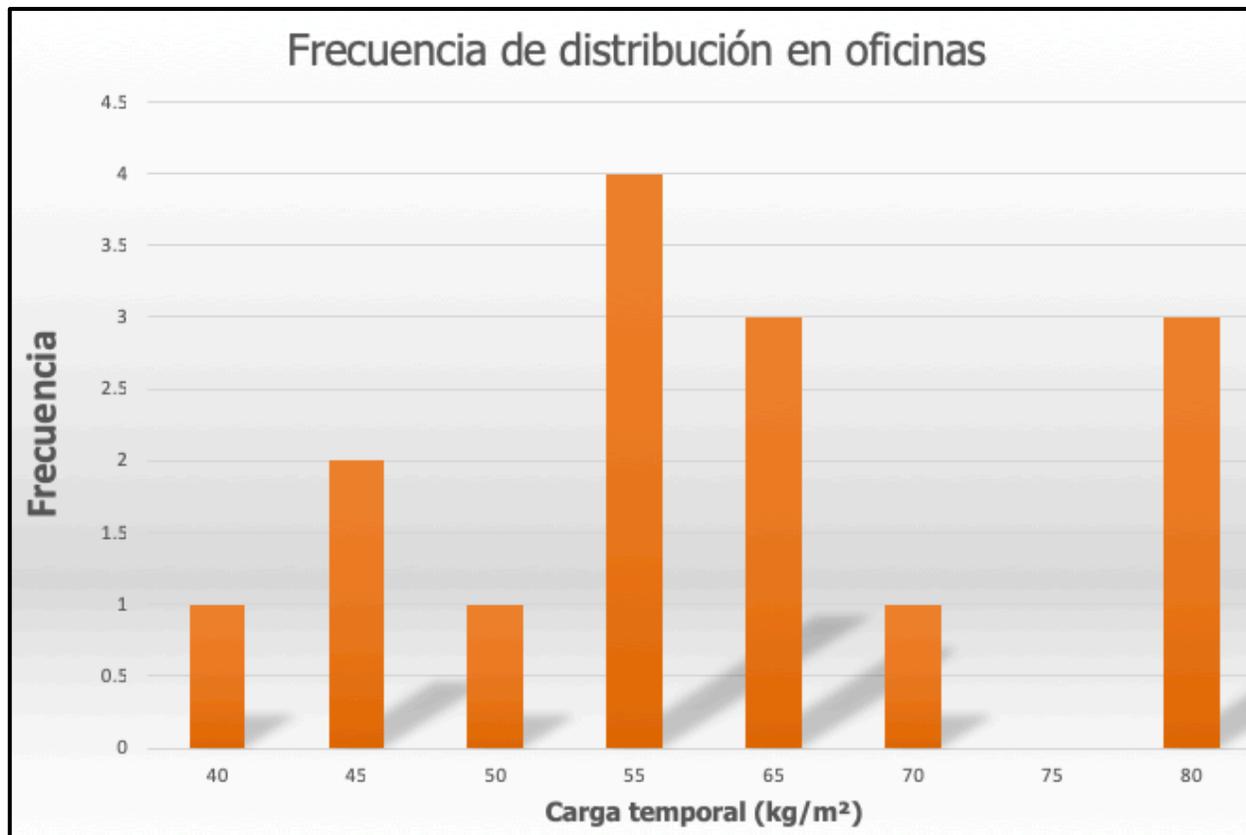


Figura 15. Frecuencia de distribución en oficinas personales

El grueso de la muestra se encuentra en el intervalo que va desde 50 kg/m² hasta los 65 kg/m². El promedio de todas las mediciones es de 57.48 kg/m² con una desviación estándar de 12.95. Como se realizó para las muestras de vivienda unifamiliar, del promedio y la desviación estándar se pueden establecer intervalos de confianza. Al realizar el análisis estadístico podemos asegurar con un 95% de certeza que el valor máximo que se puede dar es de 82.87 kg/m². A continuación se presenta un ejemplo de la oficina personal promedio de esta muestra.



Figura 16. Ejemplo fotográfico de la categoría oficinas personales.

3.2.2. *Datos obtenidos y análisis de mediciones en salas de sesión*

Se desglosa la muestra de datos a continuación:

Cuadro 11. Desglose de datos obtenidos en salas de sesión.

Identificación de habitación	Área (m ²)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m ²)	%Carga humana	%Carga objetos
SS1	24.80	20	1400	220	1620	65.32	86.42	13.58
SS2	21.30	18	1260	185	1445	67.84	87.20	12.80
SS3	18.60	15	1050	130	1180	63.44	88.98	11.02
SS4	16.43	10	700	137	837	50.94	83.63	16.37
SS5	22.50	20	1400	125	1525	67.78	91.80	8.20
Promedio	20.73	16.60	1162.00	159.40	1321.40	63.06	87.61	12.39

Las salas de sesión están diseñadas como espacios destinados a la reunión de personas por lo que se esperan valores de carga humana muchos más altos que en las demás categorías. Lo anterior se confirma durante el trabajo de campo pues se obtienen porcentajes de ocupación de hasta el 91% de la carga total en el aposento. Este aumento en la carga total con respecto a la muestra anterior ocasiona un aumento en los valores de carga temporal real en la habitación lo

que arroja un promedio de 63 kg/m^2 . El intervalo de confianza al 95% va desde los 49.3 kg/m^2 hasta los 76.8 kg/m^2 . Lo anterior para una desviación estándar de 7.

La distribución de los datos tomados se puede ver en el siguiente gráfico.

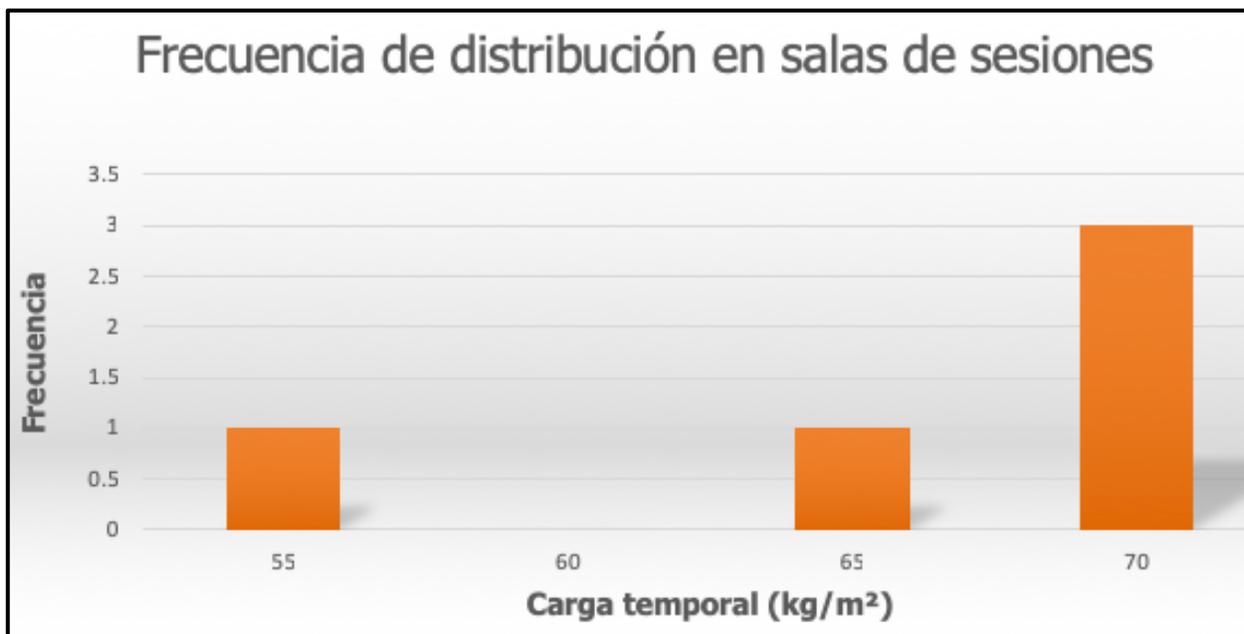


Figura 17. Frecuencia de distribución en salas de sesión.

En la siguiente figura podemos ver un ejemplo de sala de sesiones.



Figura 18. Ejemplo fotográfico de la categoría sala de sesión.

3.2.3. *Datos obtenidos y análisis de mediciones en salas de espera.*

Los datos de la muestra se adjuntan a continuación:

Cuadro 12. Desglose de datos obtenidos en salas de espera

Identificación de habitación	Área (m ²)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m ²)	%Carga humana	%Carga objetos
SE1	12.58	9	630	112	742	58.98	84.91	15.09
S32	14.61	10	700	117	817	55.92	85.68	14.32
SE3	10.35	8	560	90	650	62.80	86.15	13.85
SE4	13.50	10	700	121	821	60.81	85.26	14.74
SE5	12.75	9	630	116	746	58.47	84.51	15.49
Promedio	13.60	9.50	665.00	114.50	779.50	57.45	85.29	14.71

Las salas de espera en edificios de oficina tienen una configuración similar a las salas de estar analizados en viviendas. Una de sus características es el alto aporte de carga que tiene la presencia humana en la estancia relegando la carga por objetos a tan solo un 15% del total. La distribución de datos se aproxima a una distribución normal perfecta pues la curtosis que arrojó el análisis estadístico es prácticamente nula. El promedio de la muestra es de 59.4 kg/m² y su desviación estándar es de 2.58. Conjugando los datos anteriores podemos afirmar con un 95% de confianza que el valor máximo de carga temporal a encontrar será de 64.5 kg/m² y el mínimo de 54.33 kg/m². Es notable la consistencia en los valores de carga temporal en alas de espera, esto se debe a que la configuración arquitectónica de ellas es casi siempre la misma.

El histograma con la distribución y la frecuencia de las mediciones se detalla a continuación.



Figura 19. Frecuencia de distribución en salas de espera

A continuación, se muestra una de las salas de estar cuantificadas.



Figura 20. Ejemplo fotográfico de categoría salas de espera.

3.2.4. *Datos obtenidos y análisis de mediciones en cuarto de archivo*

El desglose de la muestra en cuestión es la siguiente:

Cuadro 13. Desglose de datos obtenidos en cuartos de archivo

Identificación de habitación	Área (m ²)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m ²)	%Carga humana	%Carga objetos
CA1	4.64	4.00	280.00	220.00	500.00	107.76	56.00	44.00
CA2	5.10	4.00	280.00	180.00	460.00	90.20	60.87	39.13
CA3	7.60	5.00	350.00	340.00	690.00	90.79	50.72	49.28
CA4	5.00	4.00	280.00	225.00	505.00	101.00	55.45	44.55
CA5	4.85	4.00	280.00	286.00	566.00	116.70	49.47	50.53
Promedio	5.44	4.20	294.00	250.20	544.20	101.29	54.50	45.50

Los cuartos de archivo son aquellos que se destinan a la preservación de documentos, mayoritariamente impresos en papel y organizados en anaqueles o archiveros. Estos aposentos suelen estar saturados y ser de áreas pequeñas por lo que la cantidad de personas que puede ingresar al mismo tiempo es limitada. Lo anterior se puede apreciar al ver el salto que da el porcentaje de carga que aporta la categoría de objetos en comparación a todas las demás muestras, llegando casi a equiparar el aporte de la carga humana. Al existir este aumento de carga es esperable que la carga temporal presente sea más alta que en otras categorías. El promedio de carga temporal real en cuartos de archivo es de 101.3 kg/m² con una desviación estándar de 11.32. La carga máxima esperable a un 95% de confianza es de 123.5 kg/m². La distribución y frecuencia de los datos se muestra en la siguiente figura.



Figura 21. Frecuencia de distribución en cuartos de archivo

A continuación, se muestra un ejemplo de uno de los cuartos de archivo cuantificado.



Figura 22. Ejemplo fotográfico de categoría cuartos de archivo.

3.2.5. *Datos obtenidos y análisis de mediciones obtenidas en aulas*

Las mediciones obtenidas en las aulas encuestadas están detalladas en el Cuadro 14:

Cuadro 14. Desglose de datos obtenidos en aulas

Identificación de habitación	Área (m ²)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m ²)	%Carga humana	%Carga objetos
AU1	35.00	29.00	2030.00	135.00	2165.00	61.86	93.76	6.24
AU2	15.00	13.00	910.00	92.00	1002.00	66.80	90.82	9.18
AU3	32.50	25.00	1750.00	128.00	1878.00	57.78	93.18	6.82
AU4	20.50	18.00	1260.00	105.00	1365.00	66.59	92.31	7.69
Promedio	25.75	21.25	1487.50	115.00	1602.50	63.26	92.52	7.48

El propósito de este trabajo es cuestionar los valores de carga temporal establecidos en la Tabla 6.1 del Código Sísmico de Costa Rica, el cual, en el apartado destinado a oficinas incluye también los aposentos utilizados como aulas. Es por esto por lo que se decide también incluir en la

encuesta estas últimas y no solo edificios de oficina normales. La carga por objetos es muy baja en esta categoría pues solo consta de los pupitres, el escritorio del profesor y algunos elementos misceláneos como un proyector, entre otros. Usualmente son habitaciones amplias en donde se puede introducir gran cantidad de gente, no solo sentada sino también de pie. La consideración anterior fue tomada en cuenta a la hora de estimar la cantidad de personas máxima que puede existir.

El promedio de carga temporal corresponde a 63.3 kg/m^2 y el valor máximo esperado con un 95% de confianza es de 71.7 kg/m^2 . El intervalo de confianza fue calculado para una desviación estándar en la muestra de 4.3.

En la figura 23 se ejemplifican las aulas tomadas en cuenta en este estudio.



Figura 23. Ejemplo fotográfico de la categoría aulas.

3.2.6. ***Datos obtenidos y análisis de mediciones totales obtenidas en edificios de oficina y aulas.***

En este apartado se analizará la totalidad de la muestra, es decir, todas las categorías explicadas en los puntos anteriores, esto con el fin de determinar parámetros estadísticos globales que nos permitan comparar los resultados con los valores mínimos de carga temporal especificados en el Código Sísmico de Costa Rica. En el Cuadro 15 contiene la totalidad de las mediciones obtenidas en la encuesta para edificios de oficina:

Cuadro 15. Desglose de datos obtenidos totales

Identificación de habitación	Área (m ²)	Personas 70kg	Carga humana (kg)	Carga objetos (kg)	Carga total (kg)	Carga temporal (kg/m ²)	%Carga humana	%Carga objetos
OF1	38.50	22	1540	455	1995	51.82	77.19	22.81
OF2	14.25	7	490	213	703	49.35	69.70	30.30
OF3	19.50	7	490	265	755	38.72	64.90	35.10
OF4	6.56	3	210	165	375	57.16	56.00	44.00
OF5	12.00	5	350	169	519	43.25	67.44	32.56
OF6	12.76	7	490	315	805	63.09	60.87	39.13
OF7	12.48	6	420	402	822	65.87	51.09	48.91
OF8	12.50	11	770	222	992	79.32	77.66	22.34
OF9	4.62	3	210	137	347	75.11	60.52	39.48
OF10	10.50	6	420	131	551	52.48	76.23	23.77
OF11	7.00	3	210	152	362	51.71	58.01	41.99
OF12	5.25	3	210	121	331	63.05	63.44	36.56
OF13	15.45	14	980	222	1202	77.80	81.53	18.47
OF14	12.30	5	350	150	500	40.65	70.00	30.00
OF15	9.46	5	350	150	500	52.85	70.00	30.00
SS1	24.80	20	1400	220	1620	65.32	86.42	13.58
SS2	21.30	18	1260	185	1445	67.84	87.20	12.80
SS3	18.60	15	1050	130	1180	63.44	88.98	11.02
SS4	16.43	10	700	137	837	50.94	83.63	16.37
SS5	22.50	20	1400	125	1525	67.78	91.80	8.20
SE1	12.58	9	630	112	742	58.98	84.91	15.09
S32	14.61	10	700	117	817	55.92	85.68	14.32
SE3	10.35	8	560	90	650	62.80	86.15	13.85
SE4	13.50	10	700	121	821	60.81	85.26	14.74
SE5	12.75	9	630	116	746	58.47	84.51	15.49
CA1	4.64	4	280	220	500	107.76	56.00	44.00
CA2	5.10	4	280	180	460	90.20	60.87	39.13
CA3	7.60	5	350	340	690	90.79	50.72	49.28
CA4	5.00	4	280	225	505	101.00	55.45	44.55
CA5	4.85	4	280	286	566	116.70	49.47	50.53
AU1	35.00	29	2030	135	2165	61.86	93.76	6.24
AU2	15.00	13	910	92	1002	66.80	90.82	9.18
AU3	32.50	25	1750	128	1878	57.78	93.18	6.82
AU4	20.50	18	1260	105	1365	66.59	92.31	7.69
Promedio	14.43	10.06	704.12	186.24	890.35	65.71	73.87	26.13

La muestra anterior consta de 34 mediciones de carga temporal real en edificios de oficina. Los valores de carga temporal son bastante consistentes entre si, lo que favorece el análisis estadístico al tener una desviación estándar relativamente baja. Como primer hallazgo estadístico podemos observar en la Figura 24 que el percentil 95% de la muestra es aproximadamente 108

kg/m² y que la totalidad de los valores están por debajo de los 120 kg/m². El histograma con la distribución de los datos se adjunta a continuación.

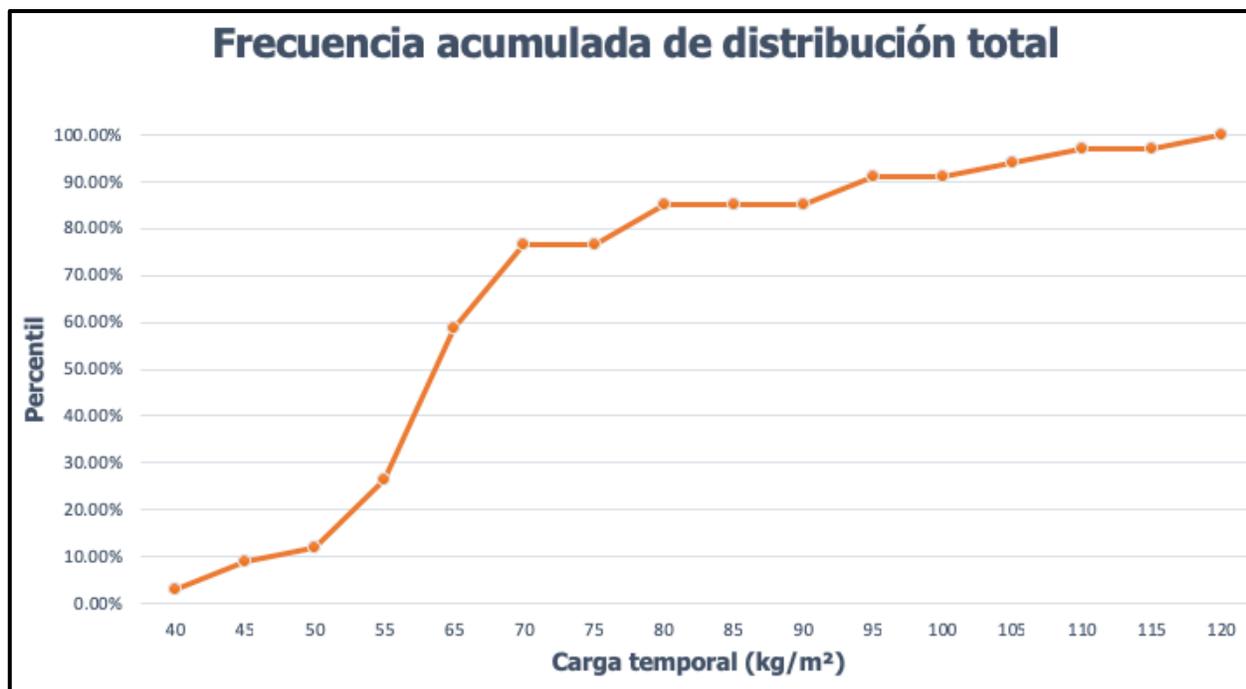


Figura 24. Frecuencia acumulada de distribución total en edificios de oficina



Figura 25. Frecuencia de distribución en edificios de oficina

Como podemos recordar del capítulo de vivienda unifamiliar, existe una relación decreciente entre el área de la habitación con respecto a la carga temporal presente, esta condición se cumple para los edificios de oficina, como podemos observar en la siguiente figura.

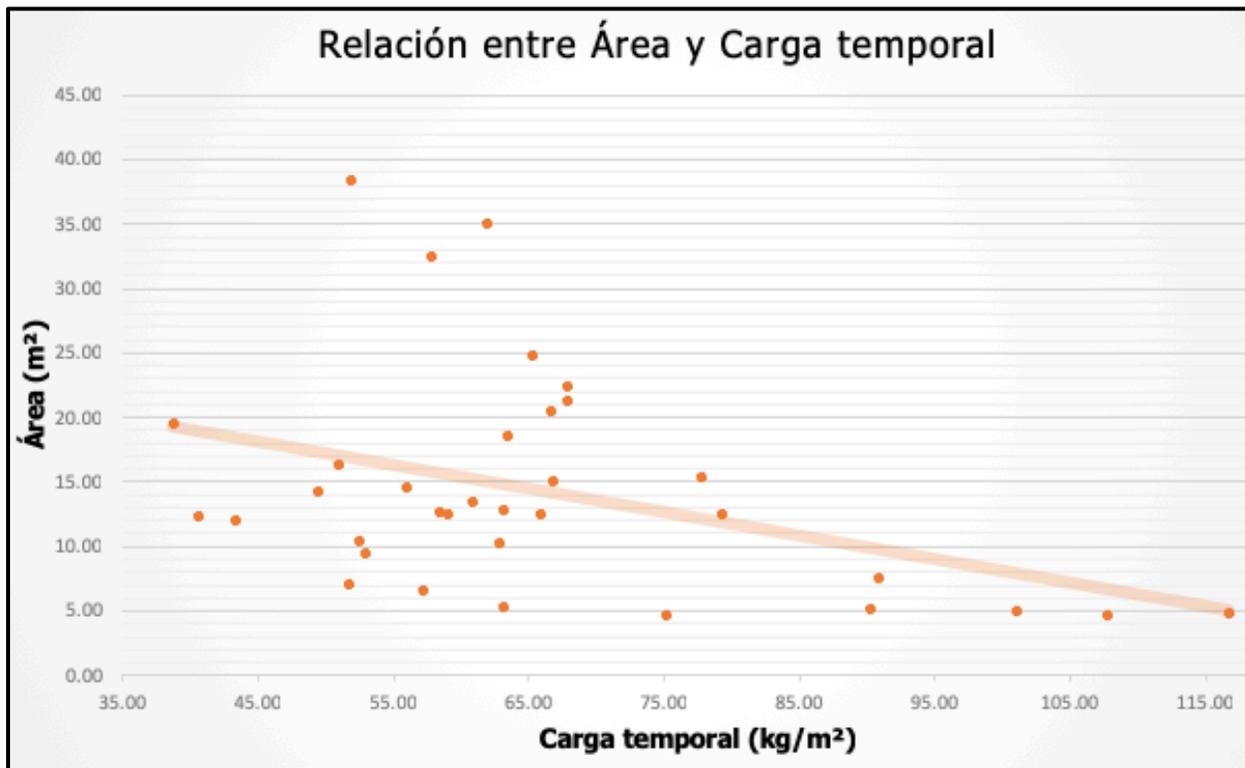


Figura 26. Relación entre área y carga temporal en oficinas

Al igual que en las viviendas la mayoría de los datos de área por habitación no sobrepasa los 25 kg/m². La relación decreciente que existe entre el área y la carga temporal se puede expresar como:

$$A = -0.184 CT + 26.495 \quad [2]$$

Donde:

A= Área de la habitación [m²]

CT = Carga temporal presente en la habitación [kg/m²]

Podemos ver que la ecuación describe una línea decreciente lo que significa que una disminución en el área del aposento provoca un incremento en la carga temporal, lo que se da principalmente porque entre menos espacio haya en una habitación la carga tiende a concentrarse más.

Antes de analizar más a fondo la muestra total se presenta un resumen en el Cuadro 16 de los apartados anteriores, en donde se determinaron parámetros estadísticos para cada uno de los usos de habitación encuestados.

Cuadro 16. Resumen de estadísticas por uso de habitación en oficinas

Parámetros estadísticos para carga temporal						
Uso de habitación	Cantidad	Promedio (kg/m²)	Desviación estándar	Límite inferior (kg/m²)	Límite superior (kg/m²)	Curtosis
Oficina	15	57.48	12.95	32	82.9	-0.82
Salas de espera	5	59.4	2.58	54.33	64.46	0
Salas de sesión	5	63.1	7.02	49.3	76.8	3.83
Cuarto de Archivos	5	101.3	11.32	79.1	123.5	-1.5
Aulas	4	63.3	2.15	54.8	71.7	-2

Como punto notable se puede destacar que la curtosis en las categorías anda bastante cercana a cero lo que significa que se asemejan a una distribución normal. En el caso de las salas de sesión el aumento en la curtosis se debe a que los datos están muy aglomerados en el centro de la curva y no se pueden identificar fácilmente valores hacia el final de las colas. Al igual que con los garajes en vivienda, vale la pena hacer una distinción entre los cuartos de archivo y el resto de la muestra, dada la diferencia en los promedios y los intervalos de confianza.

Al analizar más a fondo la muestra del Cuadro 15 podemos determinar criterios importantes, estos se resumen en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Parámetros estadísticos para la muestra total de edificios de oficina

Número de datos	34
Promedio	65.76 (kg/m ²)
Desviación Estándar	18
Mínimo	38.71 (kg/m ²)
Máximo	116.7 (kg/m ²)
Límite superior (95%)	101.1 (kg/m ²)
Límite inferior (95%)	30.34 (kg/m ²)
Límite superior (99%)	119.8 (kg/m ²)
Límite inferior (99%)	11.6 (kg/m ²)

Cuadro 18. Análisis estadístico de la muestra de oficinas excluyendo aulas y cuartos de archivo

Número de datos	25
Promedio	58.98 (kg/m ²)
Desviación Estándar	10.59
Mínimo	38.72 (kg/m ²)
Máximo	79.32 (kg/m ²)
Límite superior (95%)	79.74 (kg/m ²)
Límite inferior (95%)	38.22 (kg/m ²)
Límite superior (99%)	90.75 (kg/m ²)
Límite inferior (99%)	27.22 (kg/m ²)

De los datos anteriores podemos afirmar con un 99.74% de confianza que el valor mayor que se encontrará en edificios de oficina y aulas según esta muestra de 34 datos es de 119.8 kg/m². Adicionalmente si se excluyen los cuartos de archivo y las aulas de la muestra, el máximo esperable, con ocupación máxima de carga viva es de 90.75 kg/m². Se debe recordar que el Código Sísmico de Costa Rica pide como mínimo diseñar estas edificaciones para una carga temporal de 250 kg/m², es decir, una carga 63.7% mayor de la real.

3.3. Diferencias provocadas por distintos valores de carga temporal en la combinación de carga gravitacional

En los apartados anteriores se encuentran grandes diferencias entre lo que establece el CSCR como cargas temporales mínimas y las cargas temporales reales que existen en las estructuras. Estas diferencias afectan sustancialmente la sobre-resistencia de la estructura. Con el siguiente ejercicio se pretende calcular el porcentaje de cambio que ocurre en la combinación gravitacional $1.2CP + 1.6CV$ al utilizar los valores de la tabla del Código Sísmico y los valores reales encontrados.

Con el fin de comparar los datos anteriores se asumirá un valor de carga permanente de 500 kg/m^2 . En el siguiente Cuadro se muestran los valores de carga última arrojados por la combinación gravitacional y el cambio que sufre al variar la carga temporal entre los valores reales y los valores mínimos exigidos por el Código Sísmicos de Costa Rica 2010.

Cuadro 19. Cambio de la carga última gravitacional al variar los valores de carga temporal.

Tipo de uso	CP (kg/m ²)	CV (kg/m ²)	1.2CP + 1.6 CV (kg/m ²)
Vivienda CSCR	500	200	930
Vivienda real	500	100	760
Oficinas CSCR	500	250	1000
Oficinas real	500	120	792

Podemos observar que se da un cambio importante en la carga última al sustituir los valores de carga temporal. Por ejemplo, la disminución porcentual que representa el bajar la carga temporal de 200 kg/m^2 a 100 kg/m^2 en viviendas es de 17.4% mientras que en oficinas utilizar la carga temporal real de 120 kg/m^2 representa una reducción en la carga última de un 20.8%.

4. Capítulo IV. Comparación de las combinaciones de carga del CSCR10 con las del próximo Código Sísmico aplicadas en el análisis de un edificio previamente diseñado.

Para la próxima versión del Código Sísmico de Costa Rica se pretende cambiar las actuales combinaciones de cargas por unas nuevas, a raíz de esto surge el objetivo de este capítulo, el cual es determinar si existe alguna diferencia en los resultados del diseño al utilizar uno u otro grupo de combinaciones.

Para realizar el ejercicio anterior se analiza un marco de un edificio de acero de tres niveles, con entrepiso de sección compuesta, el modelado, el análisis y el diseño con ambos grupos de combinaciones de carga se realizó con el programa de análisis estructural SAP 2000 en su versión educacional. En las siguientes figuras se detalla el marco analizado y la vista lateral del edificio en cuestión.

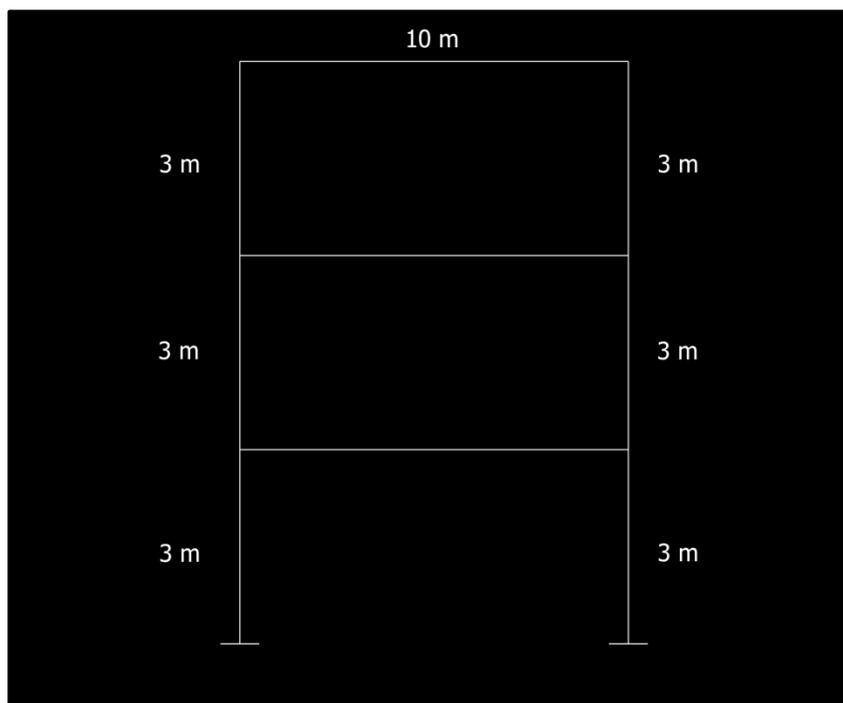


Figura 27. Marco frontal del edificio analizado.

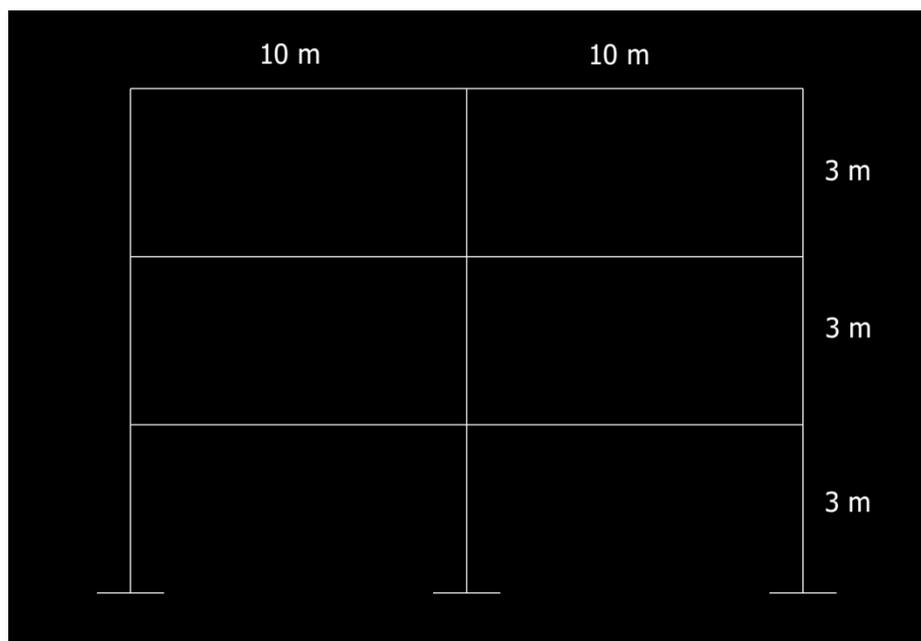


Figura 28. Vista lateral del edificio analizado

El edificio en cuestión se analiza como una estructura que se encuentra en la provincia de San José en el cantón de Montes de Oca. El uso del mismo será destinado a oficinas por lo que se utiliza la carga temporal que establece el código actual, la cual es de 250 kg/m^2 . En el modelado realizado el programa SAP 2000 considera el peso propio de los elementos, las cargas permanentes adicionales, las cargas de sismo, las cargas temporales del Código Sísmico de Costa Rica (carga temporal de oficinas y de techo) y sus correspondientes reducciones según el apartado 6.3 del CSCR10, tanto para vigas como para columnas.

El entrepiso utilizado es de metaldeck de 7.5 centímetros con un recubrimiento de concreto de 8 centímetros. Los perfiles utilizados son perfiles W con un esfuerzo de fluencia de 3500 kg/cm^2 . Como el fin del ejercicio es comparar las combinaciones de carga que rigen se busca el diseño más eficiente que se pueda desde el punto de vista de resistencia de materiales (relación de esfuerzo requerido por análisis entre esfuerzo del material escogido cercana a 1) y no desde el punto de vista constructivo en donde la disponibilidad de materiales y la eficiencia en términos de costos tiene una gran relevancia.

4.1. Resultados de la comparación entre grupos de combinaciones de carga

La nomenclatura con la que se nombra cada elemento se presenta a continuación:

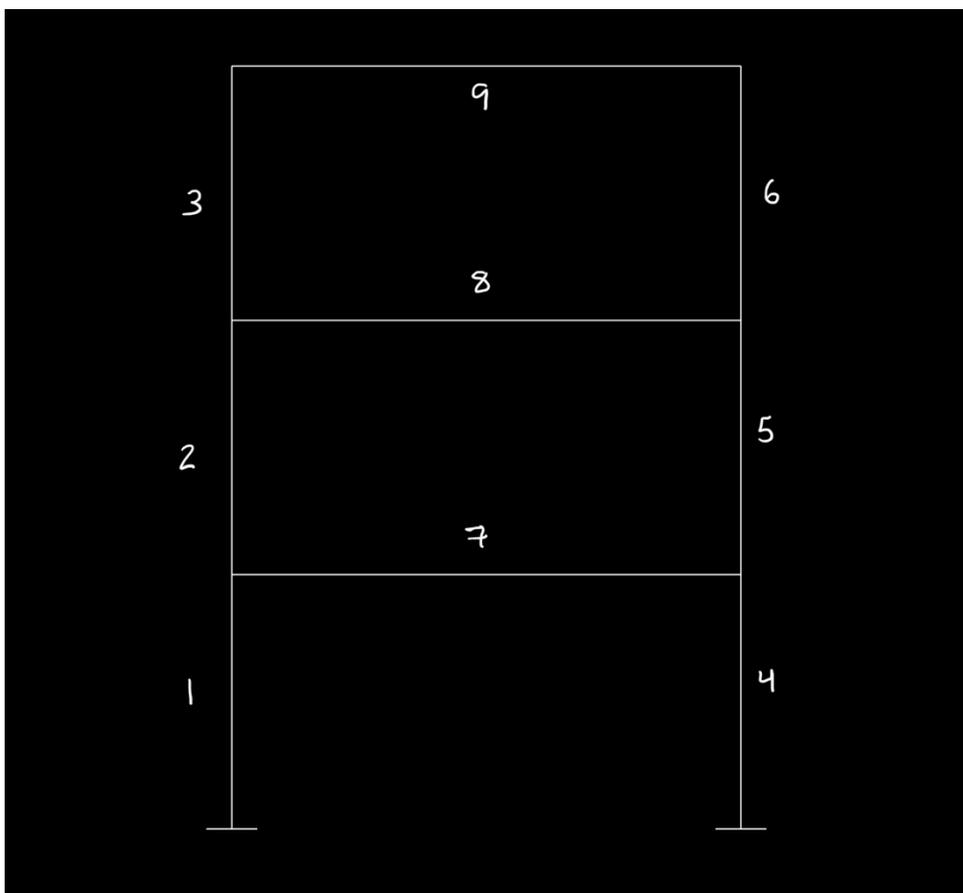


Figura 29. Nomenclatura de los elementos

Una vez que se modela la estructura en el programa de análisis estructural, se analiza y diseña el marco, escogiendo los elementos que cumplen los criterios de resistencia. Para ambos grupos de combinaciones de carga el diseño final fue el mismo, este se muestra en la Figura 30. Es importante notar que la nomenclatura de los perfiles se da como se maneja en el mercado nacional, es decir utilizando el sistema inglés. El primer número luego de la W corresponde al peralte de la viga en pulgadas y el segundo al peso en libras por pie.

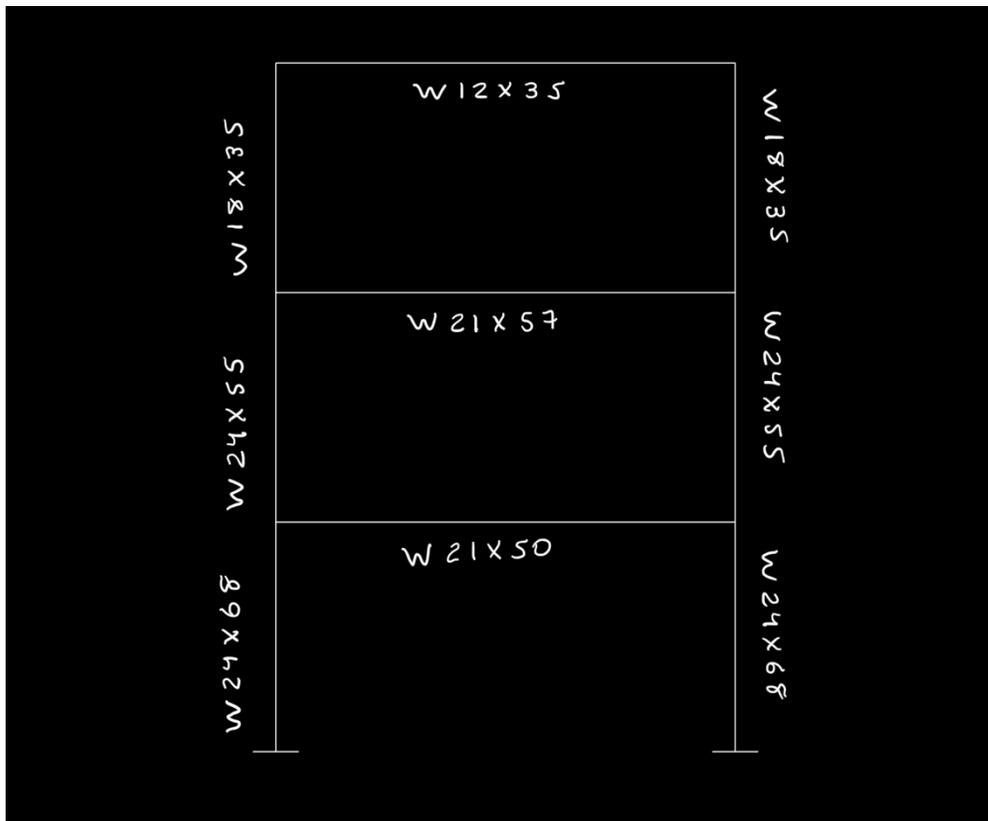


Figura 30. Secciones escogidas para los elementos según el diseño del SAP2000

Es notable el hecho que aún diseñando el marco con dos grupos diferentes de combinaciones de carga última el resultado es el mismo, lo que indica que no hay una gran variación en los valores de resistencia última que arroja cada uno de los grupos. En los siguientes cuadros se adjuntan los resultados del análisis para cada uno de ellos.

De los Cuadros 20 y 21 podemos ver que los valores de carga última (carga axial, cortante, momento flector) varían dependiendo del set de combinaciones que se utilice. Al utilizar las combinaciones propuestas para el nuevo Código Sísmico de Costa Rica se obtienen valores más altos, sin embargo, la variación no es significativa como se verá más adelante.

Cuadro 20. Resultados de cargas últimas del análisis usando el CSCR10-14

Tipo de Elemento	Pu (T)	Vu (T)	Mu (T*m)
Columna 1	-68.870	-28.05	-68.41
Columna 2	-42.540	-24.183	-36.76
Columna 3	-12.940	-15.57	-24.73
Columna 4	-68.870	27.76	67.8
Columna 5	-42.540	24.26	36.87
Columna 6	-12.940	15.44	24.46
Viga 7	-3.500	26.33	-52.37
Viga 8	-8.820	29.6	-60.37
Viga 9	-15.440	12.94	-21.87

Cuadro 21. Resultados de cargas últimas del análisis usando las nuevas combinaciones de carga

Tipo de Elemento	Pu (T)	Vu (T)	Mu (T*m)
Columna 1	-71.37	-28.19	-68.54
Columna 2	-44.21	-24.39	-37.09
Columna 3	-13.77	-15.87	-25.05
Columna 4	-71.37	27.91	67.92
Columna 5	44.21	24.47	-36.22
Columna 6	-13.77	15.75	24.78
Viga 7	5.06	-27.16	-53.12
Viga 8	-8.72	30.44	-61.00
Viga 9	-15.74	13.77	-22.46

Cuadro 22. Resultados del diseño con las combinaciones de carga del**CSCR10-14**

Número de Elemento	Tipo de Elemento	Sección escogida	Relación de resistencia	Combinación de carga que rige
1	Columna	W24X68	0.901	1.05CP+Ctred-CS
2	Columna	W24X55	0.706	1.05CP+Ctred-CS
3	Columna	W18X35	0.779	1.05CP+Ctred-CS
4	Columna	W24X68	0.895	1.05CP+Ctred+CS
5	Columna	W24X55	0.708	1.05CP+Ctred+CS
6	Columna	W18X35	0.771	1.05CP+Ctred+CS
7	Viga	W21X50	0.945	1.05CP+Ctred+CS
8	Viga	W21X57	0.957	1.05CP+Ctred+CS
9	Viga	W12X35	0.971	1.05CP+Ctred+CS

Cuadro 23. Resultados del diseño con las combinaciones de carga del próximo**Código Sísmico**

Número de Elemento	Tipo de Elemento	Sección escogida	Relación de resistencia	Combinación de carga que rige
1	Columna	W24X68	0.911	1.2CP+Ctred-CS
2	Columna	W24X55	0.72	1.2CP+Ctred-CS
3	Columna	W18X35	0.792	1.2CP+Ctred-CS
4	Columna	W24X68	0.905	1.2CP+Ctred+CS
5	Columna	W24X55	0.721	1.2CP+Ctred+CS
6	Columna	W18X35	0.784	1.2CP+Ctred+CS
7	Viga	W21X50	0.955	1.2CP+Ctred+CS
8	Viga	W21X57	0.966	1.2CP+Ctred+CS
9	Viga	W12X35	0.995	1.2CP+Ctred+CS

Una de las cosas que salta a la vista a la hora de comparar los cuadros anteriores, es el hecho de que, aunque los elementos de diseño se mantienen igual, la combinación de carga que rige es distinta. En el Cuadro 22, correspondiente al diseño con el CSCR10-14 la combinación que rige es la de 1.05CP+Ctred+-CS, mientras que con las nuevas combinaciones de carga la combinación que rige el diseño tanto de vigas y columnas es la de 1.2CP+Ctred+-CS.

En la cuarta columna de sendos cuadros se encuentra la relación de resistencia para cada elemento, este valor corresponde a la relación que existe entre el esfuerzo requerido por el

análisis y la resistencia que es capaz de soportar la sección escogida. Es notable que en ambos casos las diferencias en estos radios son muy pequeñas lo que nos lleva a pensar que las diferencias de diseño que se dan al utilizar uno u otro conjunto de combinaciones de carga son minúsculas. En el Cuadro 24 se denotan los porcentajes de diferencia que existen entre uno y otro

Cuadro 24. Diferencia porcentual en las relaciones de resistencia entre un conjunto y otro

Tipo de Elemento	Porcentaje de diferencia
Columna 1	1.098
Columna 2	1.944
Columna 3	1.641
Columna 4	1.105
Columna 5	1.803
Columna 6	1.658
Viga 7	1.047
Viga 8	0.932
Viga 9	2.412

Podemos observar que las diferencias que arroja el diseño con uno u otro grupo de combinaciones de carga son casi despreciables pues la máxima diferencia es de casi un 2% y el promedio de todos los elementos es de 1.5%. Por lo tanto, las nuevas combinaciones de carga no alteran de manera sustancial el diseño con respecto a sus predecesoras.

5. Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se desglosa las conclusiones y recomendaciones desprendidas de este proyecto de graduación.

5.1. Conclusiones

- Se concluye que, con un 99,74% de confianza, la máxima carga temporal esperable en viviendas es de 100 kg/m² en ocupación plena para la muestra analizada, es decir, un 50% de la carga temporal mínima estipulada por el Código Sísmico de Costa Rica 10-14.
- Se concluye que, con un 99,74% de confianza, la máxima carga temporal esperable en edificios de oficina es de 90.75 kg/m² en ocupación plena para la muestra analizada, lo que corresponde a un 36.3% de la carga mínima estipulada en Código Sísmico de Costa Rica 10-14.
- Las combinaciones de carga del próximo Código Sísmico de Costa Rica no influyen en el diseño ni modifican los factores de sobre-resistencia en comparación con las combinaciones de carga del CSCR10-14, pues la máxima diferencia porcentual encontrada entre uno y otro es de apenas un 2.4%.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a la Comisión del Código Sísmico de Costa Rica reducir los requerimientos mínimos de carga temporal en oficinas y en viviendas en un rango que vaya desde el 50% hasta el 100% de los valores pues este estudio demuestra que incluso reduciéndolos a la mitad se permanece del lado de la seguridad.
- Con base en los datos obtenidos en las mediciones se recomienda a la Comisión del Código Sísmico de Costa Rica eliminar el artículo que prohíbe reducir las cargas temporales menores a 200 kg/m² pues carece de sustentación alguna.

- Se insta también a eliminar la prohibición de reducción de área temporal en aposentos con áreas inferiores a 14 m².
- Se recomienda a la Comisión del Código Sísmica separar en la tabla que establece los valores mínimos de carga temporal a los garajes de las viviendas e incluirlos en la categoría de estacionamientos.
- Se recomienda a la Comisión del Código Sísmica separar en la tabla que establece los valores mínimos de carga temporal a los cuartos de archivo e incluirlos en la categoría de bodegas livianas.
- Se exhorta al diseñador a realizar la reducción de carga temporal siempre que sea posible con el fin de reducir costos y de reflejar con una mayor precisión la carga real que existe en el aposento.
- Para el diseño de viviendas se recomienda diseñar el garaje por aparte del resto de la casa pues como se demostró, las diferencias en cargas temporales son mayúsculas. Para el diseño de estos aposentos se propone una carga temporal de 180 kg/m² basado en los intervalos de confianza expuestos en el documento.
- Para el diseño de las aulas se recomienda al profesional cotejar las áreas de los aposentos a diseñar con la muestra presente en este estudio, lo anterior porque la muestra analizada no es suficientemente representativa como para extrapolarla a otros tipos y tamaños de aulas.

6. Referencias Bibliográficas

- [1] Bryson JO, Gross D. Techniques for the survey and evaluation of live floor loads in modern office buildings. Building Science Series No.16, Building Research Division, National Bureau of Standards, Washington, DC, 1967.
- [2] Karman T. Statistical investigation of live loads. International Council for Building Research, Studies of Documentation Committee W 23 (RILEM Session), Madrid, 1969.
- [3] Mitchell GR, Woodgate RW. A survey of floor loadings in office buildings. Constrn. Industry Research and Information Association, Report No. 25, London, 1971.
- [4] Culver CG. Survey results for fire loads and live loads in office buildings. Building Science Series No. 85, National Bureau of Standards, Washington, DC, 1975.
- [5] Andam KA. Floor live loads for office building. Buildings and Environment 1986; 21:211–9.
- [6] Choi ECC. Live load in office buildings point-in-time load intensity of rooms. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Structures and Buildings 1992; 94:299–306.
- [7] American, S. O. C. E. (. (2013). Minimum design loads for buildings and other structures
- [8] Polach, P. (Ed.). (2015). Applied methods of the analysis of static and dynamic loads of structures and machines.
- [9] Smith, P 2016, Structural Design of Buildings, John Wiley & Sons, Incorporated, Hoboken
- [10] Charney, FA 2014, Seismic Loads: Guide to the Seismic Load Provisions of ASCE 7-10, ASCE Press, Resto
- [11] To, CWS 2013, Stochastic Structural Dynamics: Application of Finite Element Methods, John Wiley & Sons, Incorporated, Oxford.
- [12] Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (2014) Código Sísmico de Costa Rica 2010. San José: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- [13] Kumar S. Live loads in office buildings: point in time load intensity. Department of Civil Engineering, Harcourt Butler Technological Institute, Kanpur, India, 2002.

7. ANEXOS

Catálogo con pesos aproximados de distintos muebles y otros elementos

Fuente: Furniture re-use network organization, United Kingdom

furniture re-use network				
Set of average weights for furniture, appliances and other items.				
Furniture and furnishings				
Category	Item	Weight (kg)		
Furniture	Bedside cupboard / table / unit	15		
Furniture	Bench, kitchen or garden	30		
Furniture	Blanketbox	12		
Furniture	Bookcase	19		
Furniture	Bureau	20		
Furniture	Cabinet, display / kitchen / corner	20		
Furniture	Chair, high / child's / rocking	11		
Furniture	Chair, not padded, dining / kitchen / carver	6		
Furniture	Chest-of-Drawers	25		
Furniture	Cot	15		
Furniture	Desk, child's	16		
Furniture	Desk, wooden	27		
Furniture	Dressing table	34		
Furniture	Fire surround	30		
Furniture	Grandfather clock	60		
Furniture	Headboard unit (with built-in bedside cabinets)	40		
Furniture	Headboard, double / king-size	16		
Furniture	Headboard, single	10		
Furniture	Hi-fi unit	12		
Furniture	Miscellaneous, small e.g stool, tea trolley	6		
Furniture	Ottoman	10		
Furniture	Sideboard, not large	35		
Furniture	Table, cane / coffee / occasional / nest of	15		
Furniture	Table, dining	30		
Furniture	Table, kitchen	24		
Furniture	Tallboy	25		
Furniture	TV unit	25		
Furniture	Wall unit / dresser	40		
Furniture	Wardrobe set (wardrobe & chest of drawers or unit, with one sitting on top of the other)	58		
Furniture	Wardrobe, double	55		
Furniture	Wardrobe, single	38		
Furniture	Welsh Dresser	90		
Soft Furniture	2 piece suite, sofa + 1 chair	65		
Soft Furniture	3 piece suite, sofa + 2 chairs	90		
Soft Furniture	3 piece suite, cane (with cushions)	50		
Soft Furniture	Armchair	25		
Soft Furniture	Bed, double complete (base, mattress + headboard)	80		
Soft Furniture	Bed, king-size complete (base, mattress + headboard)	97		
Soft Furniture	Bed, single complete (base, mattress + headboard)	52		
Soft Furniture	Bed base, double wood / divan / folding / Z bed	25		
Soft Furniture	Bed base, king-size wood, divan or double metal	30		
Soft Furniture	Bed base, single wood / divan / folding / Z bed	20		
Soft Furniture	Bunk bed / cabin bed	50		

furniture re-use network		 	
Soft Furniture	Chair, conservatory / cane	15	
Soft Furniture	Chair, easy / fireside / lounge	15	
Soft Furniture	Chair, padded, dining / kitchen / carver	6	
Soft Furniture	Chaise Longue	40	
Soft Furniture	Futon / Sofabed (wooden base with mattress)	35	
Soft Furniture	Mattress, single	22	
Soft Furniture	Mattress, double	40	
Soft Furniture	Mattress, king-size	50	
Soft Furniture	Pouffe	5	
Soft Furniture	Reclining chair / lazy boy	45	
Soft Furniture	Sofa	40	
Soft Furniture	Sofa bed, foam flop out	35	
Soft Furniture	Sofa bed, metal frame	85	
Soft Furniture	Sofa, cane / conservatory (normally with cushions)	20	
Other Items	Bedding / Curtains	5	
Other Items	Bicycle, adult	15	
Other Items	Bric-a-Brac (box)	10	
Other Items	Carpet / flooring / underlay	25	
Other Items	Carpet cleaner	12	
Other Items	Clothes Horse	4	
Other Items	Ironing-Board	6	
Other Items	Lino	15	
Other Items	Mirror, large	10	
Other Items	Mirror, small	5	
Other Items	Piano	140	
Other Items	Plant Stand / coat stand	5	
Other Items	Pram	13	
Other Items	Pushchair	7	
Other Items	Rug	6	
Other Items	Small misc, eg scales, saucepans, shoe racks, pedal bin, picture, magazine rack, fireguard, CD stand, picture frame	2	
Other Items	Stairgate	3	
Other Items	Toys	11	
Appliances			
Household Appliances	Baby belling, counter top cooker	30	
Household Appliances	Cooker, electric	60	
Household Appliances	Cooker, gas	45	
Household Appliances	Dishwasher	50	
Household Appliances	Fan (electric)	10	
Household Appliances	Food mixer	3	
Household Appliances	Freezer, chest	30	
Household Appliances	Fridge/freezer, under counter or free standing	28	
Household Appliances	Fridge-Freezer	45	
Household Appliances	Hair & Beauty Elec	1	
Household Appliances	Heater / Fire, small / medium	7	
Household Appliances	Heater / Radiator, large	15	
Household Appliances	Hi-fi, including speakers	10	

furniture re-use network				
Household Appliances	Lamp			5
Household Appliances	Microwave			17
Household Appliances	Radio			2
Household Appliances	Small elec - kettle, toaster, clock			1
Household Appliances	Spin-Dryer			12
Household Appliances	Tumble-Dryer			35
Household Appliances	TV			20
Household Appliances	Twin-tub			43
Household Appliances	Vacuum			12
Household Appliances	Video			11
Household Appliances	Washing Machine			75
House clearances				
SMALL CLEARANCE / LIST				377
MEDIUM CLEARANCE / LIST				527
LARGE CLEARANCE / LIST				620
Bathroom				
Bathroom Items	Bath (metal)			40
Bathroom Items	Bath (non-metal)			25
Bathroom Items	Bathroom Cabinet			8
Bathroom Items	Bathroom Suite (toilet, sink, bath)			75
Bathroom Items	Cistern			15
Bathroom Items	Shower equipment/tray			15
Bathroom Items	Sink (ceramic)			20
Bathroom Items	Sink (metal)			20
Bathroom Items	Toilet			30
Bathroom Items	Vanity Unit, including sink			25
Garden				
Garden	BBQ			15
Garden	Chairs			7
Garden	Fence panels (wood)			20
Garden	Garage door			40
Garden	Garden waste (bags)			11
Garden	Gates (metal)			30
Garden	Lawnmower			15
Garden	Lounger			15
Garden	Patios doors			30
Garden	Rotary Drier			15
Garden	Sheds (dismantled)			50
Garden	Strimmer			10
Garden	Table (garden)			20
Garden	Trees and shrubs			20
Garden	Wheelbarrow			15



Office

Office Appliances	Computer Base Units	9.7
Office Appliances	Computer, complete average	28
Office Appliances	CRT-Monitor <14"	7
Office Appliances	CRT-Monitor 14"	11
Office Appliances	CRT-Monitor 15"	12.6
Office Appliances	CRT-Monitor 17"	17.6
Office Appliances	CRT-Monitor 19"	23.4
Office Appliances	CRT-Monitor 21"	31.4
Office Appliances	Keyboard	1
Office Appliances	Photocopier	50
Office Appliances	Printer, standard inkjet	6
Office Appliances	Scanner	10
Office Furniture	Cabinets	70
Office Furniture	Filing cabinet, large	50
Office Furniture	Office Chair	12
Office Furniture	Office Desk	25
Office Furniture	Partitions	25

Material loads

Bulk load of material	Aggregate	70
Bulk load of material	Cardboard	11
Bulk load of material	Foam	10
Bulk load of material	Garden waste (up to 6 bags)	50
Bulk load of material	Glass	20
Bulk load of material	Laminate	25
Bulk load of material	Metal	40
Bulk load of material	Paint	7
Bulk load of material	Plastic	20
Bulk load of material	Wood	40
Bulk load of material	Wood bundles	25

Other bulky waste

Other bulky waste	Boiler	20
Other bulky waste	Cupboard (kitchen)	15
Other bulky waste	Curtain pole (wood)	5
Other bulky waste	Doors (wood)	25
Other bulky waste	Fireplace	30
Other bulky waste	Gate (wood)	15
Other bulky waste	Ladder	7
Other bulky waste	Light fitting	10
Other bulky waste	Shelves (wood)	35
Other bulky waste	Sunbed	35
Other bulky waste	Tiles (ceramic)	40
Other bulky waste	Water tank	40
Other bulky waste	Window frames (wood)	15
Other bulky waste	Window frames with glass	20
Other bulky waste	Worktop (kitchen)	12