

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO SEDE DEL LABORATORIO DE CIENCIAS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al título
de Ingeniero Civil.
Por el Br. Castaldo Gennaro

Caracas, Marzo de 2010

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO SEDE DEL LABORATORIO DE CIENCIAS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS

Tutor: Prof. María E. Korody

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al título
de Ingeniero Civil.
Por el Br. Castaldo Gennaro

Caracas, Marzo de 2010

ACTA

El día viernes **19 de marzo de 2010** se reunió el jurado formado por los profesores:

Maria E. Korody

Eliud Hernández

Ronald Torres

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"Análisis Estructural del Edificio Sede del Laboratorio de Ciencias de la Ciudad Universitaria de Caracas"**.

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que el bachiller realizó de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Gennaro Castaldo Pascale	19	DIECINUEVE

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO

Caracas, 19 de 03 de 2010

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este Trabajo Especial de Grado a Dios, por haberme permitido cumplir mis responsabilidades con buena salud y con un ánimo positivo. En segundo lugar, a mis padres, Angela Pascale y Vincenzo Castaldo, y demás familiares, por haberme educado con tanto amor y dedicación. Por último quisiera dedicar también este trabajo a mis profesores quienes me aportaron conocimientos suficientes para mi carrera profesional.

Gennaro

AGRADECIMIENTOS

A mi Tutor, Profesora María Eugenia Korody, por proponer la realización de este trabajo y su gran ayuda durante la realización del mismo.

A la Universidad Central de Venezuela, por ser una segunda casa y permitir el desarrollo de mis actividades académicas y conocimientos.

Al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), por los servicios prestados y el equipo utilizado que permitió el progreso de la investigación.

A los profesores por estar siempre dispuestos a ayudarme y aclarar dudas.

A mis amigos, que de alguna manera han colaborado conmigo aun antes de iniciar esta investigación.

Castaldo P, Gennaro.

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO SEDE DEL
LABORATORIO DE CIENCIAS DE LA CIUDAD
UNIVERSITARIA DE CARACAS**

Tutor: Prof. María E. Korody. Trabajo Especial de Grado. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 2010. 128 pág.

Palabras claves: análisis, estructura, concreto armado

El trabajo presentado se enmarca dentro de la línea de investigaciones y estudios que viene desarrollando el Departamento de Ingeniería Estructural de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (UCV) junto con el Consejo de Preservación y Desarrollo de esta casa de estudios (COPRED), para la evaluación de las condiciones actuales en las cuales se encuentran las obras y estructuras de la Ciudad Universitaria de Caracas. En este orden de ideas en la presente investigación se realiza la evaluación del comportamiento estructural del Edificio Sede del Laboratorio de Ciencias, a fin de continuar el proceso sistemático de registro de las obras de concreto armado ubicadas en la Ciudad Universitaria de Caracas.

Para lograr este objetivo se desarrolló una metodología que se divide principalmente en tres etapas. La primera corresponde a la recopilación de información concerniente a los datos de la edificación, incluyendo reseña histórica, especificaciones, planos existentes y levantamiento en sitio para completar los datos, principalmente geométricos, que no fueron encontrados. En la segunda etapa se realizó el recálculo de la estructura empleando el programa de cálculo estructural ETABS. En esta fase se encuentran todos los análisis realizados para la determinación del modelo más adecuado para la evaluación de la edificación. Por último se tiene la fase de comparación de resultados obtenidos con los distintos modelos, y el análisis de los resultados referentes a parámetros dinámicos y peso de la estructura; además de esto se presentan las áreas de acero requeridas para vigas y columnas según las exigencias de la norma actual.

Luego de realizar el análisis se obtuvo que los valores para los parámetros evaluados con el programa, tales como las derivas, están dentro de los valores permitidos por la Norma Covenin 1756-01. Por otra parte, al analizar las áreas de acero requeridas en los elementos estructurales ya existentes, éstos arrojan valores en vigas (valores máximos $\approx 1,75$ %) que se encuentran en el rango de porcentajes permitidos por la Norma Covenin 1753-2006; mientras que en columnas los valores requeridos de área de acero son elevados (en el caso más desfavorable, área de acero en columnas hasta casi un 8,5 % del área total de la sección) y se ubican fuera del rango de valores permitidos por la Norma Covenin 1753-2006.

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
I.1 Planteamiento del problema.....	4
I.2 Objetivos.....	6
I.3 Aportes.....	7
I.4 Limitaciones de la investigación.....	8
 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	 9
II.1 Patrimonio Cultural de la Humanidad.....	9
II.2 Datos de la edificación en estudio.....	9
II.3 Descripción general de la edificación.....	11
II.4 Comportamiento estructural.....	14
II.5 Estado de deterioro de las edificaciones.....	15
II.6 Edificaciones Sismorresistentes.....	16
II.7 Estado físico de la estructura.....	19
II.7.1 Clasificación y tipos de daño.....	20
II.7.2 Escala de daños.....	22
 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	 24
 CAPÍTULO IV: INFORMACIÓN PLANIMÉTRICA – LEVANTAMIENTO....	 26
IV.1 Información planimétrica.....	26

IV.1.1 Losas.....	27
IV.1.2 Vigas.....	29
IV.1.3 Columnas.....	37
IV.2 Detección de acero de refuerzo.....	39
IV.2.1 Características del equipo Ferrosan FS10.....	40
IV.2.2 Información obtenida con el sistema Ferrosan FS10.....	42
IV.2.3 Planilla de levantamiento de daños.....	45
CAPÍTULO V: CÁLCULOS Y RESULTADOS.....	46
V.1 Protocolo de recálculo.....	46
V.1.1 Cargas consideradas.....	47
V.1.2 Combinaciones de carga.....	49
V.2 Análisis de carga.....	50
V.2.1 Cálculo de tabiquería.....	50
V.2.2 Determinación peso de losas.....	53
V.2.3 Análisis cargas sobre vigas.....	57
V.3 Predimensionamiento vigas.....	63
V.4 Resultados y Análisis.....	70
V.4.1 Peso de la estructura.....	70
V.4.2 Fuerzas cortantes.....	70
V.4.3 Verificación de las derivas.....	71
V.4.4 Período de la estructura.....	72
V.4.5 Requerimientos de área de acero en vigas.....	72
V.4.5.1 Análisis de carga vertical.....	73

V.4.5.2 Análisis dinámico	84
V.4.5.3 Requerimientos de área de acero transversal en vigas.....	95
V.4.6 Resultados análisis en columnas.....	101
V.4.7 Tablas de deterioro de la edificación.....	104
 CONCLUSIONES.....	 107
 RECOMENDACIONES.....	 109
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 110
 ANEXOS.....	 111
 ANEXO 1: Planillas de registro para levantamiento de daños.....	112
 ANEXO 2: Fotografía de la edificación.....	118
 ANEXO 3: Fotografías de planos de detallado estructural.....	119
 ANEXO 4: Modos de vibración de la estructura.....	122
 ANEXO 5: Tabla de masas participativas.....	128

LISTA DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 1: Escala de daños.....	23
-------------------------------	----

CAPÍTULO IV

Tabla 2: Losas nervadas de la edificación.....	28
Tabla 3: Losa de la terraza.....	29
Tabla 4: Dimensiones vigas Nivel 1.....	29
Tabla 5: Dimensiones vigas Nivel 2.....	30
Tabla 6: Acero colocado en vigas del Nivel 1.....	31
Tabla 7: Acero colocado en vigas del Nivel 2.....	34
Tabla 8: Columnas de la edificación.....	38
Tabla 9: Tabla resumen cabillas detectadas en columnas.....	43
Tabla 10: Tabla resumen cabillas detectadas en vigas.....	44
Tabla 11: Planilla de registro para levantamiento de daños.....	45

CAPÍTULO V

Tabla 12: Valores de los parámetros del espectro de diseño.....	48
Tabla 13: Peso unitario del concreto.....	53
Tabla 14: Cargas permanentes sobre vigas Nivel 1.....	58
Tabla 15: Cargas variables sobre vigas Nivel 1.....	59

Tabla 16: Cargas permanentes sobre vigas Nivel 2.....	61
Tabla 17: Carga variable sobre vigas Nivel 2.....	62
Tabla 18: Predimensionamiento vigas Nivel 1.....	64
Tabla 19: Predimensionamiento vigas Nivel 2.....	67
Tabla 20: Fuerzas cortantes.....	70
Tabla 21: Verificación de derivas.....	71
Tabla 22: Requerimientos de área de acero para carga vertical en vigas del Nivel 1.....	74
Tabla 23: Requerimientos de área de acero para carga vertical en vigas del Nivel 2.....	77
Tabla 24: Porcentaje de área de acero requerido, carga vertical, vigas Nivel 1.....	79
Tabla 25: Porcentaje de área de acero requerido, carga vertical, vigas Nivel 2.....	82
Tabla 26: Requerimientos de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 1.....	85
Tabla 27: Requerimientos de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 2.....	88
Tabla 28: Porcentajes de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 1.....	90
Tabla 29: Porcentajes de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 2.....	93
Tabla 30: Requerimientos de área de acero transversal en vigas del Nivel 1.....	96
Tabla 31: Requerimientos de área de acero transversal en vigas del Nivel 2.....	99
Tabla 32: Requerimientos de área de acero en columnas.....	102
Tabla 33: Dimensiones requeridas en columnas.....	103
Tabla 34: Deterioro físico en columnas.....	104
Tabla 35: Deterioro físico en vigas.....	105
Tabla 36: Deterioro físico en losas.....	106
Tabla 37: Deterioro físico en paredes.....	106

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1: Plano de ubicación de la edificación.....	10
Figura 2: Vista tridimensional de la estructura.....	11
Figura 3: Vista de planta, vigas Nivel 1.....	12
Figura 4: Vista de planta, vigas Nivel 2.....	13
Figura 5: Vista de planta, columnas de la estructura.....	13
Figura 6: Vista lateral de entrepisos de la estructura.....	14

CAPÍTULO IV

Figura 7: Fotografía de la edificación.....	26
Figura 8: Losas del Nivel 1 (PA) de la edificación.....	27
Figura 9: Losa del Nivel 2 (Techo) de la edificación.....	28
Figura 10: Plano guía, vigas del Nivel 1.....	36
Figura 11: Plano guía, vigas del Nivel 2.....	37
Figura 12: Plano guía, columnas.....	39
Figura 13: Sistema de Ferrosan FS10.....	40
Figura 14: Operador realizado detección rápida en columna.....	41
Figura 15: Operador realizando detección rápida en viga.....	41

CAPÍTULO V

Figura 16: Espectro de diseño.....	48
------------------------------------	----

INTRODUCCIÓN

La edificación en estudio forma parte de la Universidad Central de Venezuela (UCV), la cual se desarrolló a partir del proyecto de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) que fue inaugurada en 1943 durante la presidencia de Isaías Medina Angarita. Anteriormente la Universidad Central de Venezuela funcionaba en el Convento de San Francisco. El proyecto de la Ciudad Universitaria de Caracas tuvo como arquitecto responsable a Carlos Raúl Villanueva, quien se encargó de crear los espacios necesarios para integrar las necesidades académicas, culturales y deportivas de la comunidad Ucevista logrando lo que se conoce como “integración de las artes” al integrar y armonizar el paisajismo, la arquitectura y las artes plásticas y visuales, con la adecuada incorporación de detalles arquitectónicos y obras de artes plásticas, dejando espacios libres suficientes para el desempeño de las actividades complementarias extra cátedra y el sano esparcimiento de la comunidad Ucevista.

Debido al gran valor paisajístico, arquitectónico y artístico y demás características de la Ciudad Universitaria de Caracas, ésta fue declarada y entró a formar parte del Patrimonio Mundial de la Humanidad en Noviembre del año 2000. De esta forma la CUC tiene el compromiso ante la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) de preservar todos los bienes, ya sean edificaciones, plazas, jardines, etc. que forman parte de la CUC. Para poder preservar estos bienes se deben realizar estudios donde se plantean posibles problemas estructurales y patológicos de las obras de la CUC; incluyéndose en ésta línea de investigación diversos Trabajos de Grado realizados en el Departamento de Ingeniería Estructural de la UCV que analizan el comportamiento estructural de distintas edificaciones ubicadas dentro de la Ciudad Universitaria de Caracas.

De esta forma, el edificio sede del Laboratorio de Ciencias, que se encuentra ubicado frente al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME, también forma parte del Patrimonio Mundial de la Humanidad. El proyecto definitivo de esta edificación

data del año 1951, al cual siguió la construcción de la misma. La edificación tiene aproximadamente 50 años de uso y su construcción finalizó antes del sismo ocurrido en Caracas en el año 1967. La edificación cuenta con 2 niveles, y posee vigas armadas en una sola dirección, la dirección paralela a la dirección más corta de la edificación, a excepción solamente de dos vigas que sirven de apoyo a la terraza ubicada en el nivel 1 (PA), que fueron construidas en dirección perpendicular a la dirección de todas las demás vigas que conforman la edificación. Esto le confiere a la edificación la característica de poseer pórticos paralelos aislados, no conectados entre sí por vigas antisísmicas en la dirección larga de la edificación, cosa bastante común en la época cuando erróneamente se consideraba que las losas o placas eran suficientes para absorber las fuerzas antisísmicas en la dirección larga.

En esta investigación se presenta un análisis estructural del edificio sede del Laboratorio de Ciencias, a fin de continuar el proceso sistemático de registro de las obras de concreto armado ubicadas en la Ciudad Universitaria de Caracas. Este trabajo se encuentra estructurado en cinco capítulos, descritos a continuación.

En el primero, denominado Fundamentos de la Investigación, se presenta el problema que generó el interés de analizar la estructura de la edificación. Se presentan también los objetivos del trabajo y los aportes que genera dicha investigación. Por último se presentan las limitaciones de la investigación.

El segundo capítulo, Marco Teórico Referencial, comprende las definiciones concernientes al Patrimonio Cultural de la Humanidad, comportamiento estructural, estado de deterioro de las edificaciones. Así como los requisitos para edificaciones sismorresistentes.

En el tercer capítulo, Metodología, se especifican las actividades realizadas para llevar a cabo los objetivos planteados en la investigación, las cuales fueron agrupadas en tres fases: recopilación y registro de la información, recálculo de la estructura y análisis de los resultados obtenidos con el modelo a través del programa de cálculo asistido por computador ETABS.

El cuarto capítulo, denominado Información Planimétrica – Levantamiento, se divide en tres partes. En la primera se muestra la información correspondiente a la geometría de los miembros de la estructura, recopilada a través de los planos hallados y mediciones realizadas en sitio; en la segunda parte se encuentra una descripción del sistema para realizar detección de acero de refuerzo en elementos estructurales de concreto armado con el sistema Ferroskan FS10, el cual se ha utilizado para comprobar el armado presentado en los planos estructurales.

Por último se encuentra el quinto capítulo, Cálculos y Resultados, en el cual se presenta toda la metodología utilizada para realizar el recálculo de la edificación con el uso del programa de cálculo estructural ETABS. Luego se exponen los resultados obtenidos durante la investigación y el análisis de los mismos, incluyendo los resultados del estado de deterioro físico de la edificación.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

I.1 Planteamiento del Problema

El edificio sede del Laboratorio de Ciencias, denominado también edificio sede del Laboratorio de Química, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, ubicado frente al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (I.M.M.E.) es una estructura que fue realizada en la década de los años 50, por lo que es una de las estructuras que sufrió el sismo ocurrido en Caracas en el año 1967; la magnitud del sismo fue estimada en 6,5 en la escala Richter. Su epicentro se ubicó entre Arrecife y Naiguatá, en el Litoral Central de Venezuela.⁽¹⁾

La estructura en cuestión ha tolerado el sismo sin colapsar. Sin embargo, la edificación es vulnerable a daños que podrían comprometer su estabilidad en caso de sismo. La estructura que actualmente está siendo utilizada como laboratorio de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias, está siendo solicitada para ser utilizada como sede del Departamento de Geodesia y Agrimensura, entre otras dependencias de la Facultad.

Las normas vigentes durante la construcción de la edificación no contemplaban las acciones producidas por sismos sobre las edificaciones, tales como la inversión de los signos de los esfuerzos actuantes sobre elementos estructurales; vigas, columnas, fundaciones y losas, con el consiguiente cambio en la estructura. Así mismo, no se contemplaba la construcción de vigas en dos direcciones con la finalidad de obtener una mayor sismorresistencia, sino que se realizaban en una sola dirección.

Luego de los daños sufridos por la estructura después del sismo, y del tiempo transcurrido en estos años, se sigue utilizando la estructura con fines académicos, por lo cual cabe la pregunta: ¿Podrá la estructura seguir resistiendo todas las sollicitaciones que

sean necesarias para su funcionamiento, sea en condiciones de solicitaciones normales de carga o en caso de sismo?

La ausencia de normas en los años '50 pudo haber dado lugar a una sobre-estimación o, en su defecto, a una baja estimación del diseño estructural, lo cual representaría condiciones distintas, ya que en el caso de sobre-diseño se tiene una mayor resistencia lo cual siempre es deseable, y en el caso de un diseño estructural débil implica un riesgo de baja resistencia de la estructura en caso de sismo. Es posible notar que la estructura en cuestión posee vigas armadas en una sola dirección, lo que supone que la resistencia a solicitaciones sísmica es menor.

La base del problema está en comprender qué resistencia posee la estructura en función de las necesidades, y qué posible efecto puede esperarse en caso de sismo, sabiendo que la zona central de la Cordillera de la Costa Venezolana es una zona de alto riesgo sísmico, con todas las responsabilidades que ello implica. La ciudad de Caracas se ubica en la zona sísmica 5, peligro sísmico elevado según la norma Covenin 1756-01.⁽²⁾

I.2 Objetivos

Objetivo general:

Analizar el comportamiento estructural del edificio del Laboratorio de la Escuela de Química (Facultad de Ciencias de la UCV).

Objetivos específicos:

- 1) Identificar el estado de deterioro físico de la estructura.
- 2) Recalcular la estructura de la edificación seleccionada en función de las normas Covenin 1753:2006 y 1756:2001.
- 3) Contrastar los requerimientos, de las áreas de acero y las dimensiones de los elementos estructurales, de la estructura resultante del recálculo con la estructura construida.

I.3 Aportes

La Ciudad Universitaria de Caracas que forma parte del Patrimonio Cultural de la Humanidad es una institución pública nacional de estudios superiores de gran importancia. Por ende, es fundamental preservar todos los elementos que se encuentran dentro de dicho patrimonio bajo las condiciones y criterios establecidos por parte del Comité de Patrimonio Mundial UNESCO. A raíz de lo expuesto anteriormente, es necesario hacer una evaluación completa de todas las estructuras e instalaciones presentes, ya que la mayoría fueron realizadas sin que existiesen normas establecidas para la fecha de construcción.

En función de las experiencias pasadas en los sismos anteriores, la inquietud es: ¿Puede la Ciudad Universitaria de Caracas estar en riesgo en caso de sismo? Y en dado caso, para las estructuras que están bajo peligro o daño, ¿Pueden satisfacer todas las necesidades de uso y garantizar la resistencia mínima necesaria para tolerar otro eventual sismo sin colapsar?

Los planos disponibles de la edificación en cuestión no se encuentran en formato digital, por lo cual resultará de gran importancia la realización de los mismos, permitiendo una documentación alternativa y de fácil acceso.

La realización de cálculos estructurales en función de las normativas venezolanas vigentes para la construcción representa un importante aporte de este trabajo, ya sea para la comunidad Ucevista que estudia y trabaja en la edificación, como para la ingeniería civil en el País, en cuanto este trabajo verifica las características estructurales que debe poseer la edificación, y edificaciones como las estudiadas, en función de las solicitudes de diseño actuantes sobre la estructura.

I.4 Limitaciones de la investigación:

La investigación a realizar en el trabajo especial de grado recurre al análisis estructural de la misma en base a los conocimientos y métodos adquiridos por el estudiante en el pensum de estudio de pregrado de Ingeniería Civil, de la Universidad Central de Venezuela, con la ayuda del soporte técnico para el uso del Ferroskan, y de los datos proporcionados por los planos de la edificación, ya sean los arquitectónicos que los estructurales.

Durante la elaboración del trabajo podría presentarse el inconveniente del área de acero obtenida por el Ferroskan, impidiendo un conocimiento preciso de los materiales efectivamente utilizados durante la construcción, así como del valor exacto de la resistencia del concreto a la compresión una vez fraguado éste. Sin embargo, a través los datos proporcionados por los planos estructurales, se obtiene la calidad de los materiales, del concreto y del acero. Eventualmente a través de la inspección visual se podría estimar, en función del deterioro del concreto, el control de calidad del concreto existente a la hora de la elaboración de la estructura.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

II.1 ⁽³⁾ Patrimonio Cultural de la Humanidad:

El instituto del Patrimonio Cultural (IPC) define como patrimonio Cultural de la Humanidad aquellos “bienes que por sus valores artísticos, históricos, sociales o científicos tengan un valor universal excepcional (independientemente del territorio donde estén localizados) y que sean declarados como tal por el Comité del Patrimonio Mundial UNESCO”.

El principal instrumento legal de carácter internacional para la identificación y preservación del patrimonio cultural y natural es la “Convención sobre Protección de Patrimonio Cultural/Natural de la Humanidad”, aprobada por la UNESCO en 1972. Cada Estado Parte de esta convención está a cargo de identificar y delimitar los diversos bienes situados en su territorio. Venezuela pasó a formar parte de esta Convención en el año 1991.

II.2 Datos de la edificación en estudio:

Reseña histórica:

De acuerdo a los planos originales, la edificación está identificada como **Laboratorio de Biología. Proyecto Carlos Raúl Villanueva**, y por su uso actual se le conoce como Laboratorio de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias.

El edificio de Laboratorio de Ciencias se encuentra ubicado en el sector Sur de la Ciudad Universitaria de Caracas, paralelo al edificio I.M.M.E. (Instituto de Materiales y Modelos Estructurales), tal como se muestra en el siguiente mapa:



Figura 1: Plano de ubicación de la edificación.

Donde en la figura:⁽⁴⁾

“Lab. Ciencias” corresponde al edificio Sede del Laboratorio de Ciencias, la edificación bajo estudio.

“Ing. Básica” corresponde al edificio de Ingeniería Básica.

“Arquitectura” corresponde al edificio de la Facultad de Arquitectura.

“Comedor” corresponde al comedor de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC)

“Est. Estructural” corresponde al estacionamiento estructural de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC)

II.3 Descripción general de la edificación:

La edificación es una estructura de concreto armado construida sobre fundaciones directas. Posee 2 niveles: planta baja y planta alta. Tanto la losa de entrepiso (nivel 1) como la losa de techo (nivel 2) son losas nervadas armadas en una dirección. La losa de la planta baja (PB) es maciza.

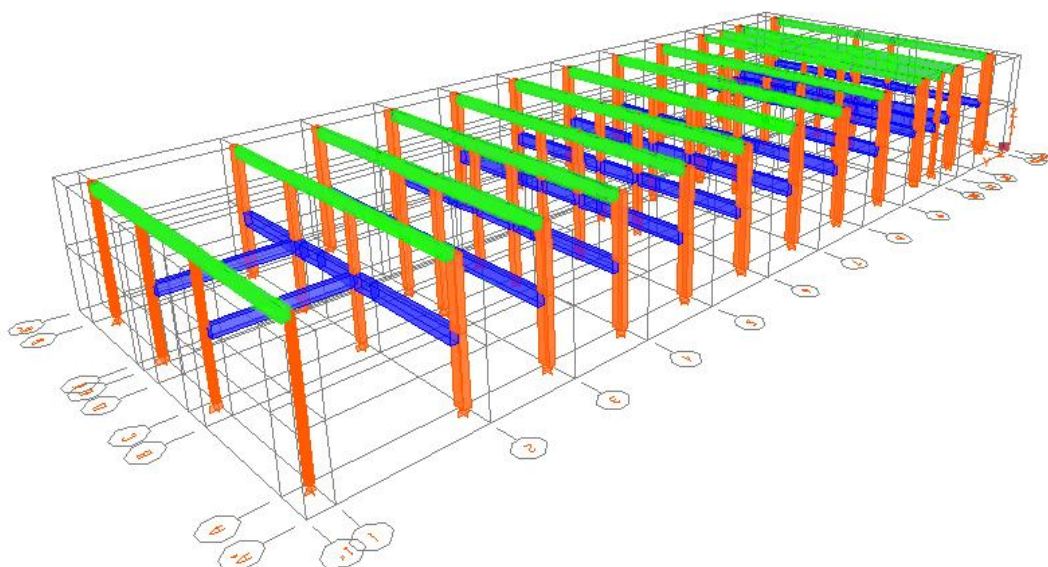


Figura 2: Vista tridimensional de la estructura.

La edificación, como se puede observar en el siguiente croquis (Fig. 2), está compuesta por 13 ejes en una dirección y 7 ejes en la otra dirección, perpendicular a la anterior, definiendo las posiciones de las columnas. En toda la edificación hay vigas solamente en la dirección paralela a la dirección más corta de la edificación, a excepción de las dos vigas que sirven de apoyo a la terraza, ubicada en el Nivel 1 (PA). Una parte de la estructura, denominada nueva estructura en los planos, ha sido construida luego de finalizar una primera parte. A continuación se muestran tres vistas de planta de la estructura, la

primera correspondiente a las vigas del Nivel 1, la segunda muestra las vigas del Nivel 2, y la tercera muestra las columnas de la edificación.

La siguiente figura corresponde a la vista de planta de las vigas del Nivel 1:

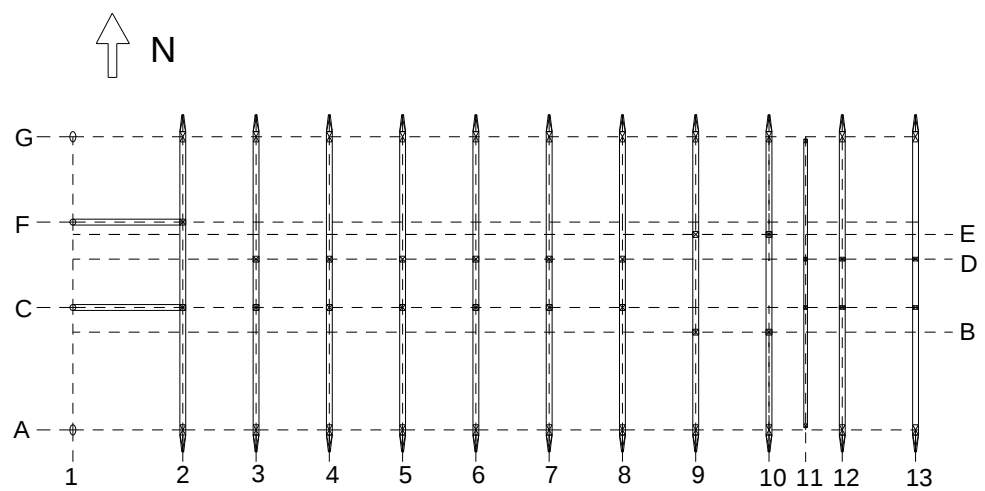


Figura 3: Vista de planta, vigas del Nivel 1

La siguiente figura muestra las vigas presentes en el Nivel 2 de la estructura:

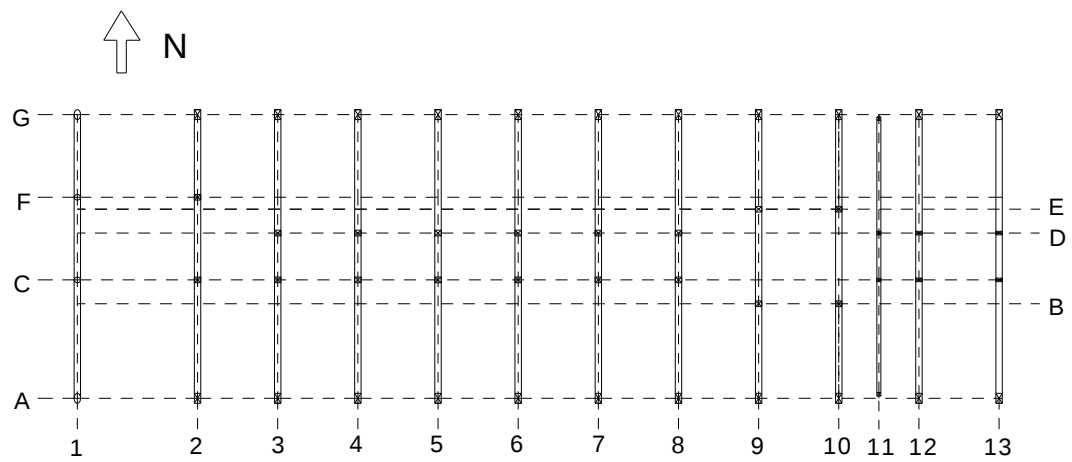


Figura 4: Vista de planta, vigas del Nivel 2

La siguiente figura muestra las columnas presentes en la estructura:

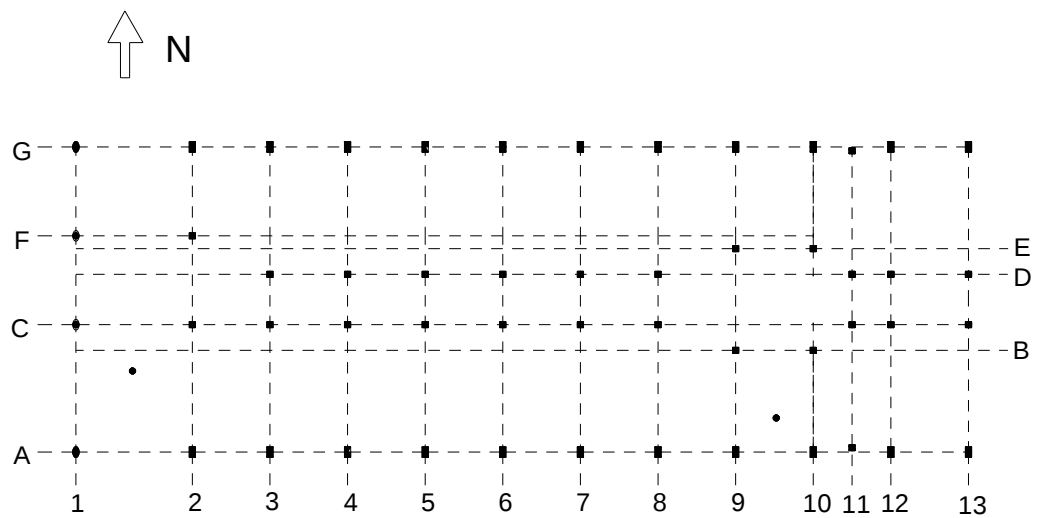


Figura 5: Vista de planta, columnas de la estructura

El espesor de la losa maciza de PB es de 15cm, el espesor de la losa nervada de la planta alta (Nivel 1) es de 20cm y el espesor de la losa nervada de techo (Nivel 2) es de 20cm. Como se puede observar en la siguiente figura:

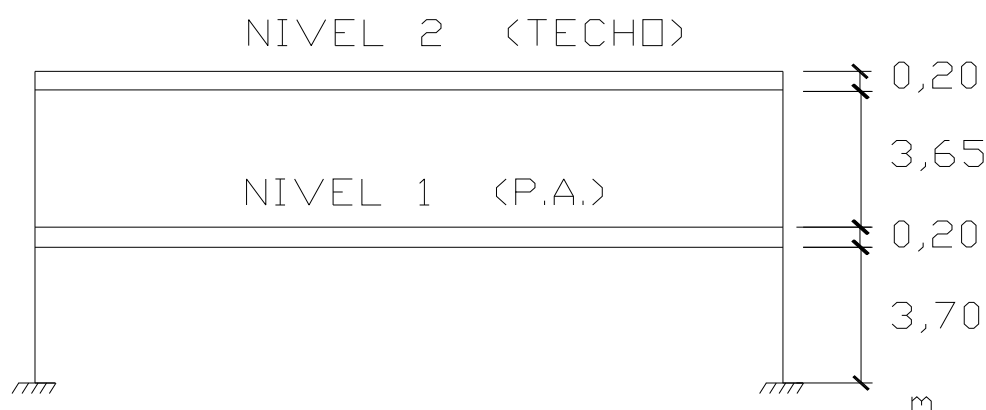


Figura 6: Vista lateral de entrepisos de la estructura

La edificación posee una escalera externa, protegida de la intemperie y del sol por la losa de techo.

En el proyecto original (1945) se tenía que realizar la escalera secundaria descubierta (tal como lo es la escalera en la entrada) pero después se decidió realizar la estructura cerrada en dicho extremo (1951).⁽⁵⁾

II.4 Comportamiento estructural:

Es posible describir el comportamiento estructural de una edificación a través de la respuesta de la estructura ante solicitaciones de carga y solicitaciones accidentales (sísmicas). Esta respuesta se puede considerar por medio de la presencia o, en su defecto, ausencia de cambios o diferencias en la estructura. Entre las diferencias que se pueden producir se tienen cambios en el estado físico de los materiales que componen la estructura,

con una posible modificación de la integridad original de la estructura, lo cual se admite en caso de sismo, siempre y cuando no conduzca al colapso de la estructura.

II.5 Estado de deterioro de las edificaciones:

Se entiende como estado de deterioro de una edificación todo aquél en donde los elementos de la edificación están alterados. En función de la gravedad del daño se muestra la siguiente clasificación:

Daños en elementos de concreto armado: Estos pueden ser en elementos estructurales, siendo los más graves. Se puede dar el caso de oxidación en el acero contenido en el concreto armado, o bien la carbonatación del concreto.

Estos elementos son: columnas, vigas, losas, escaleras, fundamentalmente.

Los daños en estos elementos representan un peligro para las personas que se encuentran dentro de la misma y pueden llegar a producir el colapso de parte o toda la estructura.

Daños en elementos de mampostería: Estos son los daños que ocurren en las paredes y otros accesorios que no comprometen la estabilidad de la estructura, pero representan un peligro en la seguridad de las personas que se encuentran dentro de la edificación.

Recálculo de la Estructura:

El recálculo de una estructura consiste en la realización del replanteo, análisis y cálculo estructural a través de un programa de diseño estructural asistido por computadora, utilizando las formulaciones de concreto armado, aplicadas según las normativas vigentes.

Contraste de la estructura resultante del recálculo con la estructura existente:

Este procedimiento se realiza luego de finalizar el recálculo de la estructura según las exigencias de las normativas vigentes. Por este motivo, para realizar el contraste se

efectúa un análisis de la resistencia de la estructura existente (sin eventuales modificaciones en las dimensiones de sus elementos, disposición o en la calidad y cantidad de los materiales concreto y acero).

El contraste como tal consiste en la comparación de la resistencia de la estructura en las diferentes solicitaciones de interés, las cuales son dos: la primera resistencia consiste en la resistencia a la carga (carga máxima) y la segunda resistencia a analizar es la correspondiente a las solicitaciones sísmicas.

Documentación de la información obtenida del recálculo para consultas y usos futuros:

La primera información obtenida son los planos arquitectónicos de la edificación. Estos planos son los planos definitivos originales, realizados a mano sobre papel vegetal en el año 1945 después del período de proyecto de la edificación y que se conservan bajo la responsabilidad del COPRED en la Casona Ibarra. Por motivos de seguridad es importante la realización de réplicas de dichos planos, como por ejemplo una representación en formato digital, que conlleva a una mejor conservación de los planos originales en cuanto resultan menos solicitados.

La segunda información a documentar consiste en los cálculos y resultados del recálculo, esquematizados bajo forma de tablas y gráficos que permiten visualizar las características de la edificación.

II.6 Edificaciones Sismorresistentes: ⁽²⁾

Las normas venezolanas que tratan el análisis sísmico de edificios son las normas COVENIN 1756:2001.

Fundamentos Básicos:

-Las solicitaciones de diseño suponen que el sistema resistente a fuerzas horizontales es capaz de “absorber” y “disipar” energía bajo acciones o solicitaciones

alternas, en el rango inelástico sin pérdida apreciable de resistencia. Los mecanismos de absorción y disipación de energía no deben comprometer la estabilidad de la estructura, en donde las solicitaciones máximas ocurren en los apoyos, y en donde el modelo ideal supone que las rótulas plásticas deben formarse antes en las vigas que en las columnas.

-La acción sísmica se considera accidental y no se combina con acciones accidentales con similar probabilidad de ocurrencia.

-El diseño sísmico supone la acción de 3 componentes traslacionales y una componente rotacional alrededor del eje vertical. Cuando se efectúa el diseño sísmico no se aplican las solicitaciones con el 100% de su valor en sus direcciones respectivas. En general se considera el 100% en la dirección más desfavorable, más un porcentaje menor de las fuerzas sísmicas en otras direcciones.

-La norma citada supone que los miembros estructurales están unidos entre sí de manera de transmitir efectivamente las fuerzas debido a sismos.

-Ante lo expuesto con anterioridad, los modelos matemáticos describen adecuadamente el comportamiento de la estructura.

-El mapa de zonificación establecido por la norma COVENIN 1756-01 fue desarrollado considerando la ocurrencia de sismos con probabilidades de excedencia del 10% para una vida útil de 50 años. Lo cual se traduce en sismos con períodos de retorno de 475 años.

-Se denominan “Formas Espectrales” al comportamiento dinámico del suelo. Siendo por nomenclatura los suelos S1 los más rígidos (roca sana), y los suelos S4 los más blandos (suelos aluvionales, suelos débiles); éstos últimos más desfavorables en la dinámica sismorresistente de las edificaciones.

La forma espectral considera:

- La distancia epicentral.
- Las propiedades dinámicas de tipo sismo-elásticas locales.
- La dirección de aproximación de las ondas sísmicas.

-La profundidad de los depósitos.

-La estratografía.

A través de un factor de corrección se ajustan los coeficientes de aceleración horizontal del terreno. (A_0) en aquellos perfiles geotécnicos menos propensos a amplificar la aceleración máxima en la superficie del terreno.

Nivel de Diseño de las estructuras según las solicitudes:

Los niveles de diseño se clasifican en: ND1 (nivel de diseño menor), ND2 y ND3 (nivel de diseño mayor). La nomenclatura viene dada por caracteres numéricos que determinan el grado de ductilidad de la estructura, siendo menor la fuerza sísmica actuante sobre la estructura a medida que se aumenta el nivel de diseño de la misma, debido a la mayor ductilidad de la estructura. El nivel de diseño (ND) define cuánto la estructura trabaja en el rango inelástico.

De esta forma se definen los niveles de diseño:

ND1: No se exige el predimensionamiento y detallado para zonas sísmicas.

ND2: Se exige el cumplimiento y algunas especificaciones COVENIN destinadas a conferir cierto grado de ductilidad al sistema resistente al sismo y evitar fallas prematuras especialmente en las secciones críticas.

ND3: Requiere la aplicación estricta de todas las disposiciones COVENIN para el diseño en zonas sísmicas. Es el nivel de diseño más exigente de todos.

Clasificación de las estructuras según su uso:

Estructuras Tipo A: Son aquellas estructuras cuya operatividad debe estar asegurada en condiciones de emergencia o estructuras cuya falla puede dar lugar a un número alto de

pérdidas de vidas humanas, económicas o ambientales. Ejemplos de dichas estructuras son: hospitales; colegios; universidades.

Estructuras Tipo B1: Edificaciones de uso público o privado densamente ocupadas (incluye la ocupación densa por cortos períodos de tiempo). Estructuras con una ocupación mayor a 3000 (tres mil) personas o techada superior a 20000 (veinte mil) m².

Estructuras tipo B2: Edificaciones de uso público o privado de baja ocupación que no excedan los parámetros de las estructuras tipo B1. Estructuras con una ocupación menor a 3000 (tres mil) personas y techo menor a 10000 (diez mil) m². Ejemplos de estas edificaciones son: viviendas unifamiliares; teatros; cines.

II.7 Estado físico de la estructura

El estado físico de la edificación es un parámetro importante ya que, cuando posible, le atribuye un valor a la confiabilidad de los elementos estructurales, de mampostería y/o arquitectónicos. Un edificio que se encuentra en buenas condiciones estructurales está en la capacidad de resistir los valores de esfuerzos usados en los cálculos, pero una estructura con defectos estructurales puede verse comprometida en caso de sismo ligero y en casos extremos bajo condiciones normales de carga.

Para determinar el estado actual de la edificación se realizó una inspección visual, y empleando una planilla de levantamiento de daños se ha indicado el nivel de deterioro correspondiente a cada uno de los miembros a analizar según el tipo de elemento (columna, viga o losa).

El objetivo del levantamiento de daños de la edificación es describir de manera general los eventuales deterioros presentes en la edificación, y no realizar un diagnóstico sobre la patología de la estructura.

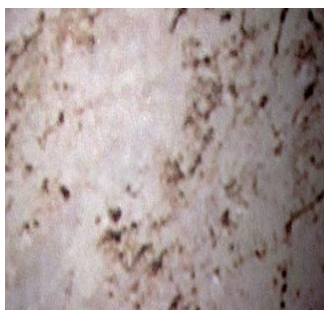
II.7.1 Clasificación y tipos de daños

Los daños considerados en este trabajo se definen según sus características más importantes a continuación.



⁽³⁾ **Poros:** Orificios presentes en la superficie de los elementos, generalmente de forma circular. Se presentan en diferentes diámetros, en ocasiones agrupados en áreas pequeñas o dispersos a lo largo de todo el miembro. No se evidencia en ellos óxido del acero de refuerzo, o alguna otra característica que manifieste la presencia de algún daño

Estructural. Aunque para determinar la causa de su aparición sería necesario realizar un estudio más exhaustivo, se presume que se formaron durante la construcción de la edificación, debido a fallas en el proceso de vibrado al vaciar el concreto.



⁽³⁾ **Escamado:** Definido en la “Terminología del cemento y el hormigón” por el Comité ACI 116 como “pérdida de escamas o laminillas de la porción próxima a la superficie del hormigón endurecido”. Este tipo de deterioro es incluido en las planillas de levantamiento dentro de las observaciones, ya que no se realizó una escala para el mismo debido a que

en los miembros donde se presenta se observa como un “escamado leve”, es decir, “no se expone el agregado grueso del hormigón” (ACI 116)



⁽³⁾ **Crecimiento vegetal:** Presencia de plantas en los elementos, generalmente encontradas en los bordes o superficies superiores, debido al depósito de humedad y semillas colocadas por aves.



⁽³⁾ **Humedad:** Se identifica la presencia de humedad en un miembro por cambio de color sobre la superficie del mismo. Se presentan distintos tipos de humedad según su causa: por filtración, penetración de agua del exterior hacia el interior del miembro, arrastrando sales del interior

del concreto que pasan a formar manchas blancas en la superficie (eflorescencia); por condensación, causada por la retención de vapor de agua presente en el ambiente, se manifiesta en forma de mancha; por capilaridad, aparece por la ascensión de agua del terreno, se puede observar en las bases de columnas; accidental, producto de instalaciones realizadas por el hombre, tales como goteo de aires acondicionados. En las plantillas no se hace distinción del tipo de humedad observado, sino que se indicaba únicamente la presencia de la misma.



⁽³⁾ **Desprendimiento de mosaicos de cerámica vitrificada:** Caída de mosaicos que forman parte del recubrimiento de algunos elementos de tabiquería.



⁽³⁾ **Corrosión del acero de refuerzo:** Se observan manchas de oxidación del acero de refuerzo en la superficie del miembro. En ocasiones se puede contemplar la barra de refuerzo expuesta en la superficie.

La estructura de la planilla de levantamiento se basó en el formato de investigaciones anteriores, y se empleó una escala de daños desarrollada en base a una inspección previa realizada en la edificación a manera de definir el tipo de deterioro existente.

II.7.2 Escala de daños

A continuación se presenta una escala propuesta para representar el daño según su clasificación, como se muestra en la tabla 1:

Tipo de daño	Nivel	0	1	2	3	4
	no se observa daño					
Poros			Casi imperceptible. Muy escasos, con $d < 1\text{mm}$	Se observan agrupados o esparcidos, $d < 4\text{mm}$	Abundantes en todas las caras, con $d < 6\text{mm}$. Se presentan en menos del 75% del miembro	Presentes en todas las caras. En grupos o esparcidos a lo largo de todo el miembro, con $d < 8\text{mm}$
Crecimiento Vegetal			Se observan menos de 2 plantas de tamaño menor a 5cm	Se observan entre 2 y 5 plantas, de tamaño entre 3 y 10cm	Se observan más de 5 plantas, de tamaño entre 3 y 10cm	Se observan plantas de tamaño mayor a 10cm
Humedad			Se observa presencia de humedad en menos del 25% de la superficie	Se observa presencia de humedad en menos del 50% de la superficie	Se observa presencia de humedad en más del 50% de la superficie	Se observan desgastes o daños causados por la humedad en zonas localizadas
Desprendimiento de mosaicos			Se observa caída de pocos mosaicos, individuales	Se observan áreas con mosaicos desprendidos en distintas zonas de la pared, que alcanzan hasta un 25% de la superficie	Se observan áreas con mosaicos desprendidos que alcanzan hasta un 50% de la superficie	Se observan áreas con mosaicos desprendidos que sobrepasan el 50% de la superficie
Corrosión del acero de refuerzo			Se observan manchas de óxido de forma localizada. No se presenta la barra expuesta	Se observan menos de 3 barras corroídas expuestas en el elemento	Se observan más de 3 barras corroídas expuestas en el elemento	Se observa acero corroído expuesto en más de la mitad del elemento

Tabla 1: Escala de daños

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Se realizará el análisis estructural correspondiente a la arquitectura de la edificación efectivamente construida con la finalidad de conocer los requerimientos de áreas de acero y dimensiones de elementos de concreto armado, según las normativas actualmente vigentes. Posteriormente, se cuantificarán las diferencias existentes entre las áreas de acero presentes en la edificación actual respecto a los requerimientos de área de acero resultantes del cálculo.

El análisis estructural se realizará en las siguientes etapas:

1) Observación visual de la estructura:

Esta es la primera etapa del trabajo, que consiste en ir al sitio donde se encuentra la estructura y detallar todos sus elementos (estructurales, mampostería, etc.) y compararlos con aquellos que aparecen en los planos estructurales con el fin de anotar detalles o diferencias de la estructura físicamente construida respecto a la estructura presentada en los planos.

Por consiguiente la metodología consistirá en realizar una lista de los eventuales elementos contruidos que difieran a lo indicado en los planos definitivos de la edificación.

Posibles diferencias generan cambios en cuanto a la capacidad de resistencia de la estructura a ciertas solicitaciones, en particular a las solicitaciones sísmicas.

2) Levantamiento de la estructura original.

Utilizando los datos métricos de los planos ofrecidos por el Consejo de Preservación y Desarrollo (COPRED), se realizarán planos en formato digital, con la finalidad de facilitar la lectura de la información métrica requerida. Por

otro lado, a través del uso de un equipo de Ferroskan, se obtendrán datos de las áreas de acero presentes en la edificación, así como de los datos ofrecidos en los planos estructurales del proyecto original.

3) Cálculo de la estructura original:

El recálculo se realizará mediante un programa de cálculo estructural, utilizando en el modelo la misma calidad de materiales de la estructura original, a fin de poder realizar una comparación de los requerimientos de área de acero sobre los elementos estructurales. Mediante la información planimétrica estructural, se utilizarán las dimensiones actuales de los elementos estructurales (columnas y vigas), de manera de obtener los requerimientos de área de acero de los elementos estructurales correspondientes a dichas dimensiones. Por otra parte, a través de la información planimétrica arquitectónica se obtendrán los datos necesarios de sobre carga permanente sobre la estructura.

Para la carga variable se usarán las cargas correspondientes al uso de la estructura.

Las cargas permanentes correspondientes a tabiquería en general, serán aquellas que efectivamente se encuentran en la edificación, distribuidas uniformemente en las losas. Esto con la finalidad de obtener un resultado de resistencia de materiales adaptado a la situación real.

Para las cargas accidentales (sísmicas) se usarán los parámetros correspondientes a la estructura en estudio según la norma Covenin 1756:01.

Finalmente se realizará el contraste entre los requerimientos de área de acero para carga vertical, y para las condiciones mínimas exigidas por las normas venezolanas antisísmicas vigentes en la actualidad (COVENIN 1756-01), con la estructura efectivamente construida.

CAPÍTULO IV: INFORMACIÓN PLANIMÉTRICA – LEVANTAMIENTO

IV.1 Información planimétrica

Todos los planos del proyecto definitivo, así como de los proyectos preliminares, han estado disponibles para obtener todos los datos referentes a la geometría de la edificación, la cantidad y disposición de vigas y columnas, las dimensiones y ubicación de todos los elementos estructurales, de mampostería y arquitectónicos que están presentes en la estructura. Se han obtenido de esta manera las dimensiones de columnas, vigas, dimensiones de losas, escaleras, área de la terraza, alturas de entrepisos y de los elementos arquitectónicos.

Para facilitar el trabajo, se han realizado dos planos arquitectónicos en escala 1:100 el primero correspondiente a la planta baja, y el otro a la planta alta de la edificación. Donde se representan las dimensiones de la edificación, luces entre columnas y elementos de mampostería como las paredes y parasoles.

A continuación, en la figura 7, se muestra una fotografía de la edificación en estudio.



Figura 7: Fotografía de la edificación.

IV.1.1 Losas

Características de las losas:

La losa de la planta baja es una losa maciza de 15cm de espesor. Las losas del Nivel 1 y del Nivel 2 son nervadas, armadas en la dirección perpendicular a la dirección de las vigas. En el Nivel 1 está presente una terraza externa que corresponde a la entrada desde la escalera. La losa de la terraza es maciza de 18cm de espesor.

En las siguientes figuras, se muestran las losas del nivel 1 y del nivel 2 de la edificación:

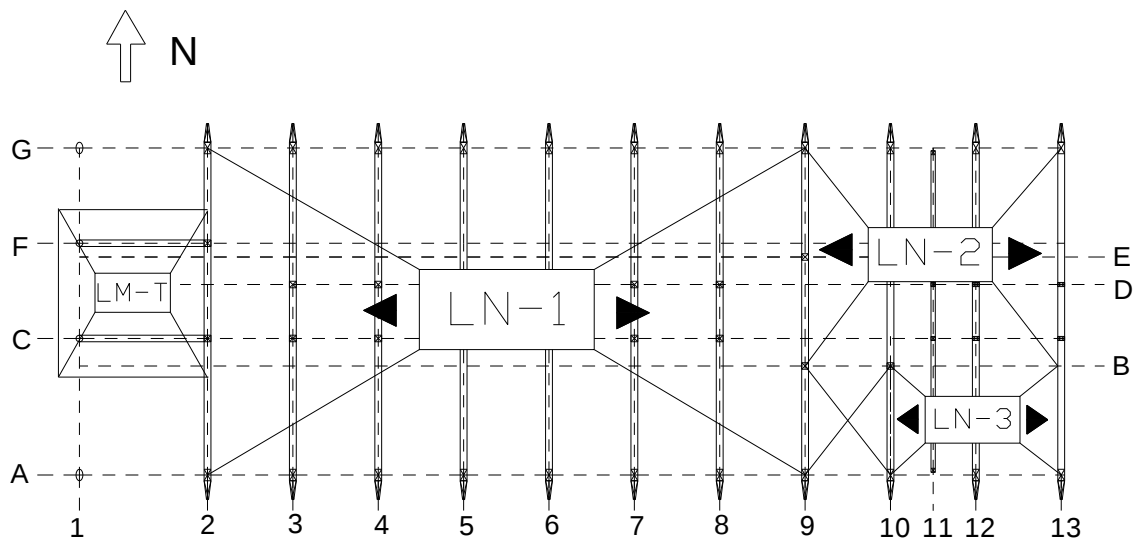


Figura 8: Losas del Nivel 1 (PA) de la edificación.

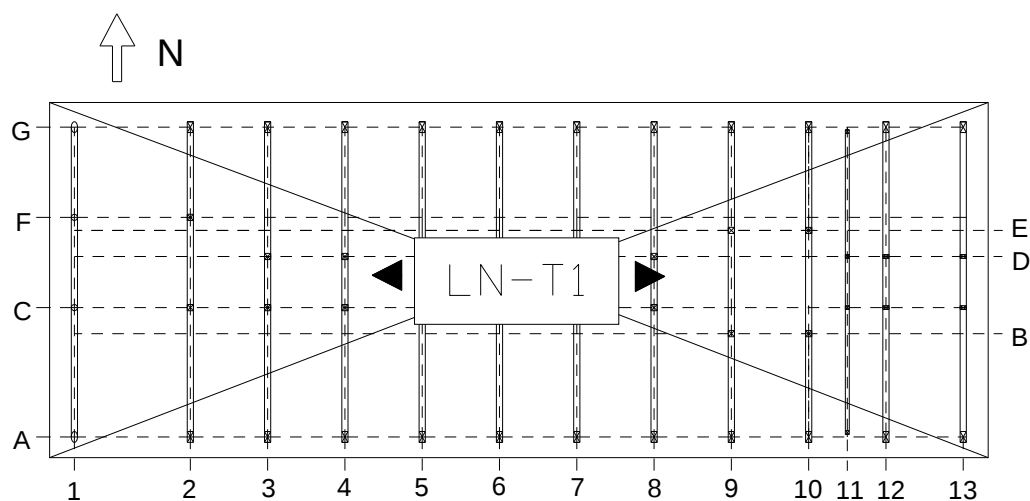


Figura 9: Losa del Nivel 2 (Techo) de la edificación

En las siguientes tablas se indican los espesores de las losas correspondientes a las figuras presentadas anteriormente, así como la separación entre nervios y el ancho de los nervios, para el caso de losas nervadas.

NIVEL	TIPO LOSA	ESPESOR LOSA (cm)	SEPARACIÓN ENTRE EJE A EJE DE NERVIOS (cm)	ANCHO NERVIO (cm)
1	Nervada, armada en una dirección	20	50	10
2	Nervada, armada en una dirección	20	50	10

Tabla 2: Losas nervadas de la edificación.

Losa de la terraza:

NIVEL	TIPO DE LOSA	ESPESOR LOSA (cm)
1	MACIZA	18

Tabla 3: Losa de la terraza.

IV.1.2 Vigas

En la estructura se encuentran vigas de forma rectangular, con las dimensiones mostradas a continuación.

VIGAS NIVEL 1 (PA)	
VIGA	DIMENSIONES REALES (cm x cm)
1-V2 (A-G)	40 x 80
1-V3 (A-G)	40 x 80
1-V4 (A-G)	40 x 80
1-V5 (A-G)	40 x 80
1-V6 (A-G)	40 x 80
1-V7 (A-G)	40 x 80
1-V8 (A-G)	40 x 80
1-V9 (A-G)	40 x 80
1-V10 (A-G)	40 x 60
1-V11 (A-G)	25 x 75
1-V12 (A-G)	40 x 65
1-V13 (A-G)	40 x 50
1-VC (1-2)	40 x 65
1-VF (1-2)	40 x 65

Tabla 4: Dimensiones vigas Nivel 1

Las vigas 1-VC (1-2) y 1-VF (1-2) son las vigas que sostienen la terraza, ubicada en el primer nivel. Estas son las únicas vigas que se encuentran dispuestas en dirección paralela a la dirección Este-Oeste (dirección larga de la edificación). Todas las demás vigas, sean del nivel uno que del nivel dos, están dispuestas en dirección paralela a la dirección Norte-Sur (dirección corta de la edificación). La siguiente tabla muestra las vigas del Nivel 2:

VIGAS NIVEL 2 (TECHO)	
VIGA	DIMENSIONES REALES (cm x cm)
2-V1 (A-G)	40 x 50
2-V2 (A-G)	40 x 50
2-V3 (A-G)	40 x 60
2-V4 (A-G)	40 x 60
2-V5 (A-G)	40 x 60
2-V6 (A-G)	40 x 60
2-V7 (A-G)	40 x 60
2-V8 (A-G)	40 x 60
2-V9 (A-G)	40 x 60
2-V10 (A-G)	40 x 45
2-V11 (A-G)	25 x 60
2-V12 (A-G)	40 x 60
2-V13 (A-G)	40 x 50

Tabla 5: Dimensiones vigas Nivel 2

En el Anexo 2, se puede observar la ausencia de vigas en la dirección Este-Oeste (dirección larga de la edificación).

De los planos estructurales se han obtenido la cantidad de cabillas en las distintas partes de cada una de las vigas de la edificación, como se muestra a continuación. Se han enumerado cada una de ellas, donde se puede observar que hay vigas con igual armado (las indicadas con n3, en las tablas). En la tabla a continuación, se muestran las cabillas presentes en las vigas del nivel 1 de la edificación, donde se ha indicado con “Cabillas longitudinales Edificación Construida” a las cabillas presentes en los planos estructurales correspondientes a cada una de las vigas, y se ha indicado con “As longitudinal Colocado cm²” al valor en cm² correspondiente al número y diámetro de las cabillas indicadas en cada caso.

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas longitudinales Edificación Construida	Estribos	"As" longitudinal Colocado cm^2
1-V2 (A-G) n1 (40 x 80)	A	1F1" + 2F3/4" + 2F1/2"	F1/4"C/.25	13,31
	A-C	5F1"		25,34
	C	5F1"+ 2F1/2"		27,87
	C-F	2F3/4"		5,70
	F	2F1"+2F1/2"		12,67
	F-G	1F1"+ 2F3/4"		10,77
	G	1F1" + 2F1/2"		7,60
1-V3 (A-G) n2 (40 x 80)	A	5F1"	F1/4"C/.25	25,34
	A-C	3F1"+ 2F1/2"		17,73
	C	13F1"		65,87
	C-D	2F1"		10,13
	D	13F1"		65,87
	D-G	8F1"+ (2F3/8")		42,54
	G	5F1" + 2F1/2"		27,87
1-V4(A-G) 1-V5(A-G) 1-V6(A-G) 1-V7(A-G) 1-V8(A-G) n3 (40 x 80)	A	5F1" + 2F1/2"	F1/4"C/.25	27,87
	A-C	10F1"		50,67
	C	5F1"		25,34
	C-D	2F5/8" + (2F3/8")		5,38
	D	5F1"		25,34
	D-G	10F1"		50,67
	G	5F1"		25,34
1-V9 (A-G) n4 (40 x 80)	A	1F1" + 2F3/4" + 2F1/2"	F1/4"C/.25	13,30
	A-B	3 F1"		15,20
	B	8 F1"		40,54
	B-E	3 F1"		15,20
	E	8 F1"		40,54
	E-G	5F1"		25,34
	G	2F1" + 2F1/2"		12,67

Tabla 6: Acero colocado en vigas del Nivel 1

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas longitudinales Edificación Construida	Estribos	"As" longitudinal Colocado cm^2
1-V10 (A-G) n5 (40 x 60)	A	4F1/2"	F 1/4"C/.25	5,07
	A-B	4F1/2"		5,07
	B	3F1" + 4F1/2"		20,27
	B-E	4F1"		20,27
	E	7 F1"		35,47
	E-G	4F1"		20,27
	G	2F1" + 2F1/2"		12,67
1-V11 (A-G) n6 (25 x 75)	A	2F5/8"	F 1/4"C/.25	3,96
	A-C	4F1"		20,27
	C	2F1"+ 2F3/4"		15,83
	C-D	2F5/8"		3,96
	D	2F1"+ 2F3/4"		15,83
	D-G	4F1"		20,27
	G	2F1"+ 4F5/8"		18,05
1-V12 (A-G) n7 (40 x 65)	A	4F1" + 2F5/8"	F 1/4"C/.25	24,23
	A-C	4F1" + 2F5/8"		24,23
	C	4F1" + 2F5/8"		24,23
	C-D	2F5/8"		3,96
	D	4F1" + 2F5/8"		24,23
	D-G	4F1" + 2F5/8"		24,23
	G	4F1" + 2F5/8"		24,23
1-V13 (A-G) n8 (40 x 50)	A	4F1" + 3F5/8"	F 1/4"C/.25	26,21
	A-C	4F1" + 3F5/8"		26,21
	C	2F1" + 3F5/8"		16,07
	C-D	2F5/8"		3,96
	D	2F1" + 3F5/8"		16,07
	D-G	2F1" + 3F5/8"		16,07
	G	2F1" + 3F5/8"		16,07

Continuación Tabla 6: Acero colocado en vigas del Nivel 1

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas longitudinales Edificación Construida	Estribos	"As" longitudinal Colocado cm^2
1-VC (1-2) n9 (40 x 65)	1	9F1"	F1/4"C/.25	45,60
	1--2	13F1"		65,87
	2	4F1" + 2F1/2"		22,80
1-VF(1-2) n10 (40 x 65)	1	8F1"	F1/4"C/.25	40,54
	1--2	14F1"		70,94
	2	6F1"		30,40

Continuación Tabla 6: Acero colocado en vigas del Nivel 1

En la siguiente tabla se muestran las cabillas que poseen las vigas del Nivel 2 de la edificación.

NIVEL 2 (Techo) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas longitudinales Edificación Construida	Estribos	"As" long. Colocado cm^2
2-V1 (A-G) n1 (40x50)	A	6F1"	F1/4"C/.25	30,40
	A-C	6F1"		30,40
	C	7F1"		35,47
	C-F	2F1"		10,13
	F	4F1"		20,27
	F-G	2F1/2"		2,53
	G	2F1"+2F1/2"		12,67
2-V2 (A-G) n2 (40x50)	A	5F1" + 2F1/2"	F1/4"C/.20	27,87
	A-C	9F1"		45,60
	C	10F1"		50,67
	C-F	3F1"		15,20
	F	2F1"+2F1/2"		12,67
	F-G	5F1"		25,34
	G	3F1" + 2F1/2"		17,73
2-V3 (A-G)	A	5F1"	F1/4"C/.25	25,34
2-V4 (A-G)	A-C	7F1"		35,47
2-V5 (A-G)	C	9F1"		45,60
2-V6 (A-G)	C-D	3F1"		15,20
2-V7 (A-G)	D	9F1"		45,60
2-V8 (A-G)	D-G	7F1"		35,47
n3 (40x60)	G	4F1" + 2F1/2"		22,80
2-V9 (A-G) n4 (40x60)	A	4F1"	F1/4"C/.25	20,27
	A-B	4 F1"		20,27
	B	6 F1"		30,40
	B-E	2 F1"		10,13
	E	7 F1"		35,47
	E-G	5F1"		25,34
	G	1F1" + 2F1/2"		12,67

Tabla 7: Acero colocado en las vigas del Nivel 2

NIVEL 2 (Techo) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas longitudinales Edificación Construida	Estribos	"As" long. Colocado cm^2
2-V10 (A-G) n5 (40x45)	A	4F7/8" + 2F1/2"	F 1/4"C/.25	18,05
	A-B	4F7/8"		15,52
	B	3F1" + 1F7/8" + 2F1/2"		21,61
	B-E	2F7/8"		7,76
	E	5 F1" + 2F1/2"		27,87
	E-G	4F1"		20,27
	G	1F1" + 2F1/2"		7,60
2-V11 (A-G) n6 (25x60)	A	2F5/8"	F 1/4"C/.25	3,96
	A-C	2F1" + 2F7/8"		17,89
	C	2F7/8" + 2F1/2"		10,29
	C-D	2F5/8"		3,96
	D	4F1"		20,27
	D-G	4F1"		20,27
	G	2F1" + 2F5/8"		14,09
2-V12 (A-G) n7 (40x60)	A	3F1" + 4F5/8"	F 1/4"C/.25	23,12
	A-C	3F1"		15,20
	C	4F1" + 2F5/8"		24,23
	C-D	2F5/8"		3,96
	D	4F1" + 2F5/8"		24,23
	D-G	2F5/8"		3,96
	G	4F1" + 2F5/8"		24,23
2-V13 (A-G) n8 (40x50)	A	3F1" + 2F3/4"	F 1/4"C/.25	20,90
	A-C	3F1"		15,20
	C	3F1" + 2F3/4"		20,90
	C-D	2F5/8"		3,96
	D	3F1" + 2F3/4"		20,90
	D-G	2F1" + 3F5/8"		16,07
	G	3F1" + 2F3/4"		20,90

Continuación Tabla 7: Acero colocado en las vigas del Nivel 2

En las siguientes figuras se muestran las vigas, con su respectiva enumeración, que sirven de guía para la exploración con el Ferroskan.

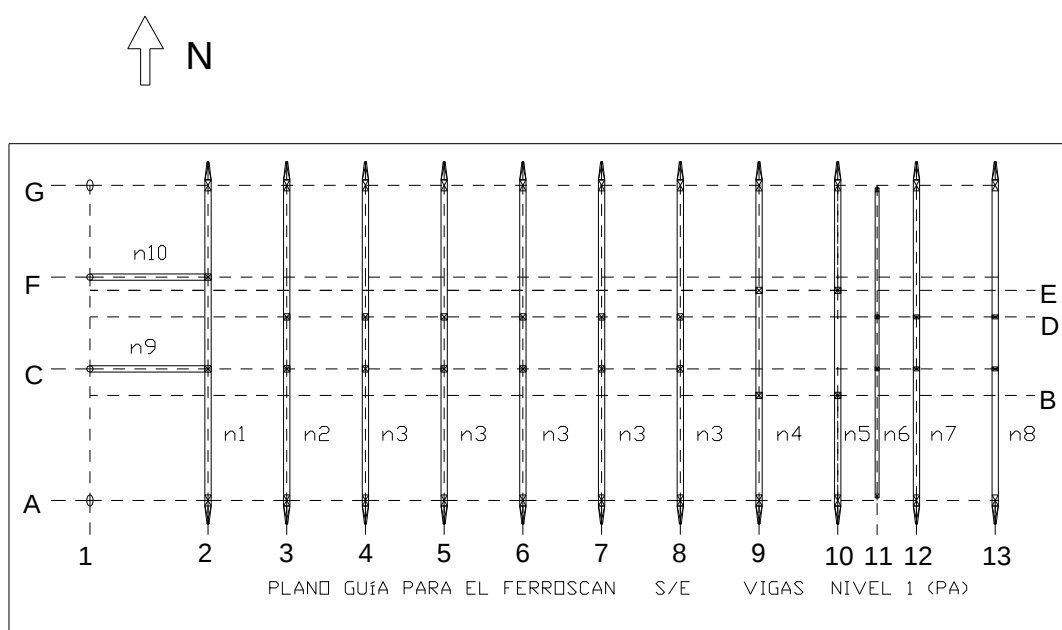


Figura 10: Plano guía, vigas del Nivel 1

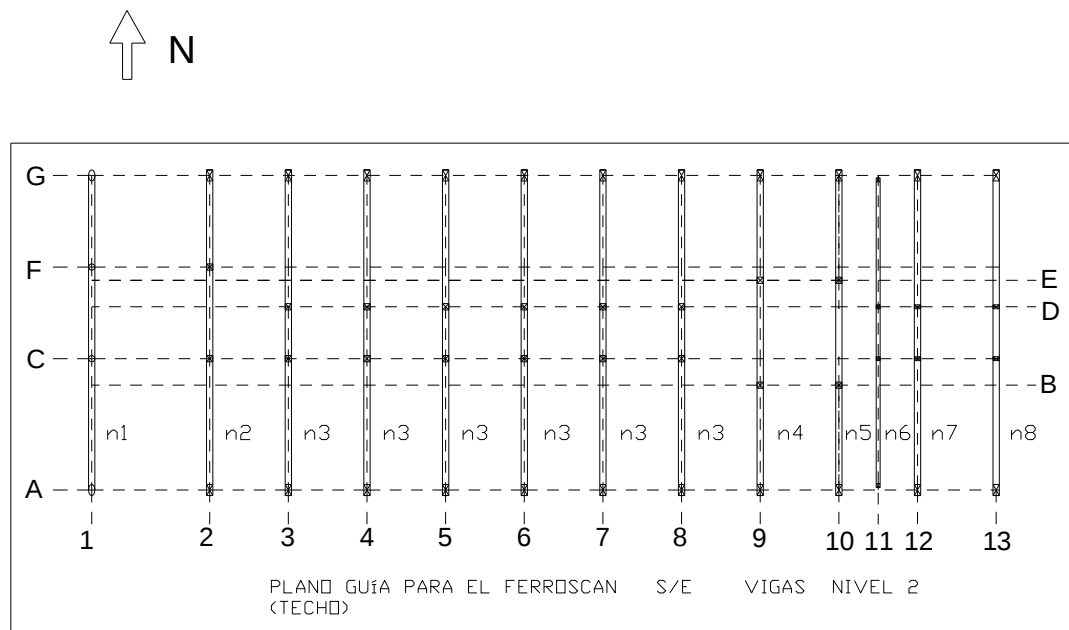


Figura 11: Plano guía, vigas del Nivel 2

IV.1.3 Columnas

En la edificación se encuentran columnas de forma rectangular, cuadradas y elípticas, con las dimensiones que se muestran a continuación.

Columnas	Nivel	f'c=200 kgf/cm ²		fy=2800 kgf/cm ²	
		Tipo	Dimensiones (cm×cm)	Cabillas	
				Armadura	Ligadura
A1,G1 n1	PB	Elíptica	40 - 70	12 F 5/8"	F 3/8" C/.25
	PA			12 F 5/8"	F 3/8" C/.25
A2,A3,A4, A5,A6,A7, A8,A9,A10, G2,G3,G4, G5,G6,G7, G8,G9,G10 n2	PB	Rectangular	40 x 70	6 F 7/8"	F 3/8" C/.25
	PA			6 F 7/8"	F 3/8" C/.25
A12, A13, G12,G13 n3	PB	Rectangular	40 x 70	8 F 7/8"	2F 3/8" C/.25
	PA			8 F 7/8"	2F 3/8" C/.25
B9,B10,C2, C3,C4,C5, C6, C7, C8, D3,D4,D5, D6,D7,D8, E9,E10,F2 n4	PB	Cuadrada	40 x 40	8 F 3/4"	F 3/8" C/.25
	PA			4 F 3/4"	F 1/4" C/.30
C1,F1 n5	PB	Circular	F 40	6 F 7/8"	F 3/8" C/.25
	PA				
C11, D11, A11, G11 n6	PB	Cuadrada	25 x 25	4 F 7/8"	F 3/8" C/.25
	PA			4 F 7/8"	F 3/8" C/.25
C12, D12 n7	PB	Rectangular	25 x 40	4 F 7/8"	F 1/4" C/.25
	PA			4 F 7/8"	F 1/4" C/.25
C13, D13 n8	PB	Rectangular	25 x 40	8 F 1"	F 3/8" C/.25
	PA			4 F 3/4"	F 3/8" C/.25
Escaleras n9	-	Circular	45	8 F 1 1/8"	F 3/8" C/.20

Tabla 8: Columnas de la edificación

A continuación se muestra el plano guía de las columnas de la edificación:

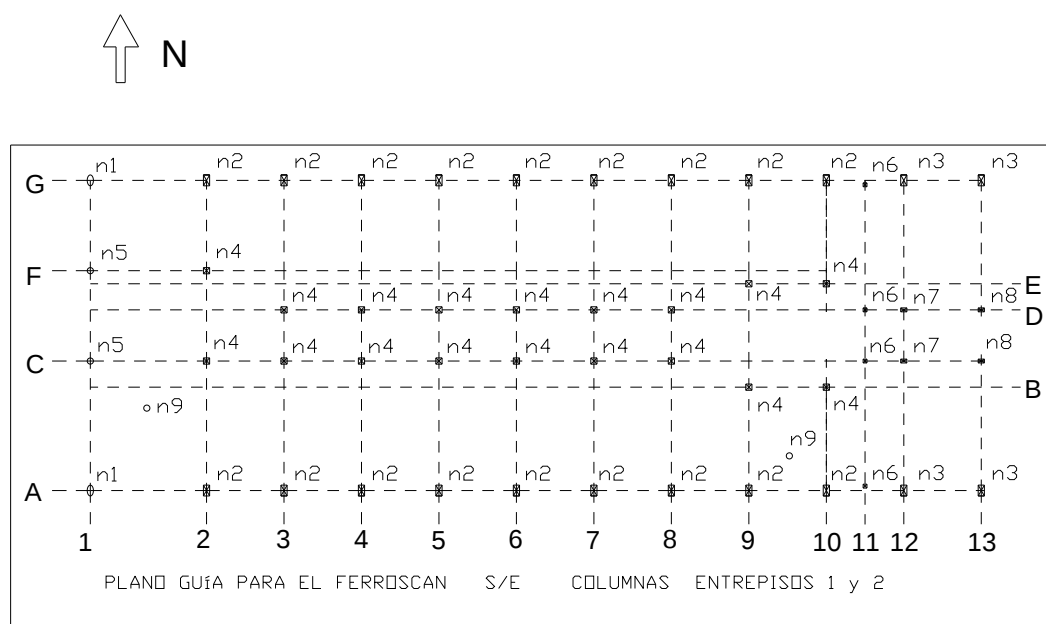


Figura 12: Plano guía, columnas

IV.2 Detección de acero de refuerzo

Para comparar las áreas de acero proporcionadas por los planos estructurales con aquella efectivamente utilizada en la construcción, se procedió a utilizar un detector de acero de refuerzo (sistema Ferroskan FS10), para explorar algunos elementos estructurales representativos de la edificación. El sistema Ferroskan FS10 se utilizó con la asistencia del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), quienes proporcionaron el personal y equipo necesario.

IV.2.1 Características del equipo Ferroskan FS10

El detector de acero de refuerzo Ferroskan FS10 es capaz de detectar cabillas, sus diámetros y la orientación de las mismas, que están contenidas dentro de un elemento de concreto. El equipo utilizado posee una sonda de evaluación (scanner RS10) conectado a un módulo de evaluación (monitor RV10).

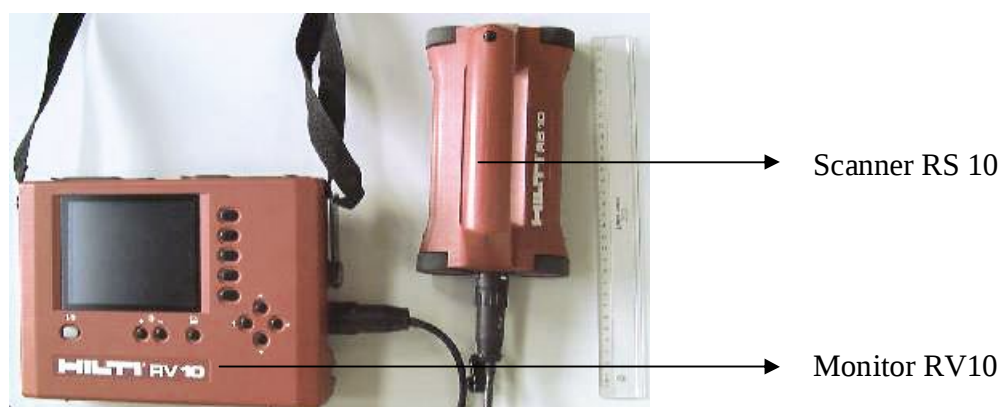


Figura 13: Sistema de Ferroskan FS10

⁽³⁾ El sistema se puede emplear en dos modalidades; para realizar una detección rápida, o para explorar una imagen. El primer modo permite detectar la presencia de acero en la dirección perpendicular a la cual se realiza la exploración, indicando la profundidad a la cual se encuentra el mismo.

La exploración de una imagen permite realizar una radiografía en una zona de 600x600mm, empleando como guía para la colocación de la sonda un papel cuadriculado suministrado junto con el equipo. La zona cuadriculada debe ser explorada en dos direcciones perpendiculares entre sí para poder percibir una imagen. Al utilizar esta modalidad, en el monitor se refleja una cuadrícula con las mismas características que las del papel de referencia, de manera tal, que el sistema va indicando en la pantalla la posición inicial del scanner. Se obtienen resultados más óptimos cuando el eje del papel cuadriculado queda paralelo al refuerzo.

Una vez realizada la exploración de toda el área, se refleja la imagen detectada en el monitor, donde se puede observar la disposición del refuerzo, y por medio de distintas funciones del equipo es posible determinar el diámetro y la profundidad del mismo. La unidad del diámetro depende de la calibración del equipo, el cual puede expresarlo según las unidades estándar de la norma ACI o en milímetros.



Figura 14. Operador realizando detección rápida en columna



Figura 15. Operador realizando detección rápida en viga

IV.2.2 Información obtenida con el sistema Ferrosan FS10

Para el análisis se tomó una muestra representativa de la edificación, tomando elementos en la parte correspondiente a la entrada de la estructura, como elementos en la denominada nueva estructura en los planos, que corresponde a los ejes 11, 12 y 13. Se realizó la detección rápida en 11 elementos estructurales, 8 columnas y 3 vigas. Las columnas fueron las: A1, A2, A12, B9, C1, C8, C13 y la columna de la escalera externa. Las vigas escaneadas fueron la 1-V11(A-G), 1-V12(A-G) y la viga 2-V8(A-G).

En el caso de las columnas se pudo determinar y comprobar el número de cabillas longitudinales (cabillas de armadura) y de ligaduras que poseen las columnas respecto a los planos estructurales, como indicado en la siguiente tabla resumen (tabla 9):

Columna	Tipo	Cabillas Longitudinales detectadas	Ligaduras detectadas	Observaciones
A1	Elíptica	12	C / .25	Columna completamente expuesta al aire libre. El armado colocado corresponde al armado indicado en los planos estructurales
A2	Rectangular	3 en el lado mayor, 2 en el lado menor	C / .25	Parcialmente expuesta al aire. se detectaron las tres cabillas de la cara más larga expuesta al aire libre y dos cabillas de la cara perpendicular también expuesta al aire, comprobando la ubicación de estas cabillas como indicado en los planos estructurales; para un total de 6 cabillas
A12	Rectangular	3 cabillas en una cara, 3 cabillas en otra cara perpendicular a la anterior	C / .25	Parcialmente expuesta al aire libre, se detectaron 3 cabillas en una cara y otras 3 en la cara perpendicular, dando las ubicaciones que corresponde según los planos estructurales. Esta columna posee un total de 8 cabillas
B9	Cuadrada	8 cabillas en la planta baja y 4 cabillas en la planta alta	C / .25	3 caras expuestas al aire. El armado colocado corresponde al armado indicado en los planos estructurales
C1	Circular	6	C / .25	Totalmente expuesta al aire. El armado colocado corresponde al armado indicado en los planos estructurales
C8	Cuadrada	4	C / .25	Totalmente expuesta al aire. El armado colocado corresponde al armado indicado en los planos estructurales
C13	Rectangular	3 en una cara	C / .25	Media columna expuesta al aire. Se detectaron 3 cabillas que corresponden a la ubicación de las mismas en los planos, ya que ésta posee 3 cabillas en correspondencia de cada cara.
C Esc	Circular	8	C / .25	Completamente expuesta al aire libre. Las columnas de las escaleras interna o externa son iguales, se ha escaneado la de la escalera externa, y se obtuvieron 8 cabillas

Tabla 9: Tabla resumen cabillas detectadas en columnas.

En todas las columnas se comprobó la separación entre las ligaduras.

Debido a un problema de calibración del equipo no fue posible determinar los diámetros de las cabillas escaneadas.

A continuación, en la siguiente tabla, se presentan los resultados obtenidos para las vigas, en todas se verificó la separación entre estribos, y la ubicación de las cabillas, tal como indicado en los planos estructurales.

Viga	Dimensiones (cm x cm)	Cabillas detectadas	Observaciones
1-V11(A-G)	25 x 75	Se obtuvo en correspondencia de los apoyos 4 cabillas en la cara lateral y 2 cabillas en la cara inferior. En el tramo central se detectaron 2 cabillas en la cara lateral, una de las cabillas en la parte inferior (zona de tracción) y la otra cabilla en la parte superior (zona de compresión). Se detectaron estribos cada 25 cm	Las cabillas corresponden al armado presentado en los planos, pero no se pudieron detectar las cabillas internas, que están alineadas a las cabillas detectadas
1-V12(A-G)	40 x 65	Se obtuvo en correspondencia de los apoyos 2 cabillas en la cara lateral y 2 cabillas en la cara inferior. En el tramo central se detectaron 2 cabillas en la cara lateral, una de las cabillas en la parte inferior (zona de tracción) y la otra cabilla en la parte superior (zona de compresión). Se detectaron estribos cada 25 cm	Las cabillas corresponden al armado presentado en los planos, pero no se pudieron detectar las cabillas internas, que están alineadas a las cabillas detectadas
2-V8 (A-G)	40 x 60	Se obtuvo en correspondencia de los apoyos 2 cabillas en la cara lateral y 2 cabillas en la cara inferior. En el tramo central se detectaron 2 cabillas en la cara lateral, una de las cabillas en la parte inferior (zona de tracción) y la otra cabilla en la parte superior (zona de compresión). Se detectaron estribos cada 25 cm	Las cabillas corresponden al armado presentado en los planos, pero no se pudieron detectar las cabillas internas, que están alineadas a las cabillas detectadas

Tabla 10: Tabla resumen cabillas detectadas en vigas.

IV.2.3 Planilla de levantamiento de daños

Se realizó una planilla de levantamiento de daños versátil, que puede adaptarse a columnas, vigas, losas, paredes u otros elementos de mampostería. La planilla usada es la siguiente.

PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

ESTRUCTURA EN ESTUDIO: EDIFICIO SEDE DE LAB. CIENCIAS

Planilla Nº : /

Tipo de miembro estructural:				losa	columna	viga	
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de acabado	Daño			Fachada
				Tipo		Nivel	
				Humedad			
				Poros			
				Capa Vegetal			
				D.M.			
				Humedad			
				Poros			
				Capa Vegetal			
				D.M.			
				Humedad			
				Poros			
				Capa Vegetal			
				D.M.			
				Humedad			
				Poros			
				Capa Vegetal			
				D.M.			

Tabla 11: Planilla de registro para levantamiento de daños

CAPÍTULO V. CÁLCULOS Y RESULTADOS

V.1 Protocolo de recálculo

A la fecha de hoy, las normas venezolanas vigentes COVENIN incorporan criterios distintos a los usados para la fecha de construcción de la edificación. Por esta razón el recálculo consistió en el análisis de la estructura en base a las normas venezolanas COVENIN:

- COVENIN 1753-2006. “Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño”
- COVENIN 2002-1988. “Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones”
- COVENIN 1756-2001. “Edificaciones Sismorresistentes”

En una primera fase del recálculo se realizó un predimensionamiento en función de las cargas verticales estáticas (no dinámico-sísmicas) en función de las normas actuales. El objetivo de este procedimiento es acentuar las diferencias proporcionadas por las normas actualmente vigentes respecto a los criterios usados para la fecha de elaboración de la edificación. En una segunda fase del análisis se realizó un Análisis Dinámico Espacial con la ayuda de un programa asistido por computador, en donde se determinó el acero de refuerzo requerido en los elementos estructurales. Igualmente se estudiaron parámetros del análisis dinámico, como son el período de la estructura y los desplazamientos.

V.1.1 Cargas consideradas

La Norma Covenin 2002-88 indica que se deben considerar las siguientes acciones:

Cargas Permanentes (CP)

Son las cargas correspondientes al peso propio de la edificación dadas por los pesos de los elementos estructurales, losas, tabiquería y mampostería como muros baranda, asientos de concreto permanentes en la edificación y parasoles de concreto. Para el caso de la edificación en estudio. Estos valores se han calculado a través de los planos arquitectónicos y estructurales, con los valores de densidad del concreto y elementos de mampostería como indicado en la sección análisis de carga.

Cargas variables (CV)

Esta carga se ha estandarizado en función del uso de la edificación según la Tabla 5.1 de la Norma “Criterios y Acciones Mínimas”. Dando como resultado una carga variable de 300kgf/m^2 para el Nivel 1, y una carga variable del Nivel 2 de 100kgf/m^2 .

Acciones accidentales (S)

La Norma Covenin 1756-01 trata la acción del sismo a través de los parámetros correspondientes al espectro de diseño. El Capítulo 12 de esta norma trata del análisis de edificaciones existentes. En la sección 12.3.2 la norma indica que en el caso de estructuras aporticadas, que carezcan de vigas en alguna dirección principal, se adoptará el Tipo IV a menos que pueda incorporarse la colaboración parcial de la losa de piso, en cuyo caso se puede tomar como Tipo I pero con Nivel de Diseño ND1 y factor de reducción de respuesta igual a 1 ($R=1$). El espectro de diseño para el caso de la edificación corresponde al indicado en el Capítulo 7 de esta norma, considerando los siguientes valores:

Zona Sísmica (Tabla 4.2)	5	Coeficiente de aceleración horizontal (Tabla 4.1)		$A_0 = 0,30$
Grupo (Art. 6.1)	B2	Factor de Importancia (Tabla 6.1)		$\alpha = 1,0$
Tipo de Estructura (Art. 6.2)	I	Nivel de Diseño (Capítulo 12)		$ND = 1$
Forma espectral (Tabla 5.1)	S1	$T^* = 0,10 \text{ seg}$	$b = 2,4$	$p = 1,0$
Factor de Reducción de Respuesta (sección 6.3.1)			$R = 1$	$T^* = 0,4$

Tabla 12: Valores de los parámetros del espectro de diseño.

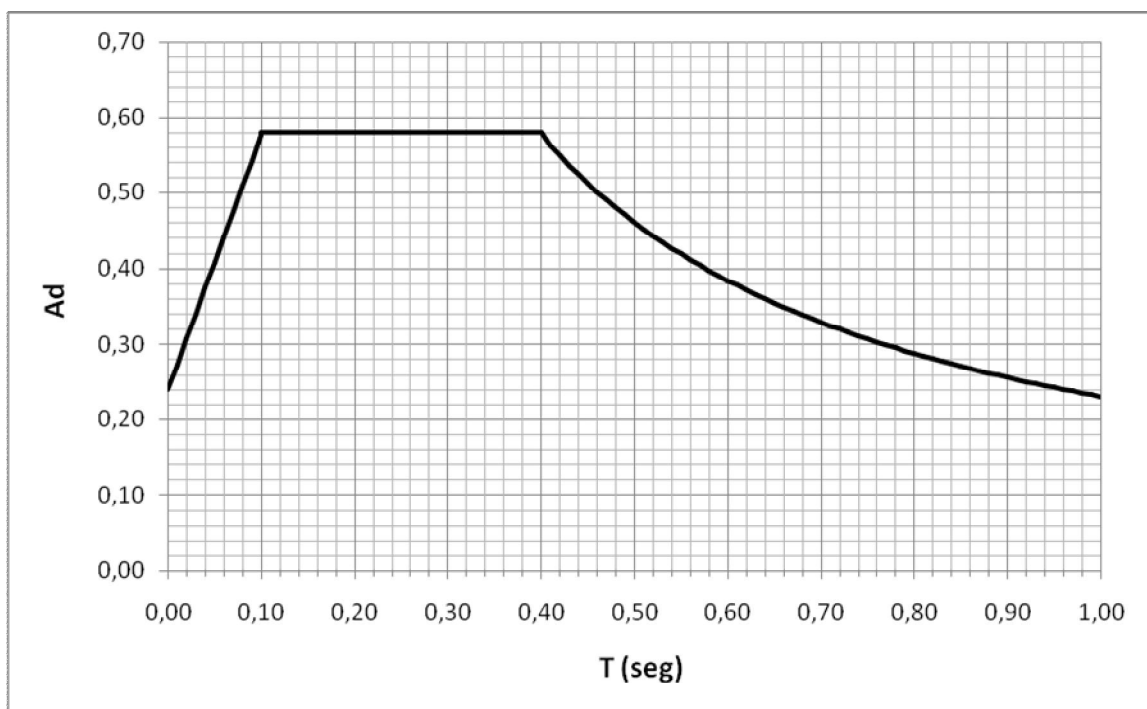


Figura 16. Espectro de diseño

V.1.2 Combinaciones de carga

En función de lo establecido en el Capítulo 9 de la Norma Covenin 1753-2006, se han tomado las siguientes combinaciones:

Combinación 1:

$$1,4 \text{ CP}$$

Combinación 2:

$$1,2 \text{ CP} + 1,6 \text{ CV} + 0,5 \text{ CVt}$$

Combinación 3:

$$1,2 \text{ CP} + 0,5 \text{ CV} + 1,6 \text{ CVt}$$

Combinación 4:

$$1,2 \text{ CP} + 0,5 \text{ CV} + S_x + 0,3 S_y$$

Combinación 5:

$$1,2 \text{ CP} + 0,5 \text{ CV} + S_y + 0,3 S_x$$

Combinación 6:

$$0,9 \text{ CP} + S_x + 0,3 S_y$$

Combinación 7:

$$0,9 \text{ CP} + S_y + 0,3 S_x$$

V.2 Análisis de carga

V.2.1 Cálculo de tabiquería

Paredes de manpostería de bloques de arcilla frisadas por ambas caras

Espesor (cm)	Peso (kg/m ²)
12	200
19	279

$$\text{Carga por tabiquería} = \frac{((h_{\text{pared}} \times \text{Long. Pared}) + \text{Área}_{\text{dintel}}) * \text{Peso pared}}{\text{Área}_{\text{losa}}}$$

Entrepiso 1 (PB hasta PA)

$$h_{\text{pared}} = 3,20 \text{ m} \quad h_{2\text{pared}} = 3,70 \text{ m}$$

Paredes de 12cm de espesor

$$\text{Long. Pared} = 168,81 \text{ m}$$

Paredes de 19cm de espesor

$$\text{Long. Pared} = 125,72 \text{ m}$$

Dinteles

$$\begin{aligned} h_{\text{dintel}} &= 1,60 \text{ m} \\ \text{ancho}_{\text{dintel}} &= 1,42 \text{ m} \\ \text{espesor de pared}_{\text{dintel}} &= 0,12 \text{ m} \\ \text{N}^{\circ} \text{ de dinteles en losa} &= 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\text{dintel}} &= 1,6 \text{ m} \\ \text{ancho}_{\text{dintel}} &= 1,06 \text{ m} \\ \text{espesor de pared}_{\text{dintel}} &= 0,12 \text{ m} \\ \text{N}^{\circ} \text{ de dinteles en losa} &= 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\text{dintel}} &= 1,6 \text{ m} \\ \text{ancho}_{\text{dintel}} &= 0,86 \text{ m} \\ \text{espesor de pared}_{\text{dintel}} &= 0,12 \text{ m} \\ \text{N}^{\circ} \text{ de dinteles en losa} &= 5 \end{aligned}$$

Área de la losa PB

$$\begin{aligned}\text{ancho} &= 20,00 \text{ m} \\ \text{largo} &= 50,00 \text{ m} \\ A &= a \times l \\ A &= 1000,00 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Carga por tabiquería:

$$\frac{3,20 \times (168,81 \times 200 + 125,72 \times 279) + 2 \times (1,6 \times 1,42) \times 200 + 10 \times (1,6 \times 1,06) \times 200 + 5 \times (1,6 \times 0,86) \times 200 + 3,70 \times 20}{1000,00}$$

Carga por tabiquería = 226 kgf/m² Entrepiso 1 PB-PA

Entrepiso 2 (PA hasta Techo)

$$h_{\text{pared}} = 3,65 \text{ m} \quad h_{2\text{pared}} = 3,15 \text{ m}$$

Paredes y Parasoles de 12cm de espesor

$$\text{Long. Pared} = 186,19 \text{ m}$$

Paredes de 19cm de espesor

$$\text{Long. Pared} = 128,17 \text{ m}$$

Dinteles

$$\begin{aligned}h_{\text{dintel}} &= 1,55 \text{ m} \\ \text{ancho}_{\text{dintel}} &= 1,42 \text{ m} \\ \text{espesor de pared}_{\text{dintel}} &= 0,12 \text{ m} \\ \text{N}^{\circ} \text{ de dinteles en losa} &= 2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_{\text{dintel}} &= 1,55 \text{ m} \\ \text{ancho}_{\text{dintel}} &= 1,06 \text{ m} \\ \text{espesor de pared}_{\text{dintel}} &= 0,12 \text{ m} \\ \text{N}^{\circ} \text{ de dinteles en losa} &= 13\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_{\text{dintel}} &= 1,55 \text{ m} \\ \text{ancho}_{\text{dintel}} &= 0,86 \text{ m} \\ \text{espesor de pared}_{\text{dintel}} &= 0,12 \text{ m} \\ \text{N}^{\circ} \text{ de dinteles en losa} &= 6\end{aligned}$$

Área de la losa PA

$$\begin{aligned}\text{ancho} &= 20,00 \text{ m} \\ \text{largo} &= 50,00 \text{ m} \\ A &= a \times l \\ A &= 1000,00 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Carga por tabiquería:

$$\frac{3,15 \times (186,19 \times 200 + 128,27 \times 279) + 2 \times (1,55 \times 200) + 13 \times (1,55 \times 200) + 6 \times (1,55 \times 200) + 3,65 \times 20}{1000,00}$$

$$\text{Carga por tabiquería} = 273 \text{ kgf/m}^2 \quad \text{Entrepiso 2} \quad \text{PA-Techo}$$

Techo

brocales

$$\begin{aligned}h \text{ brocal} &= 0,80 \text{ m} \\ \text{ancho broc} &= 0,10 \text{ m} \\ \text{long. Brocal} &= 167,60 \text{ m} \\ P.\text{concreto} &= 2340 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Área de la losa

$$\begin{aligned}\text{ancho} &= 23,90 \text{ m} \\ \text{largo} &= 59,90 \text{ m} \\ A &= a \times l \\ A &= 1431,61 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Carga por tabiquería} = \frac{2400 \times 0,80 \times 0,10 \times 167,60}{1431,61}$$

$$\text{Carga por tabiquería} = 22 \text{ kgf/m}^2$$

V.2.2 Determinación peso de losas

Determinación del peso unitario de concreto:

Concreto 200 kgf/cm² Trabajabilidad baja

Compuesto	Peso kg	Vol. lts
cemento	270,00	81,00
agua	187,92	187,92
arena	466,69	175,45
grava	1481,85	555,00
Suma	2406	1000

Concreto 200 kgf/cm² Trabajabilidad alta

Compuesto	Peso kg	Vol. lts
cemento	410,00	123,00
agua	285,36	285,36
arena	377,72	142,00
grava	1201,50	450,00
Suma	2274	1000

Promedio entre 2406 kgf/m³ y 2274 kgf/m³ --> P concreto = 2340 kgf/m³

Tabla 13: Peso unitario del concreto

Losa Nivel 1 (PA) (nervada e = 20cm)

<u>Carga Permanente</u>		<u>Carga</u>
Peso Loseta	2340kg/m ³ *0,05m=	117 kgf/m ²
Peso del nervio	(0,15m)*(0,1m)*(2340Kg/m ³)*2=	70,2 kgf/m ²
Peso bloques de arcilla	10bloques*(7Kg)	70 kgf/m ²
Acabado superior (cerámica sobre mortero de 2cm espesor)		70 kgf/m ²
Acabado inferior (friso)		33 kgf/m ²
Tabiquería (bloques de arcilla, frisada por ambas caras)		273 kgf/m ²
Σ = CP =		633 kgf/m²
<u>Carga Variable</u>		
Edificaciones educacionales (pag 33. 2002-88)	Σ = CV =	300 kgf/m²
CP + CV =		933 kgf/m²

	CP	CV	FM= 1,50
Factores de seguridad	1,4	1,7	

Losa Terraza Escalera Nivel 1 (PA) (maciza 18cm)

<u>Carga Pemanente</u>		<u>Carga</u>
Peso losa maciza 18cm		421,2 kgf/m ²
Acabado superior (cerámica sobre mortero de 2cm espesor)		70 kgf/m ²
Acabado inferior (friso)		33 kgf/m ²
	Σ= CP =	524 kgf/m²
<u>Carga Variable</u>		
Edificaciones educacionales (pag 33. 2002-88)	Σ= CV =	300 kgf/m²
	CP + CV =	824 kgf/m²

$$FM= 1,51$$

Losa Nivel 2: Losa de Techo (nervada e = 20cm)

<u>Carga Pemanente</u>		<u>Carga</u>
Peso Loseta	2340kg/m ³ *0,05m=	117 kgf/m ²
Peso del nervio	(0,15m)*(0,1m)*(2340Kg/m ³)*2=	70,2 kgf/m ²
Peso bloques de arcilla	10bloques*(7Kg)	70 kgf/m ²
Impermeabilización (incluye mortero base)		60 kgf/m ²
Acabado inferior (friso)		33 kgf/m ²
Tabiquería (brocales)		22 kgf/m ²
	Σ= CP =	372 kgf/m²
<u>Carga Variable</u>		
Techo sin acceso (pag 33. 2002-88)	Σ= CV =	100 kgf/m²
	CP + CV =	540 kgf/m²

$$FM= 1,28$$

LEsc--> Losa de escalera interna: Descanso

<u>Carga Pemanente</u>		<u>Carga</u>
Losa maciza 18cm	$2340\text{Kg/m}^3 * 0,18\text{m} =$	562 kgf/m ²
Acabado superior (cerámica)		70 kgf/m ²
Acabado inferior (friso)		33 kgf/m ²
	$\Sigma = CP =$	665 kgf/m²
<u>Carga Variable</u>		
Escaleras ed. educacionales (pág. 33. 2002-88)	$\Sigma = CV =$	500 kgf/m²
<i>Qtotal LP-1</i>	<i>CP + CV =</i>	<i>1165 kgf/m²</i>

FM= 1,53

LEsc--> Losa de escalera: Rampa

<u>Carga Pemanente</u>		<u>Carga</u>
Peso Propio	$(2340\text{kg/m}^3 * 0,18\text{m}) / \cos\alpha =$	709 kgf/m ²
Escalones	$(0,3 * 0,18 * 3,33 * 2500) / 2 =$	205 kgf/m ²
Acabado superior (granito artificial)		100 kgf/m ²
Acabado inferior (friso)	$(2200\text{kg/m}^3 * 0,015\text{m}) / \cos\alpha =$	41,7 kgf/m ²
	$\Sigma = CP =$	1055 kgf/m²
<u>Carga Variable</u>		
Escaleras ed. educacionales (pág. 33. 2002-88)	$\Sigma = CV =$	500 kgf/m²
<i>Qtotal LEsc-1</i>	<i>CP + CV =</i>	<i>1555 kgf/m²</i>

FM= 1,50

Sobrecarga permanente N1 (nervada) para el cálculo por computador

Peso bloques de arcilla	10bloques*(7Kg)	70 kgf/m ²
Acabado superior (cerámica sobre mortero de 3cm espesor)		80 kgf/m ²
Acabado inferior (friso)		33 kgf/m ²
Tabiquería (bloques de arcilla, frisada por ambas caras)		273 kgf/m ²
Σ CP =		456 kgf/m²

Sobrecarga permanente losa maciza terraza N1 para el cálculo por computador

Acabado superior (cerámica sobre mortero de 2cm espesor)	70 kgf/m ²
Acabado inferior (friso)	33 kgf/m ²
Σ = CP =	103 kgf/m²

Sobrecarga permanente losa nervada N2 para el cálculo por computador

Peso bloques de arcilla	10bloques*(7Kg)	70 kgf/m ²
Impermeabilización (incluye mortero base)		60 kgf/m ²
Acabado inferior (friso)		33 kgf/m ²
Tabiquería (brocales)		22 kgf/m ²
Σ CP =		185 kgf/m²

V.2.3 Análisis cargas sobre vigas

Se ha realizado el análisis por separado por carga permanente y por carga variable, en la columna carga total (CT) se indica la sumatoria por efecto de carga permanente y por carga total.

Nivel 1 (PA)

Losa nervada en una dirección

$$\begin{array}{llll} \text{CP} = & 633 & \text{kg/m}^2 & \text{FM} = 1,50 \\ \text{CV} = & 300 & \text{kg/m}^2 & \end{array}$$

A continuación se presentan dos tablas, que indican las solicitaciones debidas a cargas permanentes y variables sobre las vigas del Nivel 1 de la edificación.

En la siguiente tabla se reportan las solicitaciones debidas a cargas permanentes sobre las vigas del Nivel 1.

Viga	Tramo	Luz (m)	Ancho área tr. (m)	Carga 1. kgf/m ²	Carga 2 kgf/m ²	Peso Viga (kgf/m)	CP kgf/m	CT kgf/m
1-V2 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	2,50	633	0	749	2331	3081
	C-F	5,82	2,50	633	524	749	2855	3605
	F-G	5,83	2,50	633	0	749	2331	3081
1-V3 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
	C-D	3,30	5,00	633	0	749	3914	5414
	D-G	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
1-V4 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
	C-D	3,30	5,00	633	0	749	3914	5414
	D-G	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
1-V5 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
	C-D	3,30	5,00	633	0	749	3914	5414
	D-G	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
1-V6 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
	C-D	3,30	5,00	633	0	749	3914	5414
	D-G	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
1-V7 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
	C-D	3,30	5,00	633	0	749	3914	5414
	D-G	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
1-V8 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
	C-D	3,30	5,00	633	0	749	3914	5414
	D-G	8,35	5,00	633	0	749	3914	5414
1-V9 (A-G) (40 x 80)	A-B	6,67	2,50	633	0	749	2331	3081
	B-E	6,66	5,00	633	0	749	3914	5414
	E-G	6,67	5,00	633	0	749	3914	5414
1-V10 (A-G) (40 x 60)	A-B	6,67	1,25	633	0	562	1353	1728
	B-E	6,66	3,75	633	0	562	2935	4060
	E-G	6,67	3,75	633	0	562	2935	4060
1-V11 (A-G) (25 x 75)	A-C	8,35	2,50	633	0	439	2021	2771
	C-D	3,30	2,50	633	0	439	2021	2771
	D-G	8,35	2,50	633	0	439	2021	2771
1-V12 (A-G) (40 x 65)	A-C	8,35	3,75	633	0	608	2982	4107
	C-D	3,30	3,75	633	0	608	2982	4107
	D-G	8,35	3,75	633	0	608	2982	4107
1-V13 (A-G) (40 x 50)	A-C	8,35	2,50	633	0	468	2051	2801
	C-D	3,30	2,50	633	0	468	2051	2801
	D-G	8,35	2,50	633	0	468	2051	2801

Tabla 14: Cargas permanentes sobre vigas Nivel 1

Viga	Tramo	Luz (m)	Ancho área tr. (m)	Carga 1. kgf/m ²	Carga 2 kgf/m ²	Peso Viga (kgf/m)	CP kgf/m	CT kgf/m
1-VC(1-2)(40x65)	1--2	7,50	4,41	0	524	608	2919	4242
1-VF(1-2)(40x65)	1--2	7,50	4,91	0	524	608	3181	4654

Continuación Tabla 14: Cargas permanentes sobre vigas Nivel 1

En la siguiente tabla se indican las cargas variables aplicadas sobre las vigas del Nivel 1.

Viga	Tramo	Luz (m)	Ancho área tr. (m)	Carga 1. kgf/m ²	Carga 2 kgf/m ²	CV kgf/m	CT kgf/m
1-V2 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	2,50	300	0	750	3081
	C-F	5,82	2,50	300	0	750	3605
	F-G	5,83	2,50	300	0	750	3081
1-V3 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	300	0	1500	5414
	C-D	3,30	5,00	300	0	1500	5414
	D-G	8,35	5,00	300	0	1500	5414
1-V4 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	300	0	1500	5414
	C-D	3,30	5,00	300	0	1500	5414
	D-G	8,35	5,00	300	0	1500	5414
1-V5 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	300	0	1500	5414
	C-D	3,30	5,00	300	0	1500	5414
	D-G	8,35	5,00	300	0	1500	5414
1-V6 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	300	0	1500	5414
	C-D	3,30	5,00	300	0	1500	5414
	D-G	8,35	5,00	300	0	1500	5414
1-V7 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	300	0	1500	5414
	C-D	3,30	5,00	300	0	1500	5414
	D-G	8,35	5,00	300	0	1500	5414
1-V8 (A-G) (40 x 80)	A-C	8,35	5,00	300	0	1500	5414
	C-D	3,30	5,00	300	0	1500	5414
	D-G	8,35	5,00	300	0	1500	5414
1-V9 (A-G) (40 x 80)	A-B	6,67	2,50	300	0	750	3081
	B-E	6,66	5,00	300	0	1500	5414
	E-G	6,67	5,00	300	0	1500	5414

Tabla 15: Cargas variables sobre vigas Nivel 1

Viga	Tramo	Luz (m)	Ancho área tr. (m)	Carga 1. kgf/m ²	Carga 2 kgf/m ²	CV kgf/m	CT kgf/m
1-V10 (A-G) (40 x 60)	A-B	6,67	1,25	300	0	375	1728
	B-E	6,66	3,75	300	0	1125	4060
	E-G	6,67	3,75	300	0	1125	4060
1-V11 (A-G) (25 x 75)	A-C	8,35	2,50	300	0	750	2771
	C-D	3,30	2,50	300	0	750	2771
	D-G	8,35	2,50	300	0	750	2771
1-V12 (A-G) (40 x 65)	A-C	8,35	3,75	300	0	1125	4107
	C-D	3,30	3,75	300	0	1125	4107
	D-G	8,35	3,75	300	0	1125	4107
1-V13 (A-G) (40 x 50)	A-C	8,35	2,50	300	0	750	2801
	C-D	3,30	2,50	300	0	750	2801
	D-G	8,35	2,50	300	0	750	2801
1-VC(1-2)(40x65)	1--2	7,50	4,41	0	300	1323	4242
1-VF(1-2)(40x65)	1--2	7,50	4,91	0	300	1473	4654

Continuación Tabla 15: Cargas variables sobre vigas Nivel 1

Nivel 2 (Techo)

Losa nervada en una dirección

$$\begin{array}{llll}
 \text{CP} = & 372 & \text{kg/m}^2 & \text{FM} = 1,46 \\
 \text{CV} = & 100 & \text{kg/m}^2 &
 \end{array}$$

A continuación se presentan dos tablas, que indican las solicitaciones debidas a cargas permanentes y variables sobre las vigas del Nivel 2 de la edificación.

En la siguiente tabla se reportan las solicitaciones debidas a cargas permanentes sobre las vigas del Nivel 2.

Viga	Tramo	Long. Tramo (m)	Ancho área tr. (m)	Carga 1. kgf/m ²	Peso Viga kgf/m	CP kgf/m	CT kgf/m
2-V1(A-G) (40x50)	A-C	8,35	6,25	372	468	2793	3418
	C-F	5,82	6,25	372	468	2793	3418
	F-G	5,83	6,25	372	468	2793	3418
2-V2 (A-G) (40 x 50)	A-C	8,35	6,25	372	468	2793	3418
	C-F	5,82	6,25	372	468	2793	3418
	F-G	5,83	6,25	372	468	2793	3418
2-V3 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	372	562	2422	2922
	C-D	3,30	5,00	372	562	2422	2922
	D-G	8,35	5,00	372	562	2422	2922
2-V4 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	372	562	2422	2922
	C-D	3,30	5,00	372	562	2422	2922
	D-G	8,35	5,00	372	562	2422	2922
2-V5 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	372	562	2422	2922
	C-D	3,30	5,00	372	562	2422	2922
	D-G	8,35	5,00	372	562	2422	2922
2-V6 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	372	562	2422	2922
	C-D	3,30	5,00	372	562	2422	2922
	D-G	8,35	5,00	372	562	2422	2922
2-V7 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	372	562	2422	2922
	C-D	3,30	5,00	372	562	2422	2922
	D-G	8,35	5,00	372	562	2422	2922
2-V8(A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	372	562	2422	2922
	C-D	3,30	5,00	372	562	2422	2922
	D-G	8,35	5,00	372	562	2422	2922
2-V9 (A-G) (40 x 60)	A-B	6,67	5,00	372	562	2422	2922
	B-E	6,66	5,00	372	562	2422	2922
	E-G	6,67	5,00	372	562	2422	2922
2-V10 (A-G) (40 x 45)	A-B	6,67	3,75	372	421	1816	2191
	B-E	6,66	3,75	372	421	1816	2191
	E-G	6,67	3,75	372	421	1816	2191
2-V11 (A-G) (25 x 60)	A-C	8,35	2,50	372	351	1281	1531
	C-D	3,30	2,50	372	351	1281	1531
	D-G	8,35	2,50	372	351	1281	1531
2-V12 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	3,75	372	562	1957	2332
	C-D	3,30	3,75	372	562	1957	2332
	D-G	8,35	3,75	372	562	1957	2332

Tabla 16: Cargas permanentes sobre vigas Nivel 2

Viga	Tramo	Long. Tramo (m)	Ancho área tr. (m)	Carga 1. kgf/m ²	Peso Viga kgf/m	CP kgf/m	CT kgf/m
2-V13 (A-G) (40 x 50)	A-C	8,35	3,70	372	468	1844	2214
	C-D	3,30	3,70	372	468	1844	2214
	D-G	8,35	3,70	372	468	1844	2214

Continuación Tabla 16: Cargas permanentes sobre vigas Nivel 2

En la siguiente tabla se indican las cargas variables aplicadas sobre las vigas del Nivel 2.

Viga	Tramo	Long. Tramo (m)	Ancho área tr. (m)	Carga 1. kgf/m ²	CV kgf/m	CT kgf/m
2-V1(A-G) (40x50)	A-C	8,35	6,25	100	625	3418
	C-F	5,82	6,25	100	625	3418
	F-G	5,83	6,25	100	625	3418
2-V2 (A-G) (40 x 50)	A-C	8,35	6,25	100	625	3418
	C-F	5,82	6,25	100	625	3418
	F-G	5,83	6,25	100	625	3418
2-V3 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	100	500	2922
	C-D	3,30	5,00	100	500	2922
	D-G	8,35	5,00	100	500	2922
2-V4 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	100	500	2922
	C-D	3,30	5,00	100	500	2922
	D-G	8,35	5,00	100	500	2922
2-V5 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	100	500	2922
	C-D	3,30	5,00	100	500	2922
	D-G	8,35	5,00	100	500	2922
2-V6 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	100	500	2922
	C-D	3,30	5,00	100	500	2922
	D-G	8,35	5,00	100	500	2922
2-V7 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	100	500	2922
	C-D	3,30	5,00	100	500	2922
	D-G	8,35	5,00	100	500	2922
2-V8(A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	5,00	100	500	2922
	C-D	3,30	5,00	100	500	2922
	D-G	8,35	5,00	100	500	2922
2-V9 (A-G) (40 x 60)	A-B	6,67	5,00	100	500	2922
	B-E	6,66	5,00	100	500	2922
	E-G	6,67	5,00	100	500	2922
2-V10 (A-G) (40 x 45)	A-B	6,67	3,75	100	375	2191
	B-E	6,66	3,75	100	375	2191
	E-G	6,67	3,75	100	375	2191

Tabla 17: Cargas variables sobre vigas Nivel 2

Viga	Tramo	Long. Tramo (m)	Ancho área tr. (m)	Carga 1. kgf/m ²	CV kgf/m	CT kgf/m
2-V11 (A-G) (25 x 60)	A-C	8,35	2,50	100	250	1531
	C-D	3,30	2,50	100	250	1531
	D-G	8,35	2,50	100	250	1531
2-V12 (A-G) (40 x 60)	A-C	8,35	3,75	100	375	2332
	C-D	3,30	3,75	100	375	2332
	D-G	8,35	3,75	100	375	2332
2-V13 (A-G) (40 x 50)	A-C	8,35	3,70	100	370	2214
	C-D	3,30	3,70	100	370	2214
	D-G	8,35	3,70	100	370	2214

Continuación Tabla 17: Cargas variables sobre vigas Nivel 2

V.3 Predimensionamiento vigas

* Propiedades de los Materiales

$f_y =$	2800	Kgf/cm ²	$f_s = 1400$ Kgf/cm ²
$f_c =$	200	Kgf/cm ²	

Recubrimiento en elementos estructurales presentes en la edificación:

El recubrimiento de concreto utilizado en la construcción de vigas y columnas fue de 2,5cm ($r_c = 2,5$ cm), como se puede observar en las fotos 4 y 5 del Anexo 3.

En la siguiente tabla se indica la altura efectiva requerida y la altura útil actual para las vigas del Nivel 1 de la estructura.

$\mu = 0,2024$ $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ $b = 40 \text{ cm}$ $Mu = M_{\text{máx}} * FM$							
Viga	Tramo/ Punto	$M^+_{\text{máx}}$ Kg*m	$M^-_{\text{máx}}$ Kg*m	FM	"d " cálculo (cm)	"d " actual (cm)	Cumple
1-V2(A-G)	A	-	6214	1,50	24	77,5	SI
	A-C	18642	-		42	77,5	SI
	C	-	22453		46	77,5	SI
	C-F	2716	-		16	77,5	SI
	F	-	10906		32	77,5	SI
	F-G	9049	-		29	77,5	SI
	G	-	3016		17	77,5	SI
1-V3(A-G)	A	-	11741	1,50	33	77,5	SI
	A-C	35223	-		57	77,5	SI
	C	-	33803		56	77,5	SI
	C-D	26025	-		49	77,5	SI
	D	-	33803		56	77,5	SI
	D-G	35223	-		57	77,5	SI
	G	-	11741		33	77,5	SI
1-V4(A-G)	A	-	11741	1,50	33	77,5	SI
	A-C	35223	-		57	77,5	SI
	C	-	33803		56	77,5	SI
	C-D	26025	-		49	77,5	SI
	D	-	33803		56	77,5	SI
	D-G	35223	-		57	77,5	SI
	G	-	11741		33	77,5	SI
1-V5(A-G)	A	-	11741	1,50	33	77,5	SI
	A-C	35223	-		57	77,5	SI
	C	-	33803		56	77,5	SI
	C-D	26025	-		49	77,5	SI
	D	-	33803		56	77,5	SI
	D-G	35223	-		57	77,5	SI
	G	-	11741		33	77,5	SI
1-V6(A-G)	A	-	11741	1,50	33	77,5	SI
	A-C	35223	-		57	77,5	SI
	C	-	33803		56	77,5	SI
	C-D	26025	-		49	77,5	SI
	D	-	33803		56	77,5	SI
	D-G	35223	-		57	77,5	SI
	G	-	11741		33	77,5	SI

Tabla 18: Predimensionamiento vigas Nivel 1.

$\mu = 0,2024$ $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ $b = 40 \text{ cm}$ $Mu = M_{\text{máx}} * FM$							
Viga	Tramo/ Punto	$M^+_{\text{máx}}$ Kg*m	$M^-_{\text{máx}}$ Kg*m	FM	"d " cálculo (cm)	"d " actual (cm)	Cumple
1-V7(A-G)	A	-	11741	1,50	33	77,5	SI
	A-C	35223	-		57	77,5	SI
	C	-	33803		56	77,5	SI
	C-D	26025	-		49	77,5	SI
	D	-	33803		56	77,5	SI
	D-G	35223	-		57	77,5	SI
	G	-	11741		33	77,5	SI
1-V8(A-G)	A	-	11741	1,50	33	77,5	SI
	A-C	35223	-		57	77,5	SI
	C	-	33803		56	77,5	SI
	C-D	26025	-		49	77,5	SI
	D	-	33803		56	77,5	SI
	D-G	35223	-		57	77,5	SI
	G	-	11741		33	77,5	SI
1-V9(A-G)	A	-	3418	1,50	18	77,5	SI
	A-B	10254	-		31	77,5	SI
	B	-	18419		41	77,5	SI
	B-E	9292	-		29	77,5	SI
	E	-	27675		51	77,5	SI
	E-G	19910	-		43	77,5	SI
	G	-	6637		25	77,5	SI
1-V10(A-G)	A	-	3515	1,50	18	57,5	SI
	A-B	10545	-		31	57,5	SI
	B	-	18882		42	57,5	SI
	B-E	9480	-		30	57,5	SI
	E	-	28285		51	57,5	SI
	E-G	20359	-		43	57,5	SI
	G	-	6786		25	57,5	SI
1-V11(A-G) b=25 cm	A	-	12015	1,50	39	72,5	SI
	A-C	36046	-		68	72,5	SI
	C	-	34562		67	72,5	SI
	C-D	8544	-		33	72,5	SI
	D	-	34562		67	72,5	SI
	D-G	36046	-		68	72,5	SI
	G	-	12015		39	72,5	SI

Continuación Tabla 18: Predimensionamiento vigas Nivel 1.

$\mu = 0,2024$		$f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$					
$b = 40 \text{ cm}$		$Mu = M_{\text{máx}} * FM$					
Viga	Tramo/ Punto	$M^+_{\text{máx}}$ Kg*m	$M^-_{\text{máx}}$ Kg*m	FM	"d " cálculo (cm)	"d " actual (cm)	Cumple
1-V12(A-G)	A	-	12015	1,50	33	62,5	SI
	A-C	36046	-		58	62,5	SI
	C	-	34562		57	62,5	SI
	C-D	8544	-		28	62,5	SI
	D	-	34562		57	62,5	SI
	D-G	36046	-		58	62,5	SI
	G	-	12015		33	62,5	SI
1-V13(A-G)	A	-	6102	1,50	24	47,5	SI
	A-C	18306	-		41	47,5	SI
	C	-	17540		40	47,5	SI
	C-D	3051	-		17	47,5	SI
	D	-	17540		40	47,5	SI
	D-G	18306	-		41	47,5	SI
	G	-	6102		24	47,5	SI
1-VF(1-2)	1-2	31146	-	1,50	54	63,5	SI
1-VC(1-2)	1-2	30250	-	1,50	53	63,5	SI

Continuación Tabla 18: Predimensionamiento vigas Nivel 1.

En la siguiente tabla se muestran los resultados que se han obtenido de manera análoga para el Nivel 2.

$\mu = 0,2024$		$f_c' = 200 \text{ Kg/cm}^2$					
$b = 40 \text{ cm}$		$M_u = M_{\text{máx}} * FM$					
Viga	Tramo/ Punto	$M^+_{\text{máx}}$ Kg*m	$M^-_{\text{máx}}$ Kg*m	FM	"d" cálculo (cm)	"d " actual (cm)	Cumple
2-V1(A-G)	A	-	8793	1,46	28	47,5	SI
	A-C	26379	-		49	47,5	NO
	C	-	28506		51	47,5	NO
	C-F	379	-		6	47,5	SI
	F	-	12086		33	47,5	SI
	F-G	13561	-		35	47,5	SI
	G	-	4520		20	47,5	SI
2-V2(A-G)	A	-	7738	1,46	26	47,5	SI
	A-C	23214	-		46	47,5	SI
	C	-	25015		47	47,5	SI
	C-F	360	-		6	47,5	SI
	F	-	10538		31	47,5	SI
	F-G	11979	-		33	47,5	SI
	G	-	3993		19	47,5	SI
2-V3(A-G)	A	-	8005	1,46	27	57,5	SI
	A-C	24015	-		47	57,5	SI
	C	-	25896		48	57,5	SI
	C-D	2451	-		15	57,5	SI
	D	-	25896		48	57,5	SI
	D-G	24015	-		47	57,5	SI
	G	-	8005		27	57,5	SI
2-V4(A-G)	A	-	8005	1,46	27	57,5	SI
	A-C	24015	-		47	57,5	SI
	C	-	25896		48	57,5	SI
	C-D	2451	-		15	57,5	SI
	D	-	25896		48	57,5	SI
	D-G	24015	-		47	57,5	SI
	G	-	8005		27	57,5	SI
2-V5(A-G)	A	-	8005	1,46	27	57,5	SI
	A-C	24015	-		47	57,5	SI
	C	-	25896		48	57,5	SI
	C-D	2451	-		15	57,5	SI
	D	-	25896		48	57,5	SI
	D-G	24015	-		47	57,5	SI
	G	-	8005		27	57,5	SI

Tabla 19: Predimensionamiento vigas Nivel 2.

$\mu = 0,2024$ $f_c' = 200 \text{ Kg/cm}^2$ $b = 40 \text{ cm}$ $\mu_u = M_{\text{máx}} * FM$							
Viga	Tramo/ Punto	$M^+_{\text{máx}}$ Kg*m	$M^-_{\text{máx}}$ Kg*m	FM	"d" cálculo (cm)	"d " actual (cm)	Cumple
2-V6(A-G)	A	-	8005	1,46	27	57,5	SI
	A-C	24015	-		47	57,5	SI
	C	-	25896		48	57,5	SI
	C-D	2451	-		15	57,5	SI
	D	-	25896		48	57,5	SI
	D-G	24015	-		47	57,5	SI
	G	-	8005		27	57,5	SI
2-V7(A-G)	A	-	8005	1,46	27	57,5	SI
	A-C	24015	-		47	57,5	SI
	C	-	25896		48	57,5	SI
	C-D	2451	-		15	57,5	SI
	D	-	25896		48	57,5	SI
	D-G	24015	-		47	57,5	SI
	G	-	8005		27	57,5	SI
2-V8(A-G)	A	-	8005	1,46	27	57,5	SI
	A-C	24015	-		47	57,5	SI
	C	-	25896		48	57,5	SI
	C-D	2451	-		15	57,5	SI
	D	-	25896		48	57,5	SI
	D-G	24015	-		47	57,5	SI
	G	-	8005		27	57,5	SI
2-V9(A-G)	A	-	3897	1,46	19	57,5	SI
	A-B	11690	-		32	57,5	SI
	B	-	14607		36	57,5	SI
	B-E	3650	-		18	57,5	SI
	E	-	14607		36	57,5	SI
	E-G	11690	-		32	57,5	SI
	G	-	3897		19	57,5	SI
2-V10(A-G)	A	-	3897	1,46	19	42,5	SI
	A-B	11690	-		32	42,5	SI
	B	-	14607		36	42,5	SI
	B-E	3650	-		18	42,5	SI
	E	-	14607		36	42,5	SI
	E-G	11690	-		32	42,5	SI
	G	-	3897		19	42,5	SI

Continuación Tabla 19: Predimensionamiento vigas Nivel 2.

$\mu = 0,2024$		$f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$					
$b = 40 \text{ cm}$		$Mu = M_{\text{máx}} * FM$					
Viga	Tramo/ Punto	$M^+_{\text{máx}}$ Kg*m	$M^-_{\text{máx}}$ Kg*m	FM	"d" cálculo (cm)	"d " actual (cm)	Cumple
2-V11 (A-G) b=25cm	A	-	3090	1,46	20	57,5	SI
	A-C	9271	-		34	57,5	SI
	C	-	11615		38	57,5	SI
	C-D	2105	-		16	57,5	SI
	D	-	11615		38	57,5	SI
	D-G	9271	-		34	57,5	SI
	G	-	3090		20	57,5	SI
2-V12 (A-G)	A	-	6805	1,46	25	57,5	SI
	A-C	20414	-		43	57,5	SI
	C	-	21852		44	57,5	SI
	C-D	2005	-		13	57,5	SI
	D	-	21852		44	57,5	SI
	D-G	20414	-		43	57,5	SI
	G	-	6805		25	57,5	SI
2-V13 (A-G)	A	-	6607	1,46	24	47,5	SI
	A-C	19822	-		42	47,5	SI
	C	-	21783		44	47,5	SI
	C-D	1981	-		13	47,5	SI
	D	-	21783		44	47,5	SI
	D-G	19822	-		42	47,5	SI
	G	-	6607		24	47,5	SI

Continuación Tabla 19: Predimensionamiento vigas Nivel 2.

V.4 Resultados y Análisis

A través del programa de cálculo asistido por computadora ETABS se han obtenido los requerimientos de área de acero en los elementos estructurales, así como otras características como el peso de la edificación, y las propiedades dinámicas de la misma. (Los modos de vibración se muestran en el Anexo 4).

V.4.1 Peso de la estructura

A través del programa de cálculo estructural asistido por computadora se ha obtenido el siguiente peso de la edificación.

Peso edificación:

Peso Propio PP: 1 576 461 kgf

Sobre carga permanente SCP: 710 136 kgf

Carga variable CV: 303 090 kgf

$PP + SCP + 0,5.CV = 2\,438\,142\text{ kgf} = 2438\text{ Ton}$

V.4.2 Fuerzas cortantes

NIVEL	Corte (Ton)	
	X (dirección corta)	Y (dirección larga)
1	662	667
2	382	406

Tabla 20: Fuerzas cortantes

Estos valores obtenidos de fuerzas cortantes corresponden a los valores máximos obtenidos en el modelo estructural analizado en condiciones dinámicas para el espectro de diseño indicado en la sección V.1.1

V.4.3 Verificación de las derivas

Se realiza la verificación de las derivas para la edificación construida. Se considera la deriva como el desplazamiento relativo entre dos diafragmas rígidos separados por un solo entrepiso, es decir en entrepisos adyacentes.

La verificación de las derivas se realiza tomando los valores de deriva elásticos del programa de cálculo. Se calculan las derivas reales mediante la fórmula:

$$\delta_{\text{real}} = \mu * \delta_{\text{elástica}}$$

$$\mu = \text{ductilidad}$$

$$\mu = 0,8 * R$$

$$R = 1$$

$$\delta_i = \delta_{\text{real } i} - \delta_{\text{real } i-1}$$

$$n = \delta_i / h_e$$

Según lo establecido en la sección 10.2 de la Norma Covenin 1756-01 el cociente “n” proporciona el valor numérico a ser comparado con los valores de la tabla 10.1 de dicha norma.

Donde h_e = altura de entrepiso

Para el cálculo de las derivas se tomaron las derivas más desfavorables de toda la edificación, ya sea para sismo en la dirección Norte-Sur (dirección corta de la edificación) “Sx”, que para sismo en la dirección Este-Oeste (dirección larga de la edificación), “Sy”. Se obtuvo lo siguiente:

Caso	$\delta_{\text{elástica}}/h_e$	Nivel	n	Deriva máxima Normativa (caso más desfavorable)
Sx	0,00262	2	0,0021	0,018
Sy	0,00641	2	0,0051	0,018

Tabla 21: Verificación de derivas

Se puede observar que después de realizar el análisis dinámico, todos los valores de deriva cumplen con los requisitos mínimos normativos.

V.4.4 Período de la estructura

Altura edificación: $h = 3,70 + 3,65 = 7,35 \text{ m}$

Período = $C_t * h^{0,75}$

Período = $0,07 * (7,35)^{0,75} = 0,312 \text{ seg}$

$T_a = 1,6 * 0,312 = 0,50 \text{ seg}$

Aceleración de diseño: $A_d = 0,46$

V.4.5 Requerimientos de área de acero en vigas

En esta sección se muestran los resultados de requerimientos de área de acero longitudinal y de confinamiento en vigas, ya sea para el caso de carga estática vertical que para el caso dinámico. En las tablas se muestra también una comparación entre los resultados obtenidos y los valores originales de la edificación. En el análisis se ha utilizado la misma calidad de materiales presente en la edificación construida.

V.4.5.1 Análisis de carga vertical

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para las áreas de acero en vigas. Se indica con “Cabillas longitudinales Edificación Actual” a las cabillas colocadas en la edificación construida, siendo en el caso de los apoyos, las cabillas colocadas en la parte superior de la viga, y en el caso de los tramos, las cabillas colocadas en la parte inferior de la viga. Se indica con “As Colocado” al área en cm^2 de las cabillas longitudinales colocadas en la edificación construida. Se indica con “As Requerido Carga Vertical” al área de acero en cm^2 resultante del análisis estático de carga vertical. Se indica con “Porcentaje Requerido” al porcentaje de acero que falta actualmente en la estructura (color rojo) respecto a los valores requeridos; o bien, en su defecto, al porcentaje de acero que excede en la estructura construida, respecto al valor requerido (color verde).

Tabla comparativa de Requerimientos de área de acero para carga vertical en vigas del Nivel 1:

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas Longitudinales Edificación Actual	"As" Colocado (cm^2)	"As" cm^2 Requerido Análisis Carga Vert.	Porcentaje requerido (%)
1-V2 (A-G) n1 (40x80)	A	1F1" + 2F3/4" + 2F1/2"	13,31	6,75	-49
	A-C	5F1"	25,34	6,41	-75
	C	5F1" + 2F1/2"	27,87	10,00	-64
	C-F	2F3/4"	5,70	10,00	75
	F	2F1" + 2F1/2"	12,67	9,06	-28
	F-G	1F1" + 2F3/4"	10,77	3,46	-68
	G	1F1" + 2F1/2"	7,60	2,72	-64
1-V3 (A-G) n2 (40x80)	A	5F1"	25,34	10,27	-59
	A-C	3F1" + 2F1/2"	17,73	10,00	-44
	C	13F1"	65,87	10,46	-84
	C-D	2F1"	10,13	2,63	-74
	D	13F1"	65,87	10,09	-85
	D-G	8F1" + 2F3/8"	42,54	10,00	-76
	G	5F1" + 2F1/2"	27,87	10,55	-62
1-V4(A-G) 1-V5(A-G) 1-V6(A-G) 1-V7(A-G) 1-V8(A-G) n3 (40x80)	A	5F1" + 2F1/2"	27,87	10,49	-62
	A-C	10F1"	50,67	10,00	-80
	C	5F1"	25,34	10,00	-61
	C-D	2F5/8" + 2F3/8"	5,38	2,62	-51
	D	5F1"	25,34	10,15	-60
	D-G	10F1"	50,67	10,00	-80
	G	5F1"	25,34	10,18	-60
1-V9 (A-G) n4 (40x80)	A	1F1" + 2F3/4" + 2F1/2"	13,30	3,78	-72
	A-B	3 F1"	15,20	5,58	-63
	B	8 F1"	40,54	8,67	-79
	B-E	3 F1"	15,20	5,40	-64
	E	8 F1"	40,54	10,09	-75
	E-G	5F1"	25,34	4,92	-81
	G	2F1" + 2F1/2"	12,67	6,61	-48

Tabla 22: Requerimientos de área de acero para carga vertical en vigas del Nivel 1.

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas Longitudinales Edificación Actual	"As" Colocado (cm^2)	"As" cm^2 Requerido Análisis Carga Vert.	Porcentaje requerido (%)
1-V10 (A-G) n5 (40x60)	A	4F1/2"	5,07	3,96	-22
	A-B	4F1/2"	5,07	5,11	1
	B	3F1" + 4F1/2"	20,27	7,33	-64
	B-E	4F1"	20,27	7,02	-65
	E	7 F1"	35,47	9,62	-73
	E-G	4F1"	20,27	7,67	-62
	G	2F1" + 2F1/2"	12,67	7,33	-42
1-V11 (A-G) n6 (25x75)	A	2F5/8"	3,96	1,16	-71
	A-C	4F1"	20,27	5,83	-71
	C	2F1" + 2F3/4"	15,83	5,83	-63
	C-D	2F5/8"	3,96	1,69	-57
	D	2F1" + 2F3/4"	15,83	5,83	-63
	D-G	4F1"	20,27	5,83	-71
	G	2F1" + 4F5/8"	18,05	1,05	-94
1-V12 (A-G) n7 (40x65)	A	4F1" + 2F5/8"	24,23	13,48	-44
	A-C	4F1" + 2F5/8"	24,23	10,61	-56
	C	4F1" + 2F5/8"	24,23	10,25	-58
	C-D	2F5/8"	3,96	3,01	-24
	D	4F1" + 2F5/8"	24,23	10,41	-57
	D-G	4F1" + 2F5/8"	24,23	10,68	-56
	G	4F1" + 2F5/8"	24,23	12,97	-46
1-V13 (A-G) n8 (40x50)	A	4F1" + 3F5/8"	26,21	11,22	-57
	A-C	4F1" + 3F5/8"	26,21	7,70	-71
	C	2F1" + 3F5/8"	16,07	8,33	-48
	C-D	2F5/8"	3,96	2,08	-47
	D	2F1" + 3F5/8"	16,07	8,53	-47
	D-G	2F1" + 3F5/8"	16,07	7,57	-53
	G	2F1" + 3F5/8"	16,07	10,87	-32

Continuación Tabla 22: Requerimientos de área de acero carga vertical, vigas del Nivel 1.

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas Longitudinales Edificación Actual	"As" Colocado (cm^2)	"As" cm^2 Requerido Análisis Carga Vert.	Porcentaje requerido (%)
1-VC (1-2) n9 (40x65)	1	9F1"	45,60	8,00	-82
	1--2	13F1"	65,87	5,49	-92
	2	4F1" + 2F1/2"	22,80	3,95	-83
1-VF(1-2) n10 (40x65)	1	8F1"	40,54	5,68	-86
	1--2	14F1"	70,94	2,16	-97
	2	6F1"	30,40	3,17	-90

Continuación Tabla 22: Requerimientos de área de acero carga vertical, vigas del Nivel 1.

De la misma forma, la siguiente tabla muestra los valores obtenidos para el Nivel 2 de la estructura.

NIVEL 2 (Techo) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas Longitudinales Edificación Actual	"As" Colocado (cm ²)	"As" cm ² Requerido Análisis Carga Vert.	Porcentaje requerido (%)
2-V1 (A-G) n1 (40x50)	A	6 F1"	30,40	7,20	-76
	A-C	6 F1"	30,40	8,08	-73
	C	7 F1"	35,47	9,03	-75
	C-F	2 F1"	10,13	6,16	-39
	F	4 F1"	20,27	9,29	-54
	F-G	2 F1/2"	2,53	6,12	142
	G	2 F1"+2 F1/2"	12,67	5,00	-61
2-V2 (A-G) n2 (40x50)	A	5 F1" + 2 F1/2"	27,87	12,37	-56
	A-C	9 F1"	45,60	8,37	-82
	C	10 F1"	50,67	9,71	-81
	C-F	3 F1"	15,20	3,37	-78
	F	2 F1"+2 F1/2"	12,67	6,00	-53
	F-G	5 F1"	25,34	6,00	-76
	G	3 F1" + 2 F1/2"	17,73	6,00	-66
2-V3 (A-G)	A	5 F1"	25,34	7,37	-71
2-V4 (A-G)	A-C	7 F1"	35,47	7,33	-79
2-V5 (A-G)	C	9 F1"	45,60	7,33	-84
2-V6 (A-G)	C-D	3 F1"	15,20	1,56	-90
2-V7 (A-G)	D	9 F1"	45,60	7,33	-84
2-V8 (A-G) n3 (40x60)	D-G	7 F1"	35,47	7,33	-79
G	4 F1" + 2 F1/2"	22,80	7,33	-68	
2-V9 (A-G) n4 (40x60)	A	4 F1"	20,27	5,03	-75
	A-B	4 F1"	20,27	6,46	-68
	B	6 F1"	30,40	7,33	-76
	B-E	2 F1"	10,13	4,19	-59
	E	7 F1"	35,47	7,33	-79
	E-G	5 F1"	25,34	5,73	-77
	G	1 F1" + 2 F1/2"	12,67	5,11	-60

Tabla 23: Requerimientos de área de acero para carga vertical en vigas del Nivel 2.

NIVEL 2 (Techo) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas Longitudinales Edificación Actual	"As" Colocado (cm^2)	"As" cm^2 Requerido Análisis Carga Vert.	Porcentaje requerido (%)
2-V10 (A-G) n5 (40x45)	A	4F7/8" + 2F1/2"	18,05	5,33	-70
	A-B	4F7/8"	15,52	5,33	-66
	B	3F1" + 1F7/8" + 2F1/2"	21,61	6,03	-72
	B-E	2F7/8"	7,76	3,90	-50
	E	5 F1" + 2F1/2"	27,87	6,15	-78
	E-G	4F1"	20,27	5,33	-74
	G	1F1" + 2F1/2"	7,60	5,33	-30
2-V11 (A-G) n6 (25x60)	A	2F5/8"	3,96	0,86	-78
	A-C	2F1" + 2F7/8"	17,89	3,04	-83
	C	2F7/8" + 2F1/2"	10,29	3,92	-62
	C-D	2F5/8"	3,96	0,91	-77
	D	4F1"	20,27	4,05	-80
	D-G	4F1"	20,27	3,51	-83
	G	2F1" + 2F5/8"	14,09	0,79	-94
2-V12 (A-G) n7 (40x60)	A	3F1" + 4F5/8"	23,12	7,42	-68
	A-C	3F1"	15,20	7,33	-52
	C	4F1" + 2F5/8"	24,23	7,33	-70
	C-D	2F5/8"	3,96	1,76	-56
	D	4F1" + 2F5/8"	24,23	7,33	-70
	D-G	2F5/8"	3,96	7,33	85
	G	4F1" + 2F5/8"	24,23	7,33	-70
2-V13 (A-G) n8 (40x50)	A	3F1" + 2F3/4"	20,90	7,18	-66
	A-C	3F1"	15,20	6,00	-61
	C	3F1" + 2F3/4"	20,90	6,00	-71
	C-D	2F5/8"	3,96	1,54	-61
	D	3F1" + 2F3/4"	20,90	6,00	-71
	D-G	2F1" + 3F5/8"	16,07	6,00	-63
	G	3F1" + 2F3/4"	20,90	6,87	-67

Continuación Tabla 23: Requerimientos de área de acero carga vertical, vigas del Nivel 2.

Resultados de porcentaje de área de acero en vigas para análisis de Carga Vertical.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de porcentaje de área de acero requeridos en las vigas del nivel 1, para el análisis de carga vertical. Este porcentaje corresponde al armado longitudinal total en la sección de la viga, es decir, considerando el área de acero longitudinal superior e inferior en cada tramo.

Para el Nivel 1 se obtuvo:

NIVEL 1 (PA) ANÁLISIS CARGA VERTICAL $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	"As" Superior cm^2	"As" Inferior cm^2	% de acero
1-V2 (A-G) n1 (40x80)	A	6,75	3,77	0,33
	A-C	1,66	6,41	0,25
	C	10,00	5,52	0,49
	C-F	2,81	10,00	0,40
	F	9,06	4,47	0,42
	F-G	2,08	3,46	0,17
	G	2,72	2,17	0,15
1-V3 (A-G) n2 (40x80)	A	10,27	6,70	0,53
	A-C	3,31	10,00	0,42
	C	10,46	6,82	0,54
	C-D	7,73	2,63	0,32
	D	10,09	6,58	0,52
	D-G	3,40	10,00	0,42
	G	10,55	6,87	0,54
1-V4(A-G) 1-V5(A-G) 1-V6(A-G) 1-V7(A-G) 1-V8(A-G) n3 (40x80)	A	10,49	6,84	0,54
	A-C	3,38	10,00	0,42
	C	10,00	5,27	0,48
	C-D	7,66	2,62	0,32
	D	10,15	6,62	0,52
	D-G	3,28	10,00	0,42
	G	10,18	6,64	0,53

Tabla 24: Porcentaje de área de acero requerido, carga vertical, vigas Nivel 1

NIVEL 1 (PA) ANÁLISIS CARGA VERTICAL $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	"As" Superior cm^2	"As" Inferior cm^2	% de acero
1-V9 (A-G) n4 (40x80)	A	3,78	2,62	0,20
	A-B	1,98	5,58	0,24
	B	8,67	4,28	0,40
	B-E	0,81	5,40	0,19
	E	10,09	5,82	0,50
	E-G	4,78	4,92	0,30
	G	6,61	5,08	0,37
1-V10 (A-G) n5 (40x60)	A	3,96	2,18	0,26
	A-B	1,82	5,11	0,29
	B	7,33	4,36	0,49
	B-E	0,75	7,02	0,32
	E	9,62	6,22	0,66
	E-G	2,15	7,67	0,41
	G	7,33	5,35	0,53
1-V11 (A-G) n6 (25x75)	A	1,16	4,18	0,28
	A-C	0,30	5,83	0,33
	C	5,83	3,41	0,49
	C-D	5,10	1,69	0,36
	D	5,83	3,44	0,49
	D-G	1,00	5,83	0,36
	G	1,05	4,15	0,28
1-V12 (A-G) n7 (40x65)	A	13,48	8,00	0,83
	A-C	4,25	10,61	0,57
	C	10,25	6,65	0,65
	C-D	8,00	3,01	0,42
	D	10,41	6,74	0,66
	D-G	4,10	10,68	0,57
	G	12,97	8,00	0,81

Continuación Tabla 24: Porcentaje de área de acero requerido, carga vertical, vigas Nivel 1

NIVEL 1 (PA) ANÁLISIS CARGA VERTICAL $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	"As" Superior cm^2	"As" Inferior cm^2	% de acero
1-V13 (A-G) n8 (40x50)	A	11,22	6,00	0,86
	A-C	3,52	7,70	0,56
	C	8,33	5,38	0,69
	C-D	5,69	2,08	0,39
	D	8,53	5,51	0,70
	D-G	3,41	7,57	0,55
	G	10,87	6,00	0,84
1-VC (1-2) n9 (40x65)	1	8,00	4,29	0,47
	1--2	2,13	5,49	0,29
	2	3,95	2,13	0,23
1-VF(1-2) n10 (40x65)	1	5,68	2,81	0,33
	1--2	1,60	2,16	0,14
	2	3,17	1,58	0,18

Continuación Tabla 24: Porcentaje de área de acero requerido, carga vertical, vigas Nivel 1

De forma análoga, la siguiente tabla muestra los resultados de área de acero en el caso de análisis estático de carga vertical para el Nivel 2:

NIVEL 2 (techo) ANÁLISIS CARGA VERTICAL $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	"As" Superior cm^2	"As" Inferior cm^2	% de acero
2-V1 (A-G) n1 (40x50)	A	7,20	2,92	0,51
	A-C	2,90	8,08	0,55
	C	9,03	4,81	0,69
	C-F	4,26	6,16	0,52
	F	9,29	7,27	0,83
	F-G	5,34	6,12	0,57
	G	5,00	2,83	0,39
2-V2 (A-G) n2 (40x50)	A	12,37	6,00	0,92
	A-C	3,85	8,37	0,61
	C	9,71	6,00	0,79
	C-F	3,07	3,37	0,32
	F	6,00	3,85	0,49
	F-G	1,76	6,00	0,39
	G	6,00	3,25	0,46
2-V3 (A-G) 2-V4 (A-G) 2-V5 (A-G) 2-V6 (A-G) 2-V7 (A-G) 2-V8 (A-G) n3 (40x60)	A	7,37	4,81	0,51
	A-C	2,38	7,33	0,40
	C	7,33	4,32	0,49
	C-D	4,38	1,56	0,25
	D	7,33	4,37	0,49
	D-G	2,36	7,33	0,40
	G	7,33	4,77	0,50
2-V9 (A-G) n4 (40x60)	A	5,03	2,56	0,32
	A-B	1,81	6,46	0,34
	B	7,33	3,80	0,46
	B-E	0,28	4,19	0,19
	E	7,33	3,64	0,46
	E-G	1,26	5,73	0,29
	G	5,11	2,53	0,32

Tabla 25: Porcentaje de área de acero requerido, carga vertical, vigas Nivel 2

NIVEL 2 (techo) ANÁLISIS CARGA VERTICAL $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	"As" Superior cm^2	"As" Inferior cm^2	% de acero
2-V10 (A-G) n5 (40x45)	A	5,33	3,25	0,48
	A-B	1,94	5,33	0,40
	B	6,03	3,92	0,55
	B-E	0,25	3,90	0,23
	E	6,15	4,00	0,56
	E-G	1,58	5,33	0,38
	G	5,33	3,20	0,47
2-V11 (A-G) n6 (25x60)	A	0,86	2,07	0,20
	A-C	0,22	3,04	0,22
	C	3,92	1,93	0,39
	C-D	2,51	0,91	0,23
	D	4,05	2,00	0,40
	D-G	0,54	3,51	0,27
	G	0,79	2,21	0,20
2-V12 (A-G) n7 (40x60)	A	7,42	4,84	0,51
	A-C	2,40	7,33	0,41
	C	7,33	3,76	0,46
	C-D	5,29	1,76	0,29
	D	7,33	3,84	0,47
	D-G	2,30	7,33	0,40
	G	7,33	4,64	0,50
2-V13 (A-G) n8 (40x50)	A	7,18	4,67	0,59
	A-C	2,30	6,00	0,42
	C	6,00	3,59	0,48
	C-D	4,36	1,54	0,30
	D	6,00	3,68	0,48
	D-G	2,21	6,00	0,41
	G	6,87	4,47	0,57

Continuación Tabla 25: Porcentaje de área de acero requerido, carga vertical, vigas Nivel 2

V.4.5.2 Análisis dinámico

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para las áreas de acero en vigas, para el análisis dinámico. Se indica con “Cabillas Longitudinales Edificación Actual” a las cabillas colocadas en la edificación construida, siendo en el caso de los apoyos, las cabillas colocadas en la parte superior de la viga, y en el caso de los tramos, las cabillas colocadas en la parte inferior de la viga. Se indica con “As Colocado” al área en cm^2 de las cabillas longitudinales colocadas en la edificación construida. Se indica con “As Requerido Análisis Dinámico” al área de acero en cm^2 resultante del análisis dinámico espacial. Se indica con “Porcentaje Requerido” al porcentaje de acero que falta actualmente en la estructura (color rojo) respecto a los valores requeridos; o bien, en su defecto, al porcentaje de acero que excede en la estructura construida, respecto al valor requerido (color verde).

Tabla comparativa de Requerimientos de área de acero en vigas del Nivel 1.

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas Longitudinales Edificación Actual	"As" Colocado (cm^2)	"As" Requerido Análisis Dinámico (cm^2)	Porcentaje Requerido (%)
1-V2 (A-G) n1 (40x80)	A	1 F1" + 2 F3/4" + 2 F1/2"	13,31	25,55	92
	A-C	5 F1"	25,34	13,86	-45
	C	5 F1" + 2 F1/2"	27,87	19,26	-31
	C-F	2 F3/4"	5,70	10,00	75
	F	2 F1" + 2 F1/2"	12,67	17,95	42
	F-G	1 F1" + 2 F3/4"	10,77	13,72	27
	G	1 F1" + 2 F1/2"	7,60	27,40	260
1-V3 (A-G) n2 (40x80)	A	5 F1"	25,34	28,91	14
	A-C	3 F1" + 2 F1/2"	17,73	15,79	-11
	C	13 F1"	65,87	18,96	-71
	C-D	2 F1"	10,13	3,52	-65
	D	13 F1"	65,87	18,55	-72
	D-G	8 F1" + 2 F3/8"	42,54	10,00	-76
	G	5 F1" + 2 F1/2"	27,87	29,28	5
1-V4(A-G) 1-V5(A-G) 1-V6(A-G) 1-V7(A-G) 1-V8(A-G) n3 (40x80)	A	5 F1" + 2 F1/2"	27,87	27,57	-1
	A-C	10 F1"	50,67	10,00	-80
	C	5 F1"	25,34	17,86	-30
	C-D	2 F5/8" + 2 F3/8"	5,38	3,41	-37
	D	5 F1"	25,34	17,84	-30
	D-G	10 F1"	50,67	10,00	-80
	G	5 F1"	25,34	27,23	7
1-V9 (A-G) n4 (40x80)	A	1 F1" + 2 F3/4" + 2 F1/2"	13,30	25,57	92
	A-B	3 F1"	15,20	14,71	-3
	B	8 F1"	40,54	10,00	-75
	B-E	3 F1"	15,20	7,35	-52
	E	8 F1"	40,54	19,21	-53
	E-G	5 F1"	25,34	16,17	-36
	G	2 F1" + 2 F1/2"	12,67	27,46	117

Tabla 26: Requerimientos de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 1.

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas Longitudinales Edificación Actual	"As" Colocado (cm^2)	"As" Requerido Análisis Dinámico (cm^2)	Porcentaje Requerido (%)
1-V10 (A-G) n5 (40x60)	A	4F1/2"	5,07	22,67	347
	A-B	4F1/2"	5,07	11,04	118
	B	3F1" + 4F1/2"	20,27	17,36	-14
	B-E	4F1"	20,27	7,28	-64
	E	7 F1"	35,47	20,65	-42
	E-G	4F1"	20,27	7,33	-64
	G	2F1" + 2F1/2"	12,67	25,62	102
1-V11 (A-G) n6 (25x75)	A	2F5/8"	3,96	4,34	10
	A-C	4F1"	20,27	6,88	-66
	C	2F1" + 2F3/4"	15,83	7,03	-56
	C-D	2F5/8"	3,96	1,69	-57
	D	2F1" + 2F3/4"	15,83	6,75	-57
	D-G	4F1"	20,27	5,83	-71
	G	2F1" + 4F5/8"	18,05	4,26	-76
1-V12 (A-G) n7 (40x65)	A	4F1" + 2F5/8"	24,23	30,81	27
	A-C	4F1" + 2F5/8"	24,23	9,57	-60
	C	4F1" + 2F5/8"	24,23	15,42	-36
	C-D	2F5/8"	3,96	3,01	-24
	D	4F1" + 2F5/8"	24,23	15,5	-36
	D-G	4F1" + 2F5/8"	24,23	10,34	-57
	G	4F1" + 2F5/8"	24,23	30,45	26
1-V13 (A-G) n8 (40x50)	A	4F1" + 3F5/8"	26,21	23,56	-10
	A-C	4F1" + 3F5/8"	26,21	10,59	-60
	C	2F1" + 3F5/8"	16,07	14,12	-12
	C-D	2F5/8"	3,96	2,38	-40
	D	2F1" + 3F5/8"	16,07	14,25	-11
	D-G	2F1" + 3F5/8"	16,07	7,78	-52
	G	2F1" + 3F5/8"	16,07	23,38	45

Continuación Tabla 26: Requerimientos de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 1.

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas Longitudinales Edificación Actual	"As" Colocado (cm^2)	"As" Requerido Análisis Dinámico (cm^2)	Porcentaje Requerido (%)
1-VC (1-2) n9 (40x65)	1	9F1"	45,60	26,51	-42
	1-2	13F1"	65,87	10,15	-85
	2	4F1" + 2F1/2"	22,80	19,28	-15
1-VF(1-2) n10 (40x65)	1	8F1"	40,54	25,35	-37
	1-2	14F1"	70,94	10,33	-85
	2	6F1"	30,40	14,61	-52

Continuación Tabla 26: Requerimientos de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 1.

De la tabla 26, se puede observar que el apoyo G de la viga 1-V2 (A-G), requiere un área de acero adicional, equivalente a un 260% del área de acero colocado originalmente. Esto se debe al armado actualmente presente en ese apoyo. En la foto 1 del Anexo 3, se muestra la imagen tomada del plano original correspondiente al apoyo G de dicha viga.

De la misma forma, se puede observar que el apoyo A de la viga 1-V10 (A-G), requiere un área de acero adicional, equivalente a un 347% del área de acero colocado originalmente. Esto se debe al armado actualmente presente en ese apoyo. En la foto 3 del Anexo 3, se muestra la imagen tomada del plano original correspondiente al apoyo A de dicha viga.

De la misma forma, la siguiente tabla muestra los valores obtenidos para el Nivel 2 de la estructura.

Tabla comparativa de Requerimientos de área de acero en vigas del Nivel 2.

NIVEL 2 (Techo) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas Longitudinales Edificación Actual	"As" Colocado (cm ²)	"As" Requerido Análisis Dinámico (cm ²)	Porcentaje Requerido (%)
2-V1 (A-G) n1 (40x50)	A	6 F1"	30,40	12,47	-59
	A-C	6 F1"	30,40	5,01	-84
	C	7 F1"	35,47	24,24	-32
	C-F	2 F1"	10,13	5,00	-51
	F	4 F1"	20,27	18,70	-8
	F-G	2 F1/2"	2,53	5,59	121
	G	2 F1"+2 F1/2"	12,67	15,59	23
2-V2 (A-G) n2 (40x50)	A	5 F1" + 2 F1/2"	27,87	22,16	-20
	A-C	9 F1"	45,60	11,27	-75
	C	10 F1"	50,67	19,15	-62
	C-F	3 F1"	15,20	4,43	-71
	F	2 F1"+2 F1/2"	12,67	13,14	4
	F-G	5 F1"	25,34	8,93	-65
	G	3 F1" + 2 F1/2"	17,73	17,70	0
2-V3 (A-G)	A	5 F1"	25,34	17,55	-31
2-V4 (A-G)	A-C	7 F1"	35,47	7,33	-79
2-V5 (A-G)	C	9 F1"	45,60	11,86	-74
2-V6 (A-G)	C-D	3 F1"	15,20	2,66	-83
2-V7 (A-G)	D	9 F1"	45,60	11,96	-74
2-V8 (A-G) n3 (40x60)	D-G	7 F1"	35,47	7,33	-79
	G	4 F1" + 2 F1/2"	22,80	17,44	-24
2-V9 (A-G) n4 (40x60)	A	4 F1"	20,27	17,09	-16
	A-B	4 F1"	20,27	9,67	-52
	B	6 F1"	30,40	12,87	-58
	B-E	2 F1"	10,13	4,51	-55
	E	7 F1"	35,47	12,81	-64
	E-G	5 F1"	25,34	9,55	-62
	G	1 F1" + 2 F1/2"	12,67	17,18	36

Tabla 27: Requerimientos de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 2

NIVEL 2 (Techo) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Cabillas Longitudinales Edificación Actual	"As" Colocado (cm^2)	"As" Requerido Análisis Dinámico (cm^2)	Porcentaje Requerido (%)
2-V10 (A-G) n5 (40x45)	A	4F7/8" + 2F1/2"	18,05	15,98	-11
	A-B	4F7/8"	15,52	7,23	-53
	B	3F1" + 1F7/8" + 2F1/2"	21,61	13,56	-37
	B-E	2F7/8"	7,76	4,6	-41
	E	5 F1" + 2F1/2"	27,87	13,75	-51
	E-G	4F1"	20,27	7,21	-64
	G	1F1" + 2F1/2"	7,60	15,84	108
2-V11 (A-G) n6 (25x60)	A	2F5/8"	3,96	3,07	-22
	A-C	2F1" + 2F7/8"	17,89	4,58	-74
	C	2F7/8" + 2F1/2"	10,29	4,58	-56
	C-D	2F5/8"	3,96	0,97	-75
	D	4F1"	20,27	4,58	-77
	D-G	4F1"	20,27	3,8	-81
	G	2F1" + 2F5/8"	14,09	3,03	-78
2-V12 (A-G) n7 (40x60)	A	3F1" + 4F5/8"	23,12	19,61	-15
	A-C	3F1"	15,20	9,52	-37
	C	4F1" + 2F5/8"	24,23	9,60	-60
	C-D	2F5/8"	3,96	1,90	-52
	D	4F1" + 2F5/8"	24,23	9,69	-60
	D-G	2F5/8"	3,96	7,33	85
	G	4F1" + 2F5/8"	24,23	19,34	-20
2-V13 (A-G) n8 (40x50)	A	3F1" + 2F3/4"	20,90	17,25	-17
	A-C	3F1"	15,20	6,00	-61
	C	3F1" + 2F3/4"	20,90	10,06	-52
	C-D	2F5/8"	3,96	1,69	-57
	D	3F1" + 2F3/4"	20,90	10,16	-51
	D-G	2F1" + 3F5/8"	16,07	6,29	-61
	G	3F1" + 2F3/4"	20,90	17,02	-19

Continuación Tabla 27: Requerimientos de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 2

Resultados de porcentaje de área de acero en vigas para análisis dinámico.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de porcentaje de área de acero requeridos en las vigas del Nivel 1, para el análisis dinámico. Este porcentaje corresponde al armado longitudinal total en la sección de la viga, es decir, considerando el acero longitudinal superior e inferior en cada tramo.

Para el Nivel 1 se obtuvo:

NIVEL 1 (PA) ANÁLISIS DINÁMICO $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	"As" Superior cm^2	"As" Inferior cm^2	% de acero
1-V2 (A-G) n1 (40x80)	A	25,55	17,10	1,33
	A-C	10,39	13,86	0,76
	C	19,26	10,00	0,91
	C-F	3,54	10,00	0,42
	F	17,95	10,00	0,87
	F-G	12,32	13,72	0,81
	G	27,40	23,57	1,59
1-V3 (A-G) n2 (40x80)	A	28,91	15,39	1,38
	A-C	10,00	15,79	0,81
	C	18,96	10,00	0,91
	C-D	8,87	3,52	0,39
	D	18,55	10,00	0,89
	D-G	8,82	10,00	0,59
	G	29,28	14,38	1,36
1-V4(A-G) 1-V5(A-G) 1-V6(A-G) 1-V7(A-G) 1-V8(A-G) n3 (40x80)	A	27,57	14,16	1,30
	A-C	8,36	10,00	0,57
	C	17,86	10,00	0,87
	C-D	8,66	3,41	0,38
	D	17,84	10,00	0,87
	D-G	8,27	10,00	0,57
	G	27,23	13,36	1,27

Tabla 28: Porcentajes de área de acero, análisis dinámico, en vigas Nivel 1

NIVEL 1 (PA) ANÁLISIS DINÁMICO $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	"As" Superior cm^2	"As" Inferior cm^2	% de acero
1-V9 (A-G) n4 (40x80)	A	25,57	20,71	1,45
	A-B	12,55	14,71	0,85
	B	10,00	5,68	0,49
	B-E	1,22	7,35	0,27
	E	19,21	10,00	0,91
	E-G	11,05	16,17	0,85
	G	27,46	19,52	1,47
1-V10 (A-G) n5 (40x60)	A	22,67	17,36	1,67
	A-B	9,32	11,04	0,85
	B	17,36	9,03	1,10
	B-E	2,96	7,28	0,43
	E	20,65	9,65	1,26
	E-G	11,89	7,33	0,80
	G	25,62	14,89	1,69
1-V11 (A-G) n6 (25x75)	A	4,34	5,83	0,54
	A-C	1,07	6,88	0,42
	C	7,03	4,56	0,62
	C-D	5,10	1,69	0,36
	D	6,75	4,39	0,59
	D-G	1,05	5,83	0,37
	G	4,26	5,83	0,54
1-V12 (A-G) n7 (40x65)	A	30,81	13,96	1,72
	A-C	8,00	9,57	0,68
	C	15,42	8,00	0,90
	C-D	8,00	3,01	0,42
	D	15,50	8,00	0,90
	D-G	8,00	10,34	0,71
	G	30,45	13,81	1,70

Continuación Tabla 28: Porcentajes de área de acero, análisis dinámico, en vigas Nivel 1

NIVEL 1 (PA) ANÁLISIS DINÁMICO $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	"As" Superior cm^2	"As" Inferior cm^2	% de acero
1-V13 (A-G) n8 (40x50)	A	23,56	10,70	1,71
	A-C	6,00	10,59	0,83
	C	14,12	6,68	1,04
	C-D	5,87	2,38	0,41
	D	14,25	6,74	1,05
	D-G	6,00	7,78	0,69
	G	23,38	10,61	1,70
1-VC (1-2) n9 (40x65)	1	26,51	16,20	1,64
	1--2	10,66	10,15	0,80
	2	19,28	14,05	1,28
1-VF(1-2) n10 (40x65)	1	25,35	18,20	1,68
	1--2	11,80	10,33	0,85
	2	18,88	14,61	1,29

Continuación Tabla 28: Porcentajes de área de acero, análisis dinámico, en vigas Nivel 1

En la siguiente tabla se muestran los resultados de porcentaje de área de acero requeridos en las vigas del nivel 2, para el análisis dinámico. Este porcentaje corresponde al armado longitudinal total en la sección de la viga, es decir, considerando el acero longitudinal superior e inferior en cada tramo.

Para el Nivel 2 se obtuvo lo indicado en la siguiente tabla.

NIVEL 2 (techo) ANÁLISIS DINÁMICO $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	"As" Superior Requerido cm^2	"As" Inferior Requerido cm^2	% de acero
2-V1 (A-G) n1 (40x50)	A	12,47	6,31	0,94
	A-C	7,73	5,01	0,64
	C	24,24	11,06	1,77
	C-F	6,00	5,00	0,55
	F	18,70	8,66	1,37
	F-G	6,00	5,59	0,58
	G	15,59	5,59	1,06
2-V2 (A-G) n2 (40x50)	A	22,16	10,09	1,61
	A-C	6,00	11,27	0,86
	C	19,15	8,85	1,40
	C-F	4,43	4,43	0,44
	F	13,14	6,24	0,97
	F-G	5,33	8,93	0,71
	G	17,70	9,24	1,35
2-V3 (A-G) 2-V4 (A-G) 2-V5 (A-G) 2-V6 (A-G) 2-V7 (A-G) 2-V8 (A-G) n3 (40x60)	A	17,55	8,29	1,08
	A-C	5,39	7,33	0,53
	C	11,86	7,33	0,80
	C-D	6,38	2,66	0,38
	D	11,96	7,33	0,80
	D-G	5,36	7,33	0,53
	G	17,44	8,25	1,07
2-V9 (A-G) n4 (40x60)	A	17,09	10,50	1,15
	A-B	7,33	9,67	0,71
	B	12,87	7,33	0,84
	B-E	0,84	4,51	0,22
	E	12,81	7,33	0,84
	E-G	7,33	9,55	0,70
	G	17,18	10,47	1,15

Tabla 29: Porcentajes de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 2.

NIVEL 2 (techo) ANÁLISIS DINÁMICO $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$				
Viga	Apoyo o Tramo	"As" Superior Requerido cm^2	"As" Inferior Requerido cm^2	% de acero
2-V10 (A-G) n5 (40x45)	A	15,98	7,43	1,30
	A-B	5,24	7,23	0,69
	B	13,56	6,38	1,11
	B-E	1,09	4,60	0,32
	E	13,75	6,47	1,12
	E-G	5,08	7,21	0,68
	G	15,84	7,39	1,29
2-V11 (A-G) n6 (25x60)	A	3,07	4,44	0,50
	A-C	0,79	4,58	0,36
	C	4,58	2,78	0,49
	C-D	2,78	0,97	0,25
	D	4,58	2,85	0,50
	D-G	0,75	3,80	0,30
	G	3,03	4,57	0,51
2-V12 (A-G) n7 (40x60)	A	19,61	9,20	1,20
	A-C	6,65	9,52	0,67
	C	9,60	6,22	0,66
	C-D	5,73	1,90	0,32
	D	9,69	6,27	0,67
	D-G	5,89	7,33	0,55
	G	19,34	9,08	1,18
2-V13 (A-G) n8 (40x50)	A	17,25	8,05	1,27
	A-C	5,21	6,00	0,56
	C	10,06	6,00	0,80
	C-D	4,78	1,69	0,32
	D	10,16	6,00	0,81
	D-G	5,15	6,29	0,57
	G	17,02	7,95	1,25

Continuación Tabla 29: Porcentajes de área de acero, análisis dinámico, en vigas del Nivel 2.

V.4.5.3 Requerimientos de área de acero transversal en vigas

A continuación se presentan los requerimientos de área de acero transversal para las vigas del Nivel 1 de la estructura, ya sea para el análisis estático de carga vertical, que para el análisis dinámico.

En la siguiente tabla se indica con “Estribos + barra diagonal” a las cabillas de refuerzo transversal que se han colocado en las vigas. Es importante resaltar que la estructura construida posee la misma separación de estribos a lo largo de toda la viga, sin distinguir la zona sísmica, de las restantes zonas de confinamiento. Se indica con “As Colocado” al área de acero correspondiente a dichas cabillas. Luego se indica con “As Carga Vertical” al requerimiento de área de acero transversal para el análisis de carga vertical. Se indica con “As Análisis Dinámico” al requerimiento de área de acero transversal para el análisis dinámico espacial.

En las tablas se indica con el símbolo “S/I” a aquellas secciones de vigas que resultaron ser de dimensiones insuficientes.

A continuación se muestran los resultados de los requerimientos de área de acero transversal en vigas del Nivel 1, según la tabla 30:

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Estribos + barra diagonal	"As" Colocado cm^2/m	"As" Carga Vertical cm^2/m	"As" Análisis Dinámico cm^2/m
1-V2 (A-G) n1	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	3,33	S/I
	A-C		6,34	0,00	9,40
	C		6,34	3,33	S/I
	C-F		6,34	0,00	5,33
	F		6,34	3,33	S/I
	F-G		6,34	0,00	8,65
	G		6,34	3,33	S/I
1-V3 (A-G) n2	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	5,00	S/I
	A-C		6,34	0,00	8,80
	C		6,34	3,33	S/I
	C-D		6,34	0,00	4,35
	D		6,34	3,33	19,66
	D-G		6,34	0,00	9,60
	G		6,34	4,90	S/I
1-V4(A-G) 1-V5(A-G) 1-V6(A-G) 1-V7(A-G) 1-V8(A-G) n3	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	5,30	S/I
	A-C		6,34	0,00	9,64
	C		6,34	3,33	S/I
	C-D		6,34	0,00	5,64
	D		6,34	3,33	16,90
	D-G		6,34	0,00	8,20
	G		6,34	5,30	S/I
1-V9 (A-G) n4	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	5,50	S/I
	A-B		6,34	0,00	8,50
	B		6,34	3,33	S/I
	B-E		6,34	0,00	4,31
	E		6,34	3,33	S/I
	E-G		6,34	0,00	9,52
	G		6,34	4,70	S/I

Tabla 30: Requerimientos de área de acero transversal en vigas del Nivel 1

NIVEL 1 (PA) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Estribos + barra diagonal	"As" Colocado cm^2	"As" Carga Vertical cm^2/m	"As" Análisis Dinámico cm^2/m
1-V10 (A-G) n5	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	5,30	S/I
	A-B		6,34	0,00	8,40
	B		6,34	3,33	18,75
	B-E		6,34	0,00	5,50
	E		6,34	3,33	S/I
	E-G		6,34	0,00	7,33
	G		6,34	5,30	S/I
1-V11 (A-G) n6	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	4,90	S/I
	A-C		6,34	0,00	8,70
	C		6,34	3,33	S/I
	C-D		6,34	0,00	2,30
	D		6,34	3,33	S/I
	D-G		6,34	0,00	6,20
	G		6,34	4,90	S/I
1-V12 (A-G) n7	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	5,50	S/I
	A-C		6,34	0,00	7,33
	C		6,34	3,33	S/I
	C-D		6,34	0,00	2,50
	D		6,34	3,33	19,25
	D-G		6,34	0,00	7,80
	G		6,34	5,50	S/I
1-V13 (A-G) n8	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	5,30	S/I
	A-C		6,34	0,00	6,60
	C		6,34	3,33	S/I
	C-D		6,34	0,00	3,33
	D		6,34	3,33	S/I
	D-G		6,34	0,00	7,74
	G		6,34	5,30	S/I

Continuación Tabla 30: Requerimientos de área de acero transversal en vigas del Nivel 1

NIVEL 1 (PA) Fy = 2800 kgf/cm ²					
Viga	Apoyo o Tramo	Estribos + barra diagonal	"As" Colocado cm ²	"As" Carga Vertical cm ² /m	"As" Análisis Dinámico cm ² /m
1-VC (1-2) n9	1	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	3,33	12,30
	1--2		6,34	0,00	4,20
	2		6,34	3,33	13,65
1-VF(1-2) n10	1	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	3,33	12,60
	1--2		6,34	0,00	2,50
	2		6,34	3,33	11,50

Continuación Tabla 30: Requerimientos de área de acero transversal en vigas del Nivel 1

A continuación se muestra la tabla correspondiente a los requerimientos de área de acero transversal para las vigas del Nivel 2 de la estructura, según la tabla 31:

NIVEL 2 (Techo) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Estribos + barra diagonal	"As" Colocado cm^2/m	"As" Carga Vertical cm^2/m	"As" Análisis Dinámico cm^2/m
2-V1 (A-G) n1	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	3,33	S/I
	A-C		6,34	0,00	5,60
	C		6,34	2,60	14,40
	C-F		6,34	0,00	3,33
	F		6,34	2,60	15,90
	F-G		6,34	0,00	6,12
	G		6,34	3,33	S/I
2-V2 (A-G) n2	A	F1/4"C/.20 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,65	2,60	S/I
	A-C		6,65	0,00	4,80
	C		6,65	2,40	14,40
	C-F		6,65	0,00	1,90
	F		6,65	2,40	15,90
	F-G		6,65	0,00	4,33
	G		6,65	2,60	S/I
2-V3 (A-G) 2-V4 (A-G) 2-V5 (A-G) 2-V6 (A-G) 2-V7 (A-G) 2-V8 (A-G) n3	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	3,33	S/I
	A-C		6,34	0,00	5,64
	C		6,34	2,40	S/I
	C-D		6,34	0,00	3,33
	D		6,34	2,40	S/I
	D-G		6,34	0,00	4,20
	G		6,34	3,33	S/I
2-V9 (A-G) n4	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	2,20	S/I
	A-B		6,34	0,00	5,50
	B		6,34	1,40	16,70
	B-E		6,34	0,00	3,33
	E		6,34	1,40	18,30
	E-G		6,34	0,00	4,52
	G		6,34	2,20	S/I

Tabla 31: Requerimientos de área de acero transversal en vigas del Nivel 2

NIVEL 2 (Techo) $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$					
Viga	Apoyo o Tramo	Estribos + barra diagonal	"As" Colocado cm^2/m	"As" Carga Vertical cm^2/m	"As" Análisis Dinámico cm^2/m
2-V10 (A-G) n5	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	3,33	S/I
	A-B		6,34	0,00	4,22
	B		6,34	2,60	S/I
	B-E		6,34	0,00	1,25
	E		6,34	2,60	S/I
	E-G		6,34	0,00	5,50
	G		6,34	3,33	S/I
2-V11 (A-G) n6	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	3,33	S/I
	A-C		6,34	0,00	4,58
	C		6,34	2,60	S/I
	C-D		6,34	0,00	3,33
	D		6,34	2,60	S/I
	D-G		6,34	0,00	5,40
	G		6,34	3,33	S/I
2-V12 (A-G) n7	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	3,33	S/I
	A-C		6,34	0,00	5,36
	C		6,34	2,60	S/I
	C-D		6,34	0,00	2,13
	D		6,34	2,60	S/I
	D-G		6,34	0,00	4,40
	G		6,34	3,33	S/I
2-V13 (A-G) n8	A	F1/4"C/.25 + 1F1" (aporte barra diagonal)	6,34	1,20	S/I
	A-C		6,34	0,00	5,67
	C		6,34	1,20	S/I
	C-D		6,34	0,00	3,90
	D		6,34	1,20	S/I
	D-G		6,34	0,00	4,20
	G		6,34	1,20	S/I

Continuación Tabla 31: Requerimientos de área de acero transversal en vigas del Nivel 2

V.4.6 Resultados análisis en columnas

Requerimiento de área de acero en columnas

A continuación se muestran los requerimientos de área de acero en columnas, para el análisis a carga vertical y análisis dinámico, según la tabla 32:

Columnas	Nivel	f'c=200 kgf/cm ²		fy = 2800 kgf/cm ²				
		Tipo	Dimensiones actuales (cm.xcm)	Acero actual		Acero Longitudinal Requerido (cm ²)		
				As longit. cm ²	% "As" Colocado	Carga Vertical	Análisis Dinámico	% área de acero.
A1,G1 n1	PB	Elíptica	40 - 70	23,75	1,08	19,36	145,16	6,60
	PA			23,75	1,08	19,36	145,16	6,60
A2,A3,A4, A5,A6,A7, A8,A9,A10, G2,G3,G4, G5,G6,G7, G8,G9,G10 n2	PB	Rectangular	40 x 70	23,28	0,83	19,36	145,16	5,18
	PA			23,28	0,83	19,36	145,16	5,18
A12, A13, G12,G13 n3	PB	Rectangular	40 x 70	31,04	1,11	19,36	145,16	5,18
	PA			31,04	1,11	19,36	145,16	5,18
B9,B10,C2, C3,C4,C5, C6, C7, C8, D3,D4,D5, D6,D7,D8, E9,E10,F2 n4	PB	Cuadrada	40 x 40	22,80	1,43	9,74	100,64	6,29
	PA			11,40	0,71	9,74	100,64	6,29
C1,F1 n5	PB	Circular	F 40	23,28	1,85	12,91	91,63	7,29
	PA			23,28	1,85	12,91	91,63	7,29
C11, D11, A11, G11 n6	PB	Cuadrada	25 x 25	15,52	2,48	9,36	51,61	8,26
	PA			15,52	2,48	9,36	51,61	8,26
C12, D12 n7	PB	Rectangular	25 x 40	15,52	1,55	10,80	78,97	7,90
	PA			15,52	1,55	10,80	78,97	7,90
C13, D13 n8	PB	Rectangular	25 x 40	40,54	4,05	10,80	78,97	7,90
	PA			11,40	1,14	10,80	78,97	7,90
Escaleras n9	-	Circular	45	51,30	3,23	12,91	87,60	5,51

Tabla 32: Requerimientos de área de acero en columnas.

En la siguiente tabla se muestran valores de dimensiones mínimas requeridas de las secciones de las columnas, tal que el porcentaje de área de acero, obtenido con el análisis dinámico, esté comprendido entre el 1% y el 6% del área de la sección de la columna, como establecido en la norma Covenin 1753-06.

Columnas	Nivel	Tipo	Dimensiones actuales (cm×cm)	Dimensiones requeridas análisis dinámico (cm×cm)
A1,G1 n1	PB	Elíptica	40 - 70	45 - 70
	PA			
A2,A3,A4, A5,A6,A7, A8,A9,A10, G2,G3,G4, G5,G6,G7, G8,G9,G10 n2	PB	Rectangular	40 x 70	40 x 70
	PA			
A12, A13, G12,G13 n3	PB	Rectangular	40 x 70	40 x 70
	PA			
B9,B10,C2, C3,C4,C5, C6, C7, C8, D3,D4,D5, D6,D7,D8, E9,E10,F2 n4	PB	Cuadrada	40 x 40	40 x 45
	PA			
C1,F1 n5	PB	Circular	F 40	F 45
	PA			
C11, D11, A11, G11 n6	PB	Cuadrada	25 x 25	30 x 30
	PA			
C12, D12 n7	PB	Rectangular	25 x 40	35 x 40
	PA			
C13, D13 n8	PB	Rectangular	25 x 40	35 x 40
	PA			
Escaleras n9	-	Circular	45	45

Tabla 33: Dimensiones requeridas en columnas.

V.7 Tablas de deterioro físico de la edificación

En las siguientes tablas se reportan de manera resumida los resultados obtenidos de las condiciones de deterioro físico de la edificación; esto se ha realizado para columnas, vigas, losas y paredes. Para ello, se ha realizado la inspección visual de la edificación, indicando el tipo y nivel de daño de deterioro en las correspondientes planillas de levantamiento de daños (ver Anexo 1).

Todos aquellos elementos estructurales, así como losas y paredes, que no resultan indicados en las siguientes tablas, no poseen ningún tipo de daño que se ha podido apreciar a través de la inspección visual.

A continuación se presentan los resultados de deterioro físico obtenidos para las columnas, según la tabla 34:

Columnas	Daño		
	Tipo		Nivel
A1, A2, A3, B9, B10, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C11, C12, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D11, D12, E10, F2, G1, G2, G3, G4, G8, G9, G10, G12, G13	Humedad		
	Poros	X	1
A2, A3, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, D6, D13, E9, F1, F2, G5, G6, G7	Humedad		
	Poros	X	2
A4, A5, C13, G11	Humedad		
	Poros	X	3
A13	Humedad	X	1
	Poros	X	2

Tabla 34: Deterioro físico en columnas

Siguiendo el mismo criterio de clasificación de daños, a continuación se reportan los resultados obtenidos para las vigas, según la tabla 35:

Vigas	Daño		
	Tipo		Nivel
1-V5(A-G), 1-V10(A-G), 2-V11(A-G), 2-V12(A-G), 2-V13(A-G), 2-V13(A-G)	Humedad		
	Poros	X	1
1-VC(1-2)	Humedad		
	Poros	X	2
1-VF(1-2)	Humedad	X	1
	Poros		
2-V10(A-G)	Corrosión	X	1
	Poros	X	2

Tabla 35: Deterioro físico en vigas

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las losas, según la tabla 36:

Nivel / Losa	Eje longitudinal	Eje transversal	Daño		
			Tipo		Nivel
PB	C	4	Humedad		
			Poros		
			Capa Vegetal		
			D.M. ^(*) (cerámicas)	X	4
PB	C	9	Humedad		
			Poros		
			Capa Vegetal		
			D.M. ^(*) (cerámicas)	X	3
LN-2	C	9	Humedad	X	4
			Poros		
			Capa Vegetal		
			D.M. ^(*) (cerámicas)		
LN-T	C	9	Humedad	X	3
			Poros		
			Capa Vegetal		
			D.M. ^(*) (cerámicas)		

Tabla 36: Deterioro físico en losas

A continuación se muestran los daños observados en paredes, según la tabla 37:

Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Daño			Fachada
			Tipo		Nivel	
PB	G	2-5	Humedad	X	1	Norte
			Poros			
			Capa Vegetal	X	2	
			D.M. ^(*)			

Tabla 37: Deterioro físico en paredes

^(*) D.M. = Desprendimiento de mosaicos

CONCLUSIONES

En base a la inspección visual y a los resultados obtenidos sobre el estado de deterioro físico de la edificación, se ha determinado que los elementos estructurales analizados (todas las columnas y vigas) se encuentran en buen estado. Por otra parte, en las zonas cercanas a las escaleras internas de la edificación las losas de entrepiso y techo presentan problemas de humedad que afectan aproximadamente un 4% del área total de las losas. Se ha observado que la losa de planta baja presenta problemas de desprendimiento de cerámicas, en los pasillos de la edificación, que llegan a afectar el 1% del área total de dicha losa. Todas las paredes se encuentran en buen estado físico, a excepción de la pared G (2-5) que presenta crecimiento de capa vegetal y humedad, en la fachada Norte.

Desde el punto de vista estructural, la edificación analizada posee sólo vigas en una dirección. En línea general, esto le confiere a la estructura una menor capacidad de resistencia antes sollicitaciones sísmicas. El análisis de la estructura a través del programa de cálculo asistido por computadora ETABS, permitió obtener todos los valores deseados de dimensiones de las secciones de los elementos, así como los requerimientos de área de acero de los distintos elementos estructurales. Este modelo se realizó de la manera más precisa posible, a través de la presencia de los nervios de las losas nervadas, los cuales se disponen en dirección perpendicular a las vigas, y representan, en última instancia, los elementos resistentes de la estructura ante sollicitaciones sísmicas en dirección del eje mayor de la misma (dirección Este-Oeste).

Desde un punto de vista analítico bajo condición estática de carga vertical la edificación posee la resistencia necesaria.

Según la Norma Covenin 1756:01, el análisis adecuado de esta estructura debe tener un factor de reducción de respuesta de las sollicitaciones sísmicas igual a uno para garantizar la rigidez necesaria que debe poseer la estructura, debido a su vulnerabilidad ante sismos. De esta forma se han obtenido valores elevados para las áreas de acero requeridas en los elementos estructurales analizados bajo condición dinámica. Los valores de área de

acero obtenidos para las vigas con el programa de cálculo para el análisis dinámico, tuvieron un porcentaje de área de acero máximo de 1,75% que entra en el rango permitido por la norma Covenin 1753:2006. Se ha determinado que un total de trece vigas (lo cual equivale a un 48,18% de las vigas de toda la edificación) no contienen suficiente acero longitudinal, según lo requerido por el análisis dinámico correspondiente. Mientras que para el acero de corte, las 27 vigas de la edificación no poseen suficiente área de acero, según lo requerido por el análisis dinámico.

Por otro lado, todos los valores requeridos de área de acero que se han obtenido con el programa de cálculo ETABS, bajo condiciones de análisis dinámico, para las 54 columnas presentes en toda la edificación fueron mayores que los utilizados en la construcción de las mismas. Por lo cual todas las columnas poseen un área de acero de refuerzo insuficiente. El porcentaje máximo de acero longitudinal requerido en las columnas es de un 8,3%, siendo este valor mayor a los valores permitidos por la Norma Covenin 1753-2006. Este porcentaje corresponde a las columnas de área transversal de 25cmx25cm, las cuales junto con las columnas de dimensiones 25cmx40cm, no cumplen con la Norma Covenin 1753-2006, sección 18.4.2, la cual indica lo siguiente: *la menor dimensión transversal, medida a lo largo de una recta que pase por su centro geométrico, no sea menor que 30cm.*

De los planos estructurales se observó que la separación entre las ligaduras de las columnas existentes en la edificación es de 25cm, dicha separación no cumple con la Norma Covenin 1753:2006 como indicado en la sección 18.8.5: *La separación máxima entre las ligaduras de las columnas debe ser de 15cm.* De esta forma la separación del acero de confinamiento utilizado en la estructura en los nodos sísmicos en vigas y columnas no cumple con los requerimientos exigidos por la Norma Covenin 1753:2006.

El recubrimiento de concreto de 2,5cm utilizado en los elementos estructurales de la edificación es la mitad del valor exigido por la Norma Covenin 1753-2006. Esto proporciona un menor margen de seguridad ante la corrosión del acero de refuerzo, en particular en columnas ubicadas en la planta baja.

RECOMENDACIONES

-La principal recomendación consiste en la realización del análisis estructural a través de un modelo en ETABS que considere el efecto producido por losas, paredes, así como otros elementos arquitectónicos, sobre el comportamiento estructural, con la finalidad de obtener requerimientos de área de acero más precisos.

-Mediante la detección del acero de refuerzo con el sistema Ferrosan FS10 se pudieron determinar separaciones entre estribos y ligaduras, así como las separaciones entre barras longitudinales en columnas y en vigas. No fue posible la determinación del diámetro de las barras debido a problemas técnicos con el equipo. Por ende, se recomienda realizar un levantamiento con un equipo que sea capaz de determinar el diámetro de las barras utilizadas en la construcción de la edificación. Esto a pesar que, por planos, se ha podido disponer de todos los valores de área de acero, detallado del armado y de las dimensiones de todos los elementos estructurales. Sin embargo esta detección, con un equipo adecuado, es importante para comprobar la buena construcción de la estructura acorde con los planos, asegurándose de que la obra ejecutada, corresponde exactamente a lo indicado en los planos.

-Se recomienda estudiar la posibilidad de reforzar toda la estructura en el sentido Este-Oeste (sentido largo del edificio), que como se sabe, carece de vigas capaces de absorber las fuerzas sísmicas en esa dirección. Esto se podría lograr mediante una estructura complementaria preferiblemente interna, a fin de no alterar la arquitectura de esta edificación que forma parte del Patrimonio Universal de la UNESCO, como lo es toda la Ciudad Universitaria de Caracas.

-Por último, se recomienda realizar las reparaciones necesarias en aquellas losas que presentan estado de deterioro, debido a la humedad y al desprendimiento de cerámicas, así como la pared G (2-5), que presenta crecimiento de capa vegetal y humedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Benshimol R., S. (2007). Un domingo con Salomón: El terremoto de Caracas en 1967. Diario La Voz. [Diario en línea].
Disponible: <http://www.diariolavoz.net/seccion.asp?pid=18&sid=435¬id=230882>
[Consulta: 2009, septiembre 15]
- 2) Norma COVENIN: 1756:2001. “Edificaciones Sismorresistentes”. Norma Venezolana.
- 3) Arozena Affigne, Eguzki María (2005). “Evaluación del Comportamiento Estructural Del Edificio de Ingeniería Sanitaria de la Ciudad Universitaria de Caracas”. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Central de Venezuela. Caracas COVENIN: 1756:2001. “Edificaciones Sismorresistentes”. Norma Venezolana.
- 4) (2009). Google Earth. Escala: S/E. Mapa fotográfico: Plano de ubicación del Edificio Sede del Laboratorio de Ciencias de la Ciudad Universitaria de Caracas.
- 5) Planos de Arquitectura 25A–A1 del Edificio Sede del Laboratorio de Ciencias, proyecto original “Laboratorio de Biología Carlos Raúl Villanueva”
- 6) Norma COVENIN: 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” (1ª Revisión). Norma Venezolana.

ANEXOS

ANEXO 1

PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

ESTRUCTURA EN ESTUDIO: EDIFICIO SEDE DE LAB. CIENCIAS

Planilla N° : 1 / 3

Tipo de miembro estructural:				losa	viga	columna	X
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de acabado	Daño			Observaciones
				Tipo		Nivel	
PB	A-1		OBRA LIMPIA	Humedad			
				Poros	X	1	
PB	A-2			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	A-3			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	A-4			Humedad			
				Poros	X	3	
PB	A-5			Humedad			
				Poros	X	3	
PB	A-6			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	A-7			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	A-8			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	A-9			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	A-10			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	A-11			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	A-12			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	A-13			Humedad	X	1	
				Poros	X	2	
PB	B-9			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	B-10			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	C-1			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	C-2			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	C-3			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	C-4			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	C-5			Humedad			
				Poros	X	1	

PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

ESTRUCTURA EN ESTUDIO: EDIFICIO SEDE DE LAB. CIENCIAS

Planilla Nº: 2 / 3

Tipo de miembro estructural:				losa	viga	columna	X
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de acabado	Daño			Observaciones
				Tipo		Nivel	
PB	C-6		OBRA LIMPIA	Humedad			
				Poros	X	1	
PB	C-7			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	C-8			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	C-11			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	C-12			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	C-13			Humedad			
				Poros	X	3	
PB	D-3			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	D-4			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	D-5			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	D-6			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	D-7			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	D-8			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	D-11			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	D-12			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	D-13			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	E-9			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	E-10			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	F-1			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	F-2			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	G-1			Humedad			
				Poros	X	1	

PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS
 ESTRUCTURA EN ESTUDIO: EDIFICIO SEDE DE LAB. CIENCIAS

Planilla N° : 3 / 3

Tipo de miembro estructural:				losa	viga	columna	X
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de acabado	Daño			Observaciones
				Tipo		Nivel	
PB	G-2		OBRA LIMPIA	Humedad			
				Poros	X	1	
PB	G-3			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	G-4			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	G-5			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	G-6			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	G-7			Humedad			
				Poros	X	2	
PB	G-8			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	G-9			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	G-10			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	G-11			Humedad			
				Poros	X	3	
PB	G-12			Humedad			
				Poros	X	1	
PB	G-13			Humedad			
				Poros	X	1	
				Humedad			
				Poros			
				Humedad			
				Poros			
				Humedad			
				Poros			
				Humedad			
				Poros			
				Humedad			
				Poros			
			Humedad				
			Poros				
			Humedad				
			Poros				

PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

ESTRUCTURA EN ESTUDIO: EDIFICIO SEDE DE LAB. CIENCIAS

Planilla Nº: 1 / 2

Tipo de miembro estructural:				losa	viga		X	columna	
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de acabado	Daño			Observaciones		
				Tipo		Nivel			
1	2	A-G	OBRA LIMPIA	Humedad					
				Poros					
1	3	A-G		Humedad					
				Poros					
1	4	A-G		Humedad					
				Poros					
1	5	A-G		Humedad					
				Poros	X	1			
1	6	A-G		Humedad					
				Poros					
1	7	A-G		Humedad					
				Poros					
1	8	A-G		Humedad					
				Poros					
1	9	A-G		Humedad					
				Poros					
1	10	A-G		Humedad					
				Poros	X	1			
1	11	A-G		Humedad					
				Poros					
1	C	1-2		Humedad					
				Poros	X	2			
1	F	1-2		Humedad	X	1			
				Poros					
2	2	A-G		Humedad					
				Poros					
2	3	A-G		Humedad					
				Poros					
2	4	A-G		Humedad					
				Poros					
2	5	A-G		Humedad					
				Poros					
2	6	A-G		Humedad					
				Poros					
2	7	A-G		Humedad					
				Poros					
2	8	A-G		Humedad					
				Poros					
2	9	A-G		Humedad					
				Poros					

PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

ESTRUCTURA EN ESTUDIO: EDIFICIO SEDE DE LAB. CIENCIAS

Planilla Nº : 2 / 2

Tipo de miembro estructural: losa				viga	X	columna	
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de acabado	Daño			Observaciones
				Tipo		Nivel	
2	10	A-G	OBRA LIMPIA	Humedad			
				Poros	X	1	
				Capa Vegetal			
				Corrosión	X	1	
2	11	A-G		Humedad			
				Poros	X	1	
				Capa Vegetal			
				Corrosión			
2	12	A-G		Humedad			
				Poros	X	1	
				Capa Vegetal			
				Corrosión			
2	13	A-G		Humedad			
				Poros	X	1	
				Capa Vegetal			
				Corrosión			

PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

ESTRUCTURA EN ESTUDIO: EDIFICIO SEDE DE LAB. CIENCIAS

Planilla N° : /

Tipo de miembro estructural:				losa	X	columna		viga		
Nivel / Losa	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de acabado	Daño				Fachada		
				Tipo		Nivel				
PB	C	4		Humedad						
				Poros						
				Capa Vegetal						
				D.M.		X	4			
PB	C	9		Humedad						
				Poros						
				Capa Vegetal						
				D.M.		X	3			
LN-2	C	9		Humedad		X	4			
				Poros						
				Capa Vegetal						
				D.M.						
LN-T	C	9		Humedad		X	3			
				Poros						
				Capa Vegetal						
				D.M.						

PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

ESTRUCTURA EN ESTUDIO: EDIFICIO SEDE DE LAB. CIENCIAS

Planilla N° : 1 / 1

Tipo de miembro estructural:				losa		pared	X	otro		
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de acabado	Daño			Fachada			
				Tipo		Nivel				
PB	G	2-5	Mixto	Humedad	X	1				
				Poros						
				Capa Vegetal	X	2				
				D.M.						

ANEXO 2



Foto del Anexo 2: Se observa la ausencia de vigas en la dirección Este-Oeste (dirección larga de la edificación). Se observan las columnas de los ejes 12, 11, 10 y 9 de izquierda a derecha.

ANEXO 3

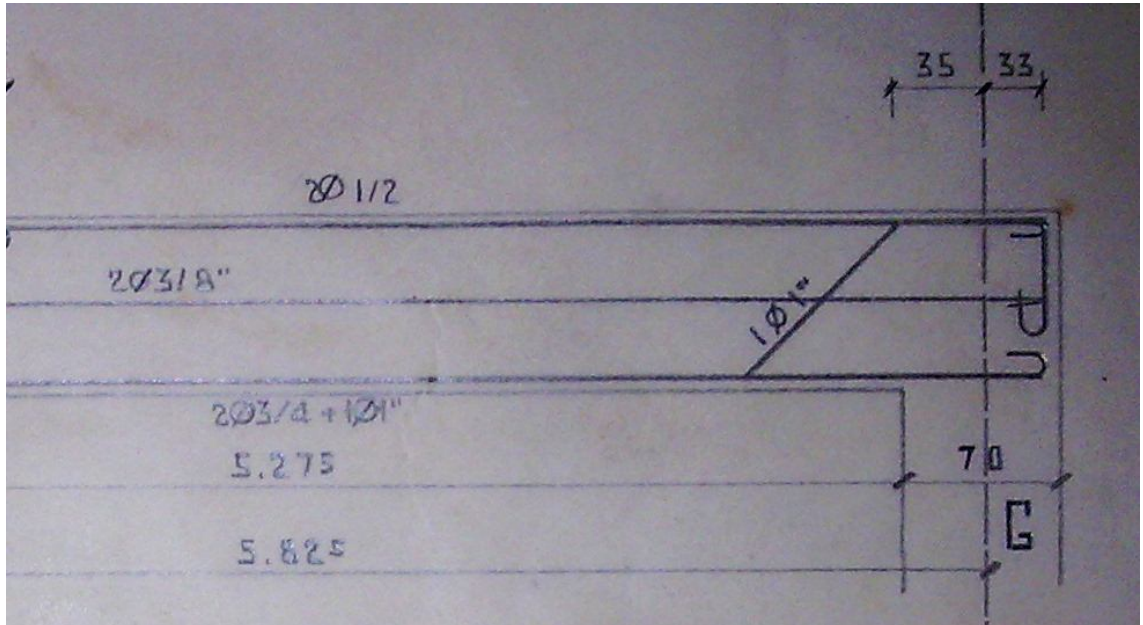


Foto 1 del Anexo 3: Imagen tomada del plano original correspondiente a la viga 1-V2(A-G), donde se observa el detallado de acero de refuerzo longitudinal en el apoyo G.

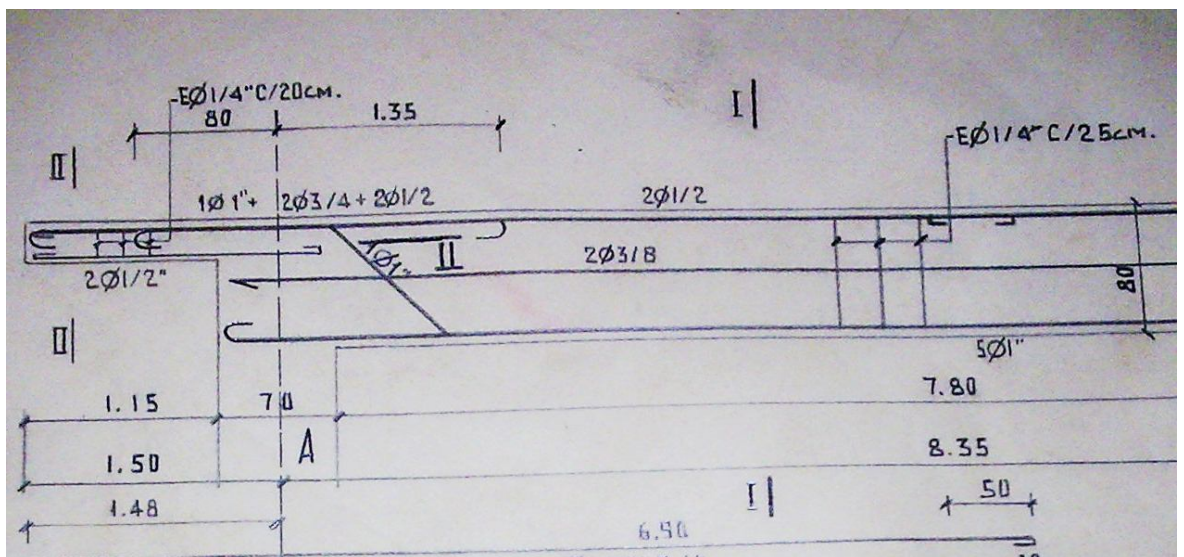


Foto 2 del Anexo 3: Imagen tomada del plano original correspondiente a la viga 1-V2(A-G), donde se observa la separación entre estribos de 25cm a lo largo de la viga.

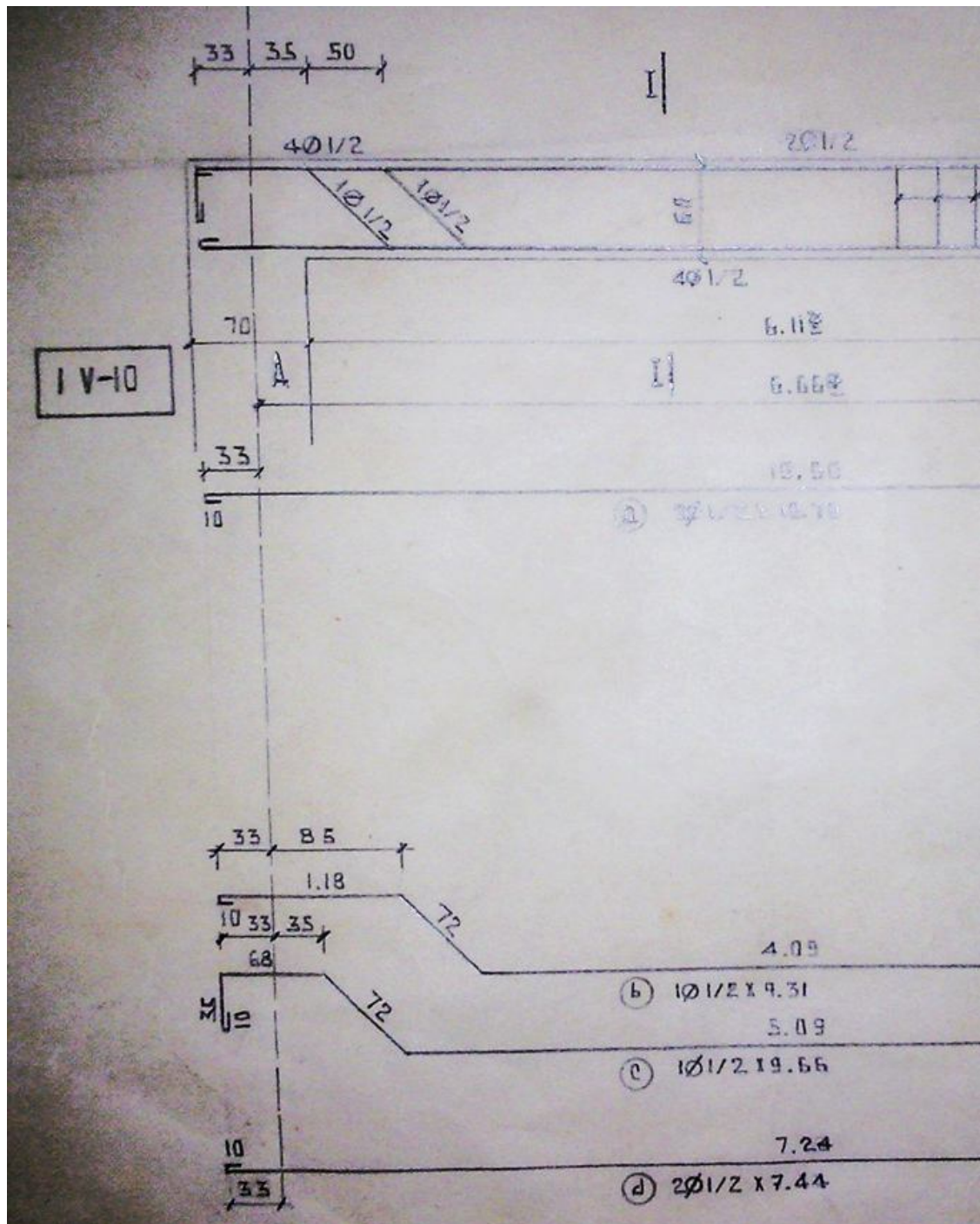
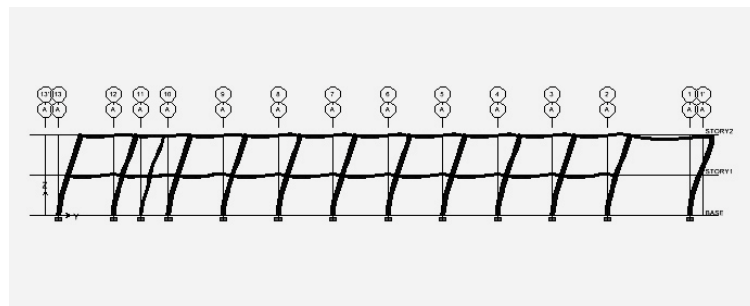
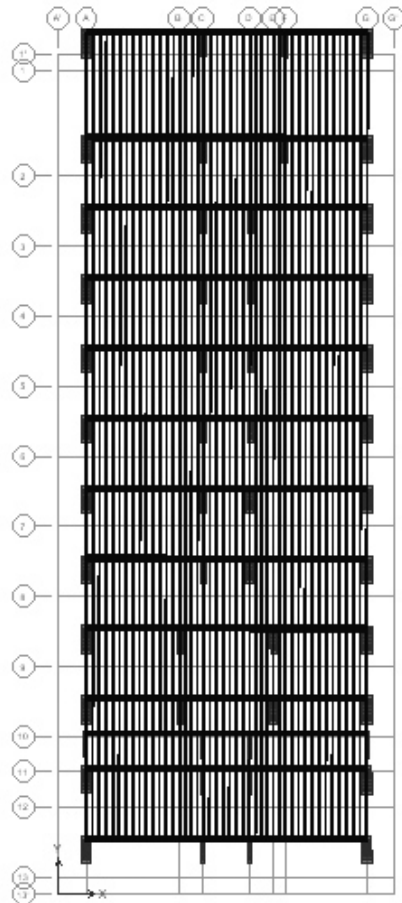


Foto 3 del Anexo 3: Imagen tomada del plano original correspondiente a la viga 1-V10(A-G), donde se observa el detallado de acero de refuerzo longitudinal en el apoyo A.

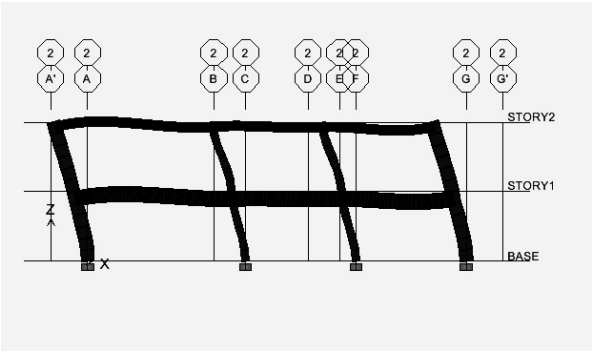
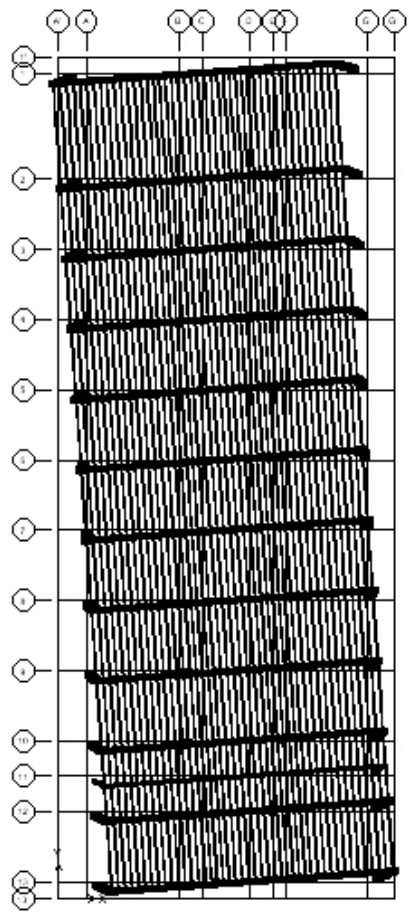
ANEXO 4

Modos de Vibración de la Estructura

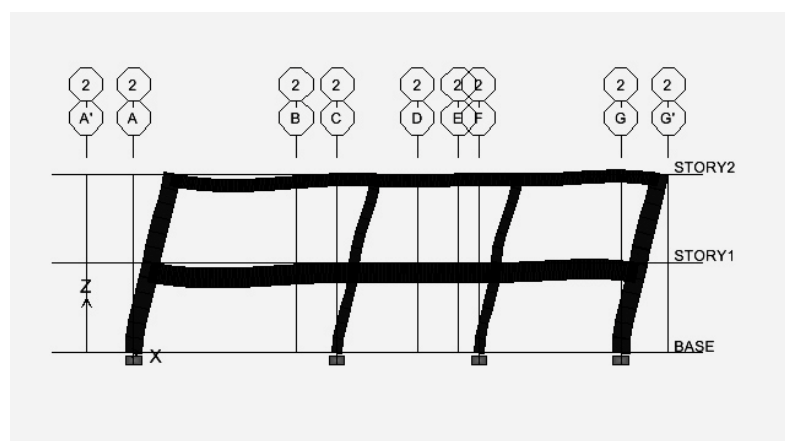
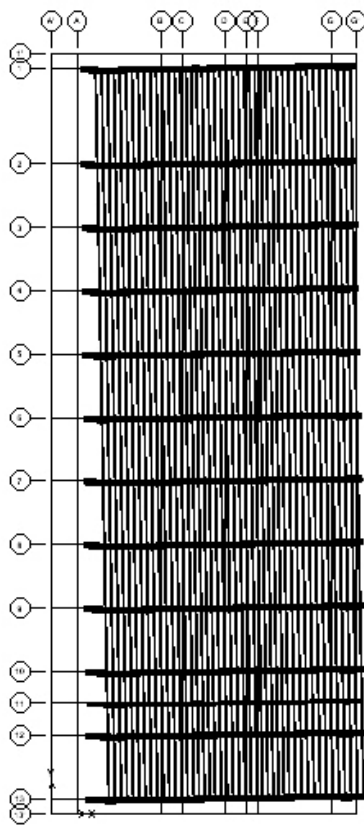
Modo 1: Paralelo al eje mayor de la estructura (eje y)



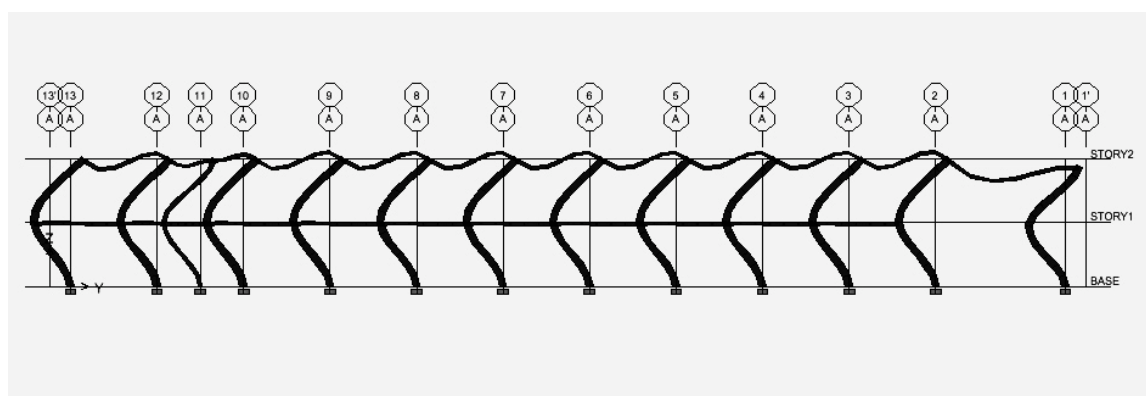
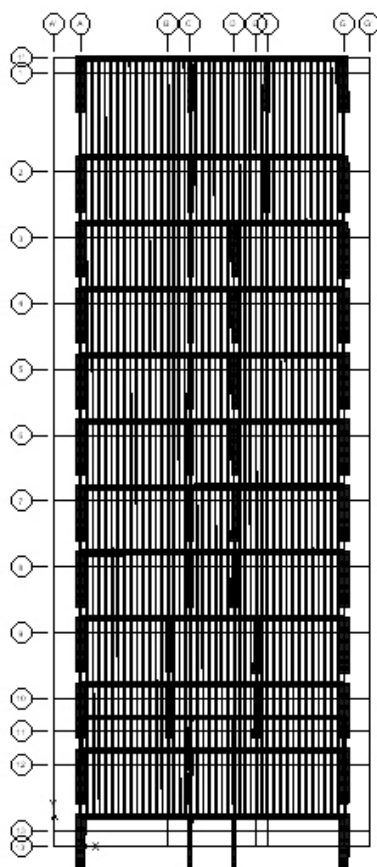
Modo 2



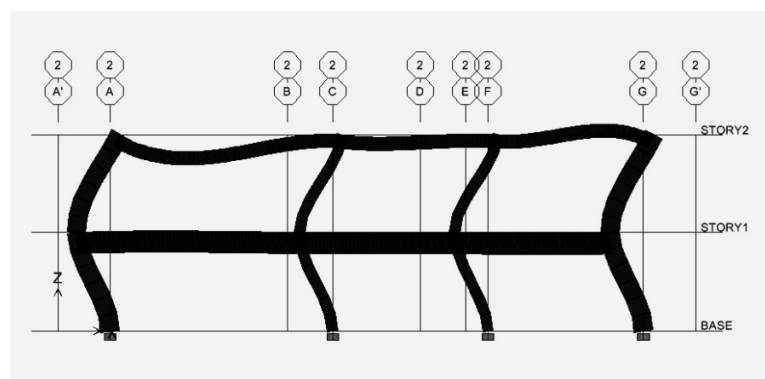
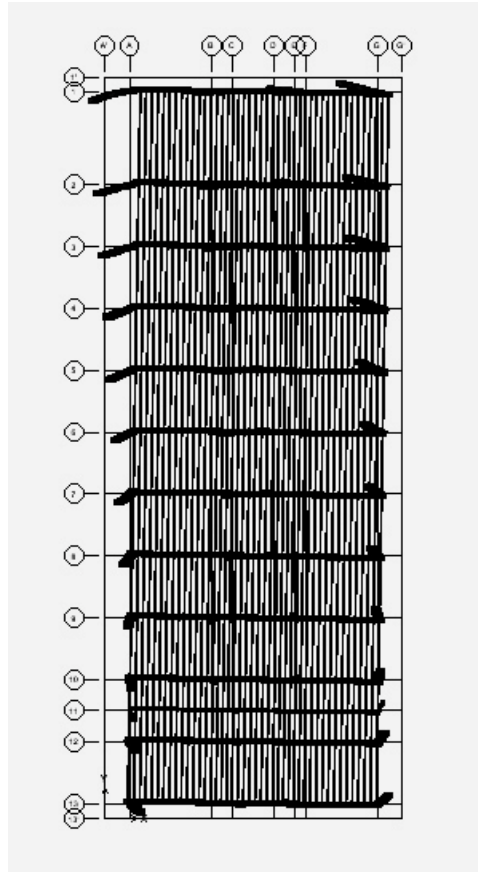
Modo 3



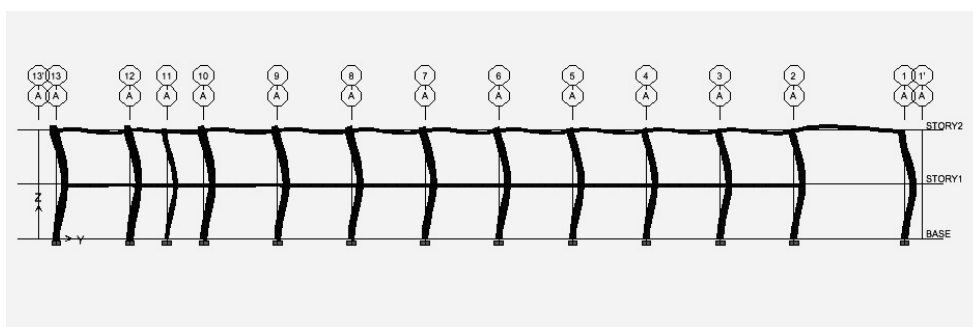
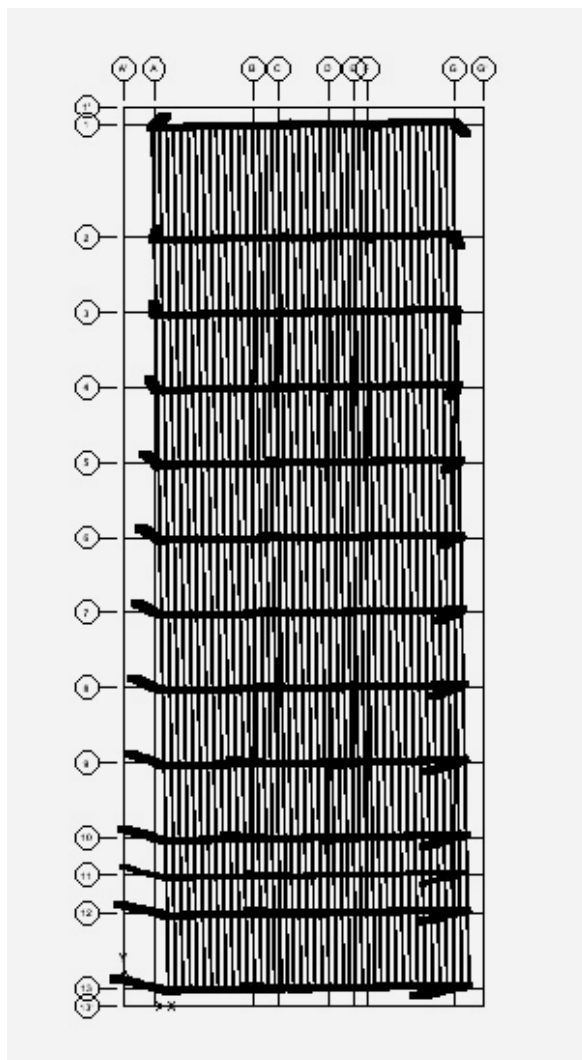
Modo 4



Modo 5



Modo 6



ANEXO 5

Tabla de masas participativas

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
1	1,006	0,0001	85,5647	0	0,0001	85,5647
2	0,677	1,9521	0,0071	0	1,9522	85,5718
3	0,568	84,9563	0	0	86,9085	85,5719
4	0,252	0	14,4273	0	86,9085	99,9992
5	0,170	5,4639	0,0005	0	92,3724	99,9997
6	0,165	7,6276	0,0003	0	100	100

Mode	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	99,4358	0,0001	0,0081	99	0,0001	0,0081
2	0,0054	2,6499	85,5662	99	2,6500	85,5744
3	0	97,0392	1,6890	99	99,6892	87,2634
4	0,5587	0	0,0017	100	99,6892	87,2650
5	0	0,1132	6,5339	100	99,8024	93,7990
6	0	0,1976	6,201	100	100	100