

Trabajo Especial de Grado

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE LOS MUSEOS DE LA
CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al título
de Ingeniero Civil.
Por el Br. Sucre Matíz, Leopoldo José

Caracas, Junio de 2006

Trabajo Especial de Grado

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE LOS MUSEOS DE LA
CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS**

Tutor: Prof. Juan J. Tejón Entrialgo

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al título
de Ingeniero Civil.
Por el Br. Sucre Matíz, Leopoldo José

Caracas, Junio de 2006

ACTA

El día **26 de junio del 2006** se reunió el jurado formado por los profesores:

Angelo Marinilli

María Eugenia Korody

Juan José Tejón

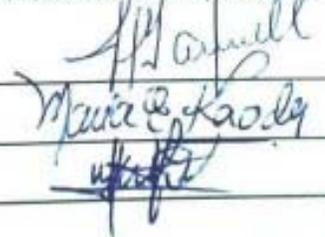
Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE LOS MUSEOS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS"**. Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que el (la, las, los) bachiller(es) hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Leopoldo J. Sucre M.	17	Diecisiete

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO



Caracas, 26 de junio de 2006

A mi familia,

Que siempre han estado en los momentos cumbres de mi vida con consejos y derroche de cariño, limando día a día todas mis dudas y angustias, con la mejor y más incansable de las voluntades. Sin ustedes, no habría podido llegar a escribir estas líneas, porque no hubiera alcanzado ninguno de mis sueños.

Siempre los llevo conmigo

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ayudarme cada vez que se lo he pedido, por darme fuerza y un sin fin de oportunidades en el camino.

A mi Papá, fuente inagotable de inspiración, mi héroe de la niñez y reflejo de lo que soy y seré. “Capitán Pepe”, “Professional Hunter”... cuenta conmigo!

A mi “Mario” de quien heredé todas las destrezas que me hacen diferente de los demás. Esa parte de mí que no me deja pasar inadvertido, por más que lo intente. Gracias mamá, esta medalla también es para ti.

A mis hermanos Anacarolina y Dani, mis mejores amigos.

A mi familia: mi Abuelita Cruzana y mi “Amor”, mi Tíos Leo, Francisco, Manuel, Carmelo, Gustavo, Mario, Juan Manuel, Kiko, Guillermo, Inés, Diana, Danielle, Chamo, Pipi, Kiki, Nelly, mis padrinos Iván e Inés, mis primos Napo, Kiko, Eduardo, David, Victor, Manolo, Ricardo, La Chiqui, Irina, Pilín, Pilón, Dianita, Leito y Manny. Este trabajo también es para ustedes. Gracias a todos.

A mi Abuelito, Mi Bisabuela, mi Tía Olgui y Miguel Ángel, porque sé que están aquí conmigo.

A mis amigos Ponchopire, Humby José, Hervido, Marroncho, Chapita José, Casalex, Simón/Christian y el deo e’ Raúl, Luis Pepito y el Trancapalanca, El Negro, Junior, Machín, Pepe Trueno, Er Jector, Ozzy, Rothico, Turox, Sumo, Pájaro, Xevy, Fran, Kenny, Tosco, Wasabe, Mentecita, La Huele, La Flaca, Yaritza, Manzanito y Mambel, al Ácido Zarzaléjico, El Artista, William, Kike, HappyHarry, Mamichi, El Niño y La Niña, Ricky, El Profesor, Rogito, El Gocho, Jean, Pavo Viejo, Cocó, Saimito, Mamarcos, Armandex, Frank, Ale, Rebe, Helmut, José Alfredo. Gracias por los mejores años; dentro y fuera de la UCV.

A Norita, mi compañera incondicional.

Al Profesor Juan José, Luisito, Renghild y Gustavo, mis compañeros de tesis y amigos en todo momento.

A Freddy, Eliud y José Manuel Velásquez por toda su sabiduría, enseñanzas y apoyo desinteresado. Muy en especial al profesor Angello Marinilli y al profesor Cesar Peñuela por hacer realidad este trabajo.

A los profesores Henry Blanco, María Eugenia Korody, Steve Merlo, Felipe Odhenal, Tomás Osers, por darme los mejores ejemplos a seguir.

A Bony, Oswaldo, Rosario y toda la gente de Princivi. Gracias por confiar en mí y por brindarme todo el apoyo para la culminación de este trabajo. Gracias por su paciencia.

A toda la gente del IMME por su apoyo y colaboración.

A la buena gente del COPRED por toda la colaboración brindada para la realización de este trabajo.

A toda la gente de auditoria, que siempre estuvieron muy interesados en este trabajo, y me desearon en todo momento la mejor de las suertes y buenaventura. Muchas gracias por toda su colaboración y apoyo.

A la Universidad Central de Venezuela, lugar donde no hay cosas imposibles, fuente infinita de conocimiento y de gente dispuesta a combatir hasta el final. Siempre la llevaré conmigo en el alma, para morir por ella.

Índice

Lista de Tablas y Figuras	x
Resumen.....	xiv
Introducción	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....	4
I.1 Planteamiento del Problema.....	4
I.2 Objetivos	6
I.2.1 Objetivo General	6
I.2.2 Objetivos Específicos.....	6
I.3 Aportes	6
I.4 Alcances y Limitaciones	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
II.1 Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) – Patrimonio Cultural de la Humanidad	8
II.1.1 Patrimonio Cultural de la Humanidad	8
II.1.2 Tipos de Patrimonio	8
II.1.3 Criterios Bases para la Declaración de Patrimonio.....	10
II.1.4 Declaración de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) como Patrimonio Mundial	11
II.1.4.1 Historia y Descripción de la CUC.....	11
II.1.4.2 Proyecto. Criterios propuestos para la inscripción de la CUC en la Lista de Patrimonio Mundial.....	19
II.1.4.3 Evaluación y recomendación del Instituto Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS)	22
II.1.4.4. Declaración	22
II.1.4.5. Compromisos	23
II.2 Datos de la Edificación	24
II.2.1. Reseña histórica	24
II.2.2 Descripción general de la edificación	25
II.2.3 Datos geológicos – geotécnicos	27

II.3	Normativa.....	30
CAPÍTULO III. MÉTODO.....		32
III.1	Fase 1: Recopilación y procesamiento de datos.....	32
III.1.1	Características del equipo Ferrosan FS10	33
III.1.2	Determinación de la resistencia del concreto.....	34
III.1.2.1	Campo de aplicación.....	35
III.1.2.2	Descripción del aparato y del método.....	35
III.1.2.3	Factores que inciden en la prueba	37
III.1.2.4	Procedimiento de ensayo	37
III.1.3	Estado actual de la estructura.....	38
III.1.3.1	Clasificación y tipos de daños.....	39
III.1.3.2	Escala de daños	42
III.1.3.3	Planilla de levantamiento de daños	43
III.2	Fase 2: Protocolo de Recálculo.....	44
III.2.1	Normas y calidad de los materiales.....	45
III.2.2	Método de análisis - Modelo.....	45
III.2.3	Modelos analizados.....	46
III.2.4	Cargas consideradas.....	52
III.2.5	Combinaciones de carga	54
III.3	Fase 3: Comparación de resultados obtenidos con los modelos	55
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....		56
IV.1	Recopilación de la Información	56
IV.1.1	Pórtico de Carga.....	56
IV.1.2	Losas (Plano de Planta Losas de Nivel 1 y Losa de Techo)	57
IV.1.3	Vigas	59
IV.1.4	Columnas	66
IV.2	Detecciones y daños en la estructura	68
IV.2.1	Información obtenida con el sistema Ferrosan FS10	68
IV.2.2	Información Obtenida con el Esclerómetro	71
IV.2.3	Daños encontrados en la edificación.....	72

IV.3	Resultados de los programas.....	74
IV.3.1	Modelos sin diagonales equivalentes.....	74
IV.3.1.1	Peso de la Estructura.....	74
IV.3.1.2	Análisis modal.....	75
IV.3.2	Modelo en SAP2000 con elementos GAP.....	76
IV.3.2.1	Análisis modal.....	76
IV.3.2.2	Derivas.....	77
IV.3.2.3	Áreas de acero requeridas en elementos estructurales.....	77
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		96
V.1	Conclusiones.....	96
V.2	Recomendaciones.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		99
Apéndice 1	Radiografías obtenidas en el levantamiento con el Ferroskan FS10	104
Apéndice 2	Esclerómetro SoilTest.....	107
Apéndice 3	Detector de Barras de Refuerzo Zircon Videoscanner 5.5.....	108
Apéndice 4	Planillas de Registro de Levantamiento de Daños.....	110
Apéndice 5	Imágenes varias (Cálculos SAP, fotos, entre otros).....	111
Apéndice 6	Cálculo Manual de Losas de la Edificación.....	¡Error! Marcador no definido.

Lista de Tablas y Figuras

Tablas

Tabla 1	Margen de Medición	34
Tabla 2	Escala de daños	43
Tabla 3	Formato de la Planilla de Levantamiento de Daños	44
Tabla 4	Resistencia a la compresión de bloques huecos de arcilla	47
Tabla 5	Modelo según Meli y Bazán (20x102).....	52
Tabla 6	Modelo según Meli y Bazán (20x130).....	52
Tabla 7	Levantamiento de Vigas de la Edificación.....	63
Tabla 8	Levantamiento de Cartelas en Voladizo	64
Tabla 9	Levantamiento de Columnas.....	67
Tabla 10	Planilla de Registro para Levantamiento de Daños – Caída del Concreto en la edificación	73
Tabla 11	Valores del peso de la estructura obtenidos con CBDS (Modelo sin Diagonales)	74
Tabla 12	Valores del peso de la estructura obtenidos con SAP2000	74
Tabla 13	Análisis modal obtenido con CBDS	75
Tabla 14	Análisis modal obtenido con SAP2000	75
Tabla 15	Análisis modal obtenido con elementos “Gap”	76
Tabla 15	Derivas obtenidas	77
Tabla 16	Áreas requeridas de acero en vigas – Eje A-B	78
Tabla 17	Porcentaje de elementos en el eje A-B cuyo acero calculado es inferior al acero colocado.....	79
Tabla 18	Elementos en el eje A-B cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad.	79
Tabla 19	Áreas requeridas de acero en vigas – Eje B-C	80
Tabla 20	Porcentaje de elementos en el eje B-C cuyo acero calculado es inferior al acero colocado.....	81

Tabla 21	Elementos en el eje B-C cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad.	81
Tabla 22	Áreas requeridas de acero en vigas – Eje C-D	82
Tabla 23	Porcentaje de elementos en el eje C-D cuyo acero calculado es inferior al acero colocado	83
Tabla 24	Elementos en el eje C-D cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad.	83
Tabla 25	Áreas requeridas de acero en vigas – Eje A	84
Tabla 26	Porcentaje de elementos en el eje A cuyo acero calculado es inferior al acero colocado	85
Tabla 27	Elementos en el eje A cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad	85
Tabla 28	Áreas requeridas de acero en vigas – Eje B	86
Tabla 29	Porcentaje de elementos en el eje B cuyo acero calculado es inferior al acero colocado	87
Tabla 30	Elementos en el eje B cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad	87
Tabla 31	Áreas requeridas de acero en vigas – Eje C	88
Tabla 32	Porcentaje de elementos en el eje C cuyo acero calculado es inferior al acero colocado	89
Tabla 33	Elementos en el eje C cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad	89
Tabla 34	Áreas requeridas de acero en vigas – Eje D	90
Tabla 35	Porcentaje de elementos en el eje D cuyo acero calculado es inferior al acero colocado	91
Tabla 36	Elementos en el eje D cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad	91
Tabla 37	Áreas de acero requeridas en columnas. Eje A	92
Tabla 38	Áreas de acero requeridas en columnas. Eje B	93
Tabla 39	Áreas de acero requeridas en columnas. Eje C	94
Tabla 40	Áreas de acero requeridas en columnas. Eje D	95

Figuras

Figura 1	Seminario de Santa Rosa. 1era Sede de la Universidad.....	12
Figura 2	2da Sede: Antiguo Convento de San Francisco	12
Figura 3	Proyecto de la Ciudad Universitaria de Caracas	13
Figura 4	Zona 1: Centro Directivo y Cultural (Plaza Cubierta-Aula Magna- Biblioteca-Tierra de Nadie).....	14
Figura 5	Zona 2: Medicina	15
Figura 6	Zona 3: Humanidades/ Ciencias	15
Figura 7	Zona 4: Vivienda.....	16
Figura 8	Zona 5: Botánica	16
Figura 9	Zona 6: Arquitectura	17
Figura 10	Zona 7: Deportes	17
Figura 11	Zona 8: Escuela Técnica Industrial	18
Figura 12	Zona 9: Servicios	18
Figura 13	Zona 10: Sistema de Circulación Peatonal.....	19
Figura 14	Documento Declaración.....	23
Figura 15	Ubicación del Edificio de los Museos.....	24
Figura 16	Esquema de la Edificación	26
Figura 17	Edificio de los Museos	26
Figura 18	Plano de Planta del Nivel 1 de la Edificación.....	27
Figura 19	Perfil del suelo en la zona Centro-Norte de Caracas (FUNVISIS, 1978).....	29
Figura 20	Sistema Ferroscon FS10.....	33
Figura 21	Esclerómetro	35
Figura 22	Poros.....	39
Figura 23	Escamado en la Edificación	40
Figura 24	Crecimiento Vegetal en la Edificación	40
Figura 25	Filtración de Aires Acondicionados en la Edificación.....	41
Figura 26	Manchas por humedad en la Edificación	41

Figura 27	Desprendimiento de mosaicos en la Edificación	42
Figura 28	Barras de Refuerzo Expuestas en la Edificación.....	42
Figura 29	Esquema del modelado con diagonales equivalentes.....	47
Figura 30	Definiciones para determinar diagonales de Meli y Bazán.....	49
Figura 31	Esquema de un elemento GAP.....	50
Figura 32	Modelado con diagonales equivalentes.....	51
Figura 33	Modelado con elementos “Gap”	51
Figura 34	Espectro de Diseño para recálculo de la edificación.....	54
Figura 35	Esquema General de los Pórticos de Carga (Planos Originales).....	56
Figura 36	Esquema General de Losa de Nivel 1 (izq.) y Techo (der.).....	57
Figura 37	Detalle de losa de Nivel 1 (Planos Originales)	58
Figura 38	Detalle de losa de Techo (Planos Originales)	59
Figura 39	Viga de Carga de Nivel 1 (Planos Originales).....	60
Figura 40	Sección Transversal de Viga de Carga de Nivel 1 (Planos Originales)..	60
Figura 41	Viga de Carga de Techo (Planos Originales).....	61
Figura 42	Sección Transversal de Viga de Carga de Techo (Planos Originales)....	61
Figura 43	Sección Transversal de Viga Plana de Nivel 1 (Planos Originales)	62
Figura 44	Sección transversal de Viga Plana de Techo (Planos Originales).....	63
Figura 45	Esquema de Cartelas en Voladizo.....	65
Figura 46	Sección transversal de Columna de Planta Baja	66
Figura 47	Sección transversal de Columna de Nivel 1.....	67
Figura 48	Radiografía de Machones Eje A8 Nivel 1.....	69
Figura 49	Detector de Metales.....	70
Figura 50	Uso del Esclerómetro	71
Figura 51	Escala Graduada del Esclerómetro.....	72
Figura 52	Algunos Refuerzos Expuestos en la Edificación. Ubicación de Izq. a Der: (Fachada Oeste. Machón C-6, Grieta en Fachada Este. Eje A 2-3, Fachada Este. Fachada Grieta A 12-13, Fachada Oeste. Eje D 7-8).....	72
Figura 53	Grieta en Pared y caída de Mosaicos (Eje A 2-3).....	73

Resumen

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE LOS MUSEOS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS

Sucre M. Leopoldo J.

Tutor: Prof. Juan José Tejón Entrialgo. Trabajo Especial de Grado. Ciudad Universitaria de Caracas, Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 2006. 119 págs.

Palabras clave: Evaluación, Estructura, Museo.

Este trabajo se encuentra dentro de la línea de investigación desarrollada por el Departamento de Ingeniería Estructural de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, de la mano con el Consejo de Preservación y Desarrollo (COPRED) con la finalidad de evaluar las condiciones de todas las edificaciones y obras de la Ciudad Universitaria de Caracas. La presente investigación realiza la evaluación estructural del Edificio de los Museos, a fin de proseguir con el registro y verificación sistemática de todas las obras de concreto armado de la Ciudad Universitaria.

La metodología empleada para llevar a cabo este trabajo se subdivide en tres etapas. La primera parte es la recopilación inicial de información particular del edificio, como datos históricos, información de los planos y levantamiento en sitio mediante inspección directa, para verificar y corroborar las dimensiones de los elementos estructurales, estado general del edificio, y puntos preliminares de deterioro. En la segunda etapa de la investigación, se realizó el recálculo de la edificación, para comparar con los valores de diseño originales. La tercera y última etapa es la fase comparativa de todos los reportes finales generados, tanto en la parte y las áreas de acero de refuerzo en vigas y columnas, todos estos resultados en comparación con la norma actuales. El modelo final usado permite estudiar el aporte de rigidez que da la mampostería confinada en la edificación.

Luego de finalizado el análisis se obtuvieron resultados similares entre los modelos para los parámetros en estudio. Con respecto a los resultados de las derivas, se observó que los modelos no estaban dentro de los rangos permisibles por la norma COVENIN 1756-01. En el caso de las cuantías de acero para los elementos estructurales, estos dieron resultados elevados en contraste con los del diseño original cuando se toman en cuenta las acciones dinámicas. Estos valores no cumplen con los rangos de porcentajes contemplados en la norma COVENIN 1753-87.

Introducción

En sus inicios, la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) fue un proyecto desarrollado a partir del año 1943 durante la presidencia de Medina Angarita, para servir de sede a la nueva Universidad Central de Venezuela (UCV), la cual funcionaba anteriormente en el centro de Caracas. El arquitecto delegado para el desarrollo de este innovador proyecto, fue Carlos Raúl Villanueva, quien se encargó de integrar las necesidades académicas, culturales y deportivas de una comunidad Ucevista en desarrollo, generando espacios ideales para tales fines, sin dejar a un lado ningún detalle arquitectónico y artístico.

En Noviembre del año 2000, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) incluye a la CUC dentro de la Lista de Patrimonio Mundial. De esta manera las autoridades universitarias y la comunidad en general adquieren el compromiso de preservar todos los bienes que se enmarquen dentro de esta declaración. Con el fin de lograr estos objetivos, se han realizado varios estudios donde se plantean posibles problemas estructurales y patológicos de las toda 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, orientados a analizar el comportamiento estructural las edificaciones pertenecientes a la Universidad.

Ubicado en la Plaza del Rectorado se encuentra el Edificio de los Museos, objeto de estudio de este Trabajo Especial de Grado. Esta estructura, proyectada de manera integral como toda La Ciudad Universitaria de Caracas, fue diseñada en 1952 y construida e inaugurada en 1953, fecha de la que datan todos sus planos definitivos. Cuenta con una sola planta superior, y hoy día no funciona como un museo, sino que cumple funciones administrativas internas de la universidad, cambiando claramente el uso de las instalaciones. La investigación en el caso de esta estructura, consta de varias partes sistemáticas necesarias para cumplir de manera cabal los objetivos finales.

En el primer capítulo, se presenta la situación actual a investigar, con sus alcances y limitaciones posibles.

El segundo capítulo, se denomina Marco Teórico, y explica en primer término la parte resaltante en cuanto a reglamentación, normativa y requisitos que exige la UNESCO para patrimonios y el proceso de declaración de La Ciudad Universitaria de Caracas como patrimonio cultural de la humanidad. Seguidamente, se presenta un breve resumen informativo del edificio de los museos, una descripción general de sus características geométricas, topológicas y datos importantes para el análisis. Finalmente, se habla de la normativa de la época empleada para el diseño original de la estructura, normativas que durante el transcurso de la ejecución de las obras que conformaron en su totalidad la nueva UCV, cambiaron drásticamente debido a muchos factores importantes, históricos hoy en día.

El tercer capítulo, denominado Método, habla de todas las actividades que fueron necesarias para la realización de este trabajo, agrupadas en tres etapas básicas de investigación: recopilación y organización de la información, recálculo de la edificación y resultados obtenidos para el modelo estructural utilizado.

El cuarto capítulo se denomina Análisis y Resultados, y muestra inicialmente toda la data de la geometría de la edificación, en cuanto a sus miembros estructurales: distancias entre columnas, vigas y dimensiones de los mismos. Luego se describe el estado actual del edificio de los museos, de acuerdo a lo inspeccionado en las sesiones de visita y plasmado en las imágenes digitales. La evaluación de estos daños es registrada y organizada en tablas dedicadas a este fin, y calificada con una escala de daños predeterminada.

Finalmente se evalúa el modelo estructural, considerando la mampostería presente en los tramos confinados por vigas y columnas, machones y vigas de corona según el caso. De la misma manera se compararon los modelos pero desprovistos de la

mampostería, con el objeto de comparar y apreciar el aporte de rigidez que estos elementos presentes en la edificación brindan.

El Quinto y último, Conclusiones y Recomendaciones, recopila las ideas fundamentales de este trabajo, tanto para los resultados obtenidos mediante cálculos, como para las mejoras que pueden implementarse a futuros trabajos correspondientes a la misma línea de investigación.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

I.1 Planteamiento del Problema

La Ciudad Universitaria de Caracas fue diseñada por el arquitecto Carlos Raúl Villanueva e inaugurada en el año de 1953 durante el gobierno del Gral. Marcos Pérez Jiménez; para formar y albergar una población de cinco mil (5000) estudiantes. En la actualidad atiende las necesidades directas de setenta mil (70.000) personas entre estudiantes, profesores, empleados y visitantes¹.

Estas cifras reflejan que la capacidad máxima de esta casa de estudios ya fue alcanzada y superada, y permiten explicar por qué el deterioro de sus instalaciones y edificaciones es cada vez mayor.

Adicionalmente, el 30 de noviembre del año 2000 el Comité del Patrimonio Mundial de la UNESCO, declaró a la Ciudad Universitaria de Venezuela como patrimonio mundial de la humanidad, distinción que representa un gran reconocimiento para nuestro país, convirtiéndose en una de las más importantes creaciones artísticas integrales del siglo XX².

Frente a estas dos situaciones reviste gran importancia el mantenimiento de todas las edificaciones que conforman dicho campus, motivo por el cual el Consejo de Preservación y Desarrollo (COPRED) está llevando a cabo un proyecto de restauración, el cual contempla, entre sus objetivos, la evaluación estructural de estas edificaciones.

¹ <http://www.arq.ucv.ve/centenariovillanueva/CUC>

² <http://www.unesco.org>

Durante los últimos cinco años, varios de los edificios que conforman la Universidad han sido estudiados y revisados estructuralmente como Trabajos Especiales de Grado, bajo la línea de investigación de “Patología, restauración, reparación, adecuación y rehabilitación de obras de carácter patrimonial”, entre las cuales se tienen las edificaciones que sirven de sede a las Facultades de Farmacia, Odontología, Edificio de Aulas de Ingeniería, Edificio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, el Instituto de Medicina Experimental y la Biblioteca Central.

Bajo esta misma línea de investigación, se plantea la evaluación estructural del EDIFICIO DE LOS MUSEOS, recalculando su estructura con la normativa vigente para poder evaluar su comportamiento.

La evaluación se realizará a la estructura original del edificio, sin considerar los deterioros que pueda presentar producto del transcurso de los años, mediante la comparación de los cálculos de áreas de acero realizados bajo la Norma vigente para el momento de su construcción y los cálculos obtenidos con la Norma actual; logrando con ello señalar posibles carencias de refuerzo en la estructura.

En esta investigación se podrán obtener respuestas a interrogantes como: ¿Cuál es el estado de deterioro actual? ¿Cuál es el comportamiento estructural? ¿Cuáles son los puntos débiles de la edificación ante el sismo? ¿Cómo afecta en el comportamiento estructural el aporte de rigidez de la mampostería? ¿Están adecuadas las estructuras al nuevo uso asignado? ¿Que recomendaciones se harán para preservar a futuro la edificación?

I.2 Objetivos

I.2.1 Objetivo General

Evaluar la estructura del edificio de los museos de la Ciudad Universitaria de Caracas siguiendo un protocolo de recálculo establecido por el Departamento de Ingeniería Estructural.

I.2.2 Objetivos Específicos

1. Enumerar los requerimientos de la UNESCO para ser Patrimonio Mundial de la Humanidad.
2. Enumerar los requerimientos del COPRED en torno a las condiciones para mantener y preservar la Universidad Central de Venezuela como Patrimonio.
3. Describir las características topológicas, funcionales y el deterioro del edificio que sirve de sede al edificio de los Museos.
4. Aplicar el protocolo de recálculo y evaluación a la edificación señalada con base a las Normas COVENIN 1753 y COVENIN 1756.

I.3 Aportes

Debido al reconocimiento de la Ciudad Universitaria de Caracas como Patrimonio Mundial se hace necesaria la preservación en el tiempo de las edificaciones de esta Magna Casa de estudios; las acciones al respecto están a cargo del Consejo de Preservación y Desarrollo (COPRED). El presente estudio pretende actualizar la información estructural referente al edificio de los Museos de la Ciudad Universitaria de Caracas, tomando en cuenta las normativas vigentes. La información generada por este trabajo servirá de base a futuras adecuaciones o reparaciones que requiera la estructura.

De igual manera, este trabajo representa la culminación de una primera etapa de formación profesional, y el inicio de la aplicación de conocimientos de Ingeniería Civil adquiridos a lo largo de asignaturas como Concreto Armado, Resistencia de

Materiales, Materiales y Ensayos, Estructuras, entre otras. El uso de ambas normativas para establecer un criterio acerca del estado de una edificación es una valiosa herramienta de conocimiento que sin duda estará presente a lo largo de toda la vida profesional.

Por otra parte, la comparación de las áreas de acero y su armado en el diseño original de la edificación con las generadas aplicando la normativa vigente, reflejará las virtudes, en el caso de poseer mayores áreas de refuerzo que las calculadas con la norma actual, o carencias de refuerzo presentes, lo que servirá de referencia a futuras modificaciones de la misma, dejando por consiguiente una pequeña pero valiosa contribución a esta importante rama de la Ingeniería que es la Patología de Estructuras.

I.4 Alcances y Limitaciones

El presente trabajo tiene como meta final aplicar un protocolo de recálculo y análisis estructural, mediante la evaluación de las condiciones actuales de la edificación y la comparación de la cantidad y distribución de acero de todos los elementos estructurales de la misma, a través del uso de programas de cálculo de estructuras. Con base a los resultados de cada programa, se señalará en cada caso, las partes de la estructura donde según la normativa vigente no se cumpla con las cantidades requeridas de acero para el diseño, así como las reparticiones asignadas para los tipos de vigas y columnas que en ella se encuentren. En la medida que se puedan encontrar todos los datos, memorias, planos y cualquier otro documento referente a las edificaciones de esta línea de investigación, se podrán obtener resultados más adaptados a la situación actual de la estructura. Debido a que el Edificio de los Museos es uno de los primeros edificios inaugurados de la Ciudad Universitaria, podría darse el caso de no hallar toda la información referente, limitando de manera importante el estudio y generando la necesidad de la realización de futuros estudios adicionales más profundos in situ.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

II.1 Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) – Patrimonio Cultural de la Humanidad

II.1.1 Patrimonio Cultural de la Humanidad

El concepto de Patrimonio Cultural de la humanidad es dado por el Instituto del Patrimonio Cultural (IPC) y se define como aquellos “bienes que por sus valores artísticos, históricos, sociales o científicos tengan un valor universal excepcional [independientemente del territorio en que estén localizados] y que sean declarados como tal por el Comité de Patrimonio Mundial de la UNESCO³”.

La “Convención sobre Protección de Patrimonio Cultural/Natural de la Humanidad”, aprobada por la UNESCO en 1972, es el instrumento legal de carácter internacional para la identificación y preservación del patrimonio cultural y natural. Cada “Estado Parte” de esta Convención está a cargo de reconocer y definir los bienes de su territorio. En el año 1991, Venezuela pasa a formar parte de esta Convención.

II.1.2 Tipos de Patrimonio

Los dos tipos de Patrimonios definidos por la Convención sobre Protección de Patrimonio Cultural/Natural de la Humanidad (1972) en sus Artículos 1 y 2, respectivamente son: Cultural y Natural. Con basamento en estos artículos²:

³ Fuente: <http://www.ipc.gov.ve>

Se considera “patrimonio cultural”:

- Los monumentos: obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia,
- Los conjuntos: grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia,
- Los lugares: obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza así como las zonas, incluidos los lugares arqueológicos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico.

Se considera “patrimonio natural”:

- Los monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas o por grupos de esas formaciones que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico,
- Las formaciones geológicas y fisiográficas y las zonas estrictamente delimitadas que constituyan el hábitat de especies, animal y vegetal, amenazadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico,
- Los lugares naturales o las zonas naturales estrictamente delimitadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia, de la conservación o de la belleza natural.

II.1.3 Criterios Bases para la Declaración de Patrimonio

Los Criterios establecidos para la selección de Bienes a ser incluidos en la Lista de Patrimonio Mundial se encuentran en las Pautas Operacionales para la Implementación de la Convención del Patrimonio Mundial (2005). Estas Pautas son revisadas regularmente para mantener en constante evolución el concepto de Patrimonio. Para incluir dentro de la Lista de Patrimonio Mundial un Bien cualquiera, tiene que, además de poseer un carácter invaluable, cumplir por lo menos uno de estos criterios, dados a continuación²:

Criterios de inscripción bienes culturales:

- i. “Representa una obra maestra del genio creativo humano”.
- ii. “Presenta una importante relación de valores humanos, en un periodo de tiempo o en un área cultural del mundo, desarrollos en arquitectura o tecnología, arte monumental, diseño urbano o diseño paisajístico”.
- iii. “Representa un testimonio único o por lo menos excepcional de una tradición cultural o una civilización viva o que ya desapareció”.
- iv. “Ser un ejemplo extraordinario de un tipo de construcción o arquitectura o ensamble tecnológico o paisaje que ilustra periodos significantes en la historia humana”.
- v. “Ser un excepcional ejemplo de un asentamiento humano tradicional o de uso del suelo representativo de una cultura (o culturas), especialmente cuando es vulnerable bajo el impacto de cambios irreversibles”.

-
- vi. “Estar directamente o tangiblemente relacionada con eventos o tradiciones vivas, con ideas o con creencias, con obras literarias o artísticas de valor universal (El comité considera que este criterio debe justificar la inclusión en la lista solo en circunstancias excepcionales y en conjunto con otros criterios culturales o naturales)”.

Criterios de inscripción bienes naturales

“Ser ejemplos eminentes representativos de las grandes fases de la historia de la tierra, incluido en el testimonio de la vida, de procesos geológicos en curso en la evolución de las formas terrestres o elementos geomórficos y fisiográficos de mucha significación”.

“Ser ejemplos representativos de procesos ecológicos e ideológicos en curso en la evolución y el desarrollo de los ecosistemas y las comunidades de vegetales y animales terrestres, acuáticos, costeros y marinos”.

iii. “Representar fenómenos naturales o áreas de belleza natural e importancia estética excepcionales”.

iv. “Contener los hábitats naturales más representativos y más importantes para la conservación *in situ* de la diversidad biológica, comprendidos aquellos en los que sobreviven especies amenazadas que tienen un valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia o de la conservación”.

II.1.4 Declaración de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) como Patrimonio Mundial

II.1.4.1 Historia y Descripción de la CUC

La Universidad Central de Venezuela, a través del tiempo, ha pasado por cambios importantes debido a múltiples factores vinculados con la historia misma del País, remontándose sus orígenes a la época colonial. El nacimiento de la Universidad

Central de Venezuela data de la fundación de la Real y Pontificia Universidad de Caracas por decreto del Rey de España, Felipe V, en 1721. La misma tenía como sede el Seminario de Santa Rosa de Lima, situado en la Plaza Mayor de la ciudad de Santiago de León de Caracas⁴.



Figura 1 Seminario de Santa Rosa. 1era Sede de la Universidad

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

En 1827, Simón Bolívar promulga nuevos Estatutos Republicanos para la Universidad, independizándose esta del Seminario en 1856, al trasladar sus dependencias al viejo edificio que había ocupado en tiempos de la Colonia el Convento de San Francisco, situado a dos cuadras hacia el suroeste de la Plaza Bolívar⁴.



Figura 2 2da Sede: Antiguo Convento de San Francisco

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

⁴ Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

Pronto el Convento resultó insuficiente para el crecimiento de La Institución. Varias escuelas, incluida la de Medicina, estaban fuera del mismo, dispersas en casas situadas en diversos puntos de la ciudad. El acelerado incremento de la población estudiantil, el problema de la dispersión de sus dependencias y la fragmentación de su funcionamiento hicieron concretar finalmente, la proposición de concentrar todas las dependencias universitarias en un nuevo y único recinto, situado hacia las afueras de Caracas⁴.

Habiéndose considerado diferentes localidades, se escogieron los terrenos de la histórica Hacienda Ibarra, situada en el valle comprendido entre las colinas al Sur del Parque Los Caobos y los ríos Valle y Guaire, ya que reunía las mejores condiciones topográficas y una futura localización como centro geográfico de la ciudad. El 2 de octubre de 1943 el gobierno del Presidente Isaías Medina Angarita estableció por decreto la creación del Instituto Autónomo de la Ciudad Universitaria (ICU), adscrito al Ministerio de Obras Públicas. Su finalidad era llevar a cabo las distintas obras que integrarían la nueva Ciudad Universitaria⁴.



Figura 3 Proyecto de la Ciudad Universitaria de Caracas

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

Se da inicio en 1944 al proyecto de la Ciudad Universitaria de Caracas, y Carlos Raúl Villanueva fue el Arquitecto asignado para tan importante tarea. A partir del conjunto del Hospital se inicia la construcción y se desarrolla durante los 16 años siguientes. El

diseño del proyecto se basa en un esquema utilizando zonificaciones según los usos que albergan los centros a desarrollarse. Las actividades consideradas por Villanueva fueron clasificadas de la Zona 1 a la Zona 10⁴:

Zona 1: Centro Directivo y Cultural (Plaza Cubierta-Aula Magna-Biblioteca-Tierra de Nadie)

Zona 2: Medicina

Zona 3: Humanidades/ Ciencias

Zona 4: Vivienda

Zona 5: Botánica

Zona 6: Arquitectura

Zona 7: Deportes

Zona 8: Escuela Técnica Industrial

Zona 9: Servicios

Zona 10: Sistema de Circulación Peatonal

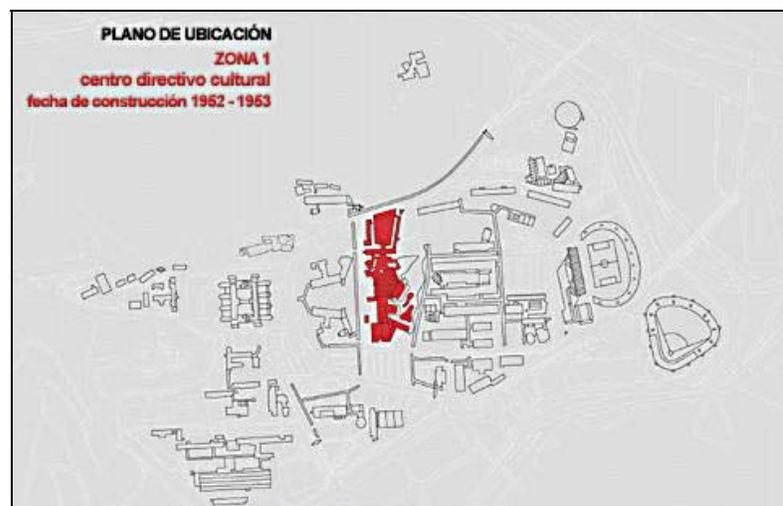


Figura 4 Zona 1: Centro Directivo y Cultural (Plaza Cubierta-Aula Magna-Biblioteca-Tierra de Nadie)

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

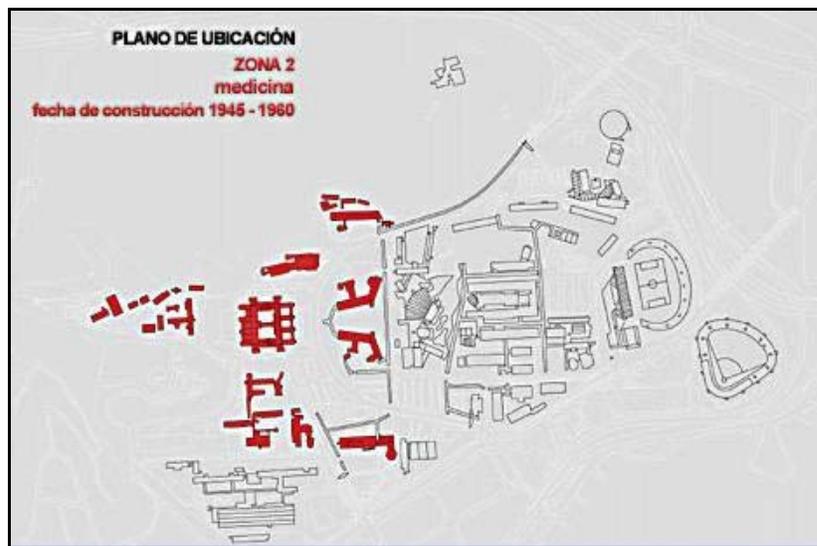


Figura 5 Zona 2: Medicina

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

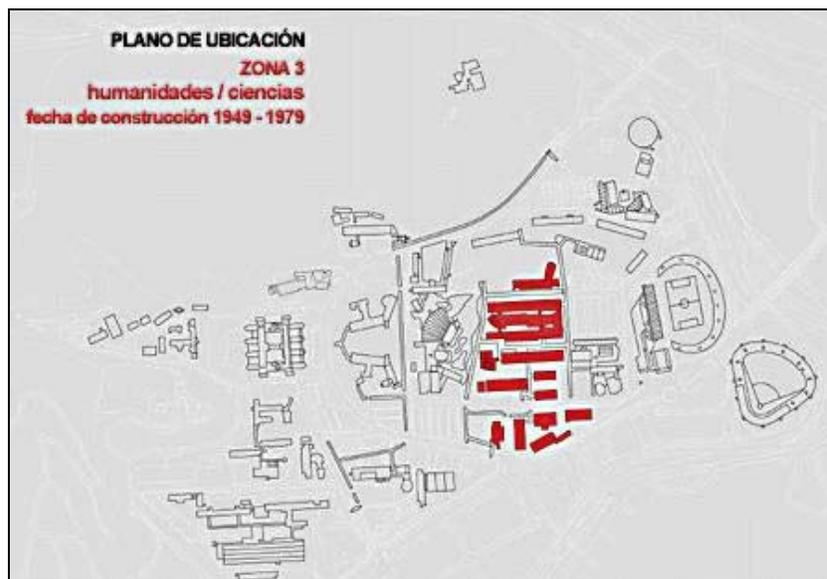


Figura 6 Zona 3: Humanidades/ Ciencias

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

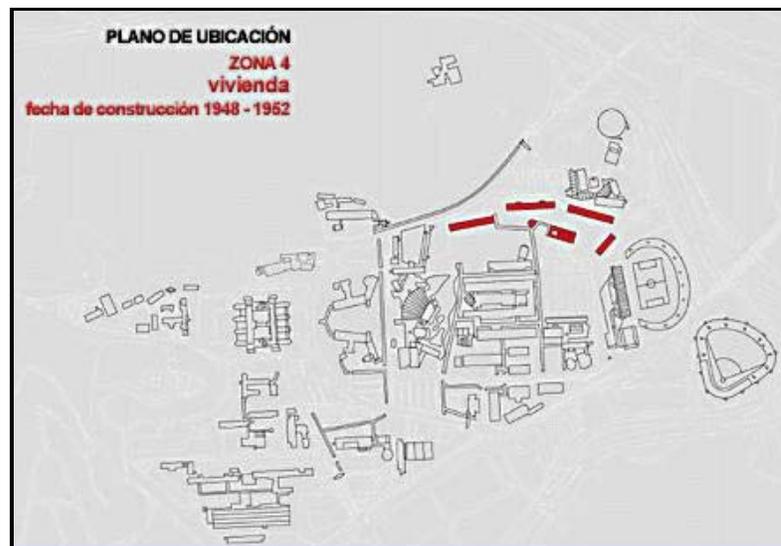


Figura 7 Zona 4: Vivienda

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm



Figura 8 Zona 5: Botánica

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

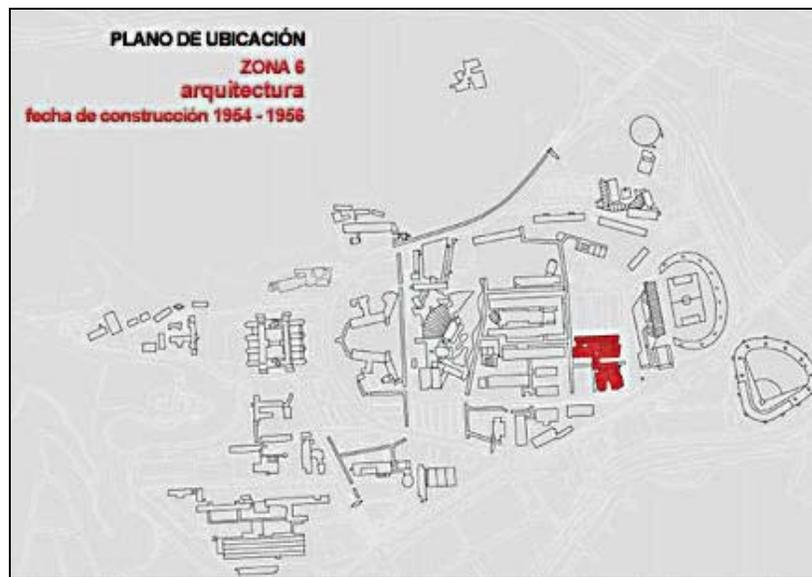


Figura 9 Zona 6: Arquitectura

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

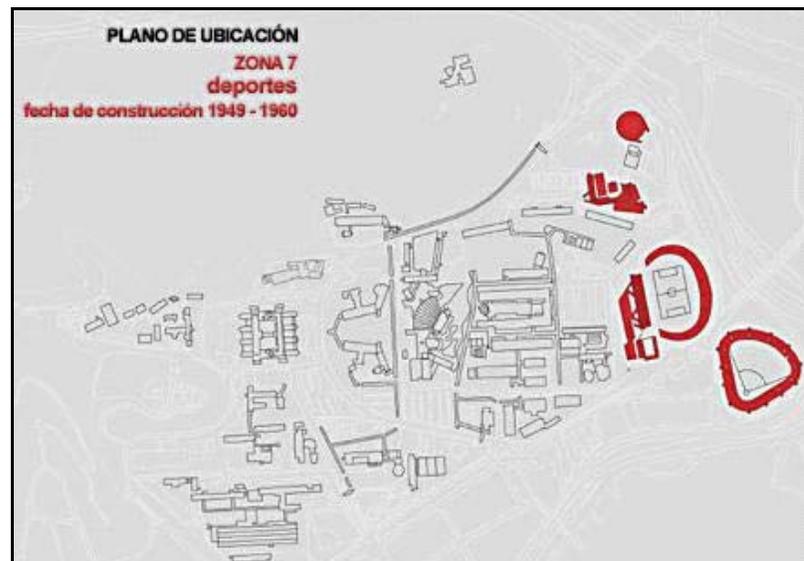


Figura 10 Zona 7: Deportes

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm



Figura 11 Zona 8: Escuela Técnica Industrial

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm



Figura 12 Zona 9: Servicios

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

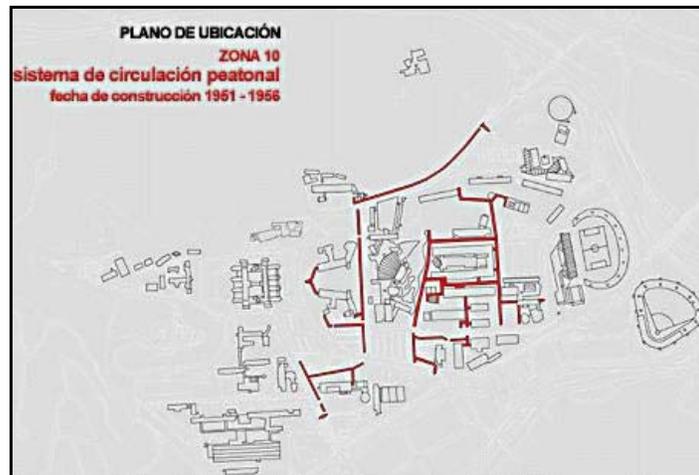


Figura 13 Zona 10: Sistema de Circulación Peatonal

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

A lo largo del paso del tiempo, se han realizado modificaciones en el proyecto concebido por Villanueva, incluyendo estructuras nuevas o provisionales, algunas de ellas diseñadas por Gorka Dorronsoro, quien fuera colaborador del arquitecto por más de 10 años⁴.

La Ciudad Universitaria de Caracas cuenta hoy en día con sesenta y cinco edificaciones, distribuidas en un área de 164,2203 hectáreas; dentro de un terreno de 202,53 hectáreas ubicadas en la parroquia San Pedro, Municipio Libertador, Distrito Federal⁴.

II.1.4.2 Proyecto. Criterios propuestos para la inscripción de la CUC en la Lista de Patrimonio Mundial

La postulación de la Ciudad Universitaria de Caracas como Patrimonio Cultural de la Humanidad ante la UNESCO se realiza concretamente en el año 1999. El Instituto Patrimonio Cultural de Venezuela fue el organismo encargado de entrenar, supervisar y tutelar al equipo encargado de recolectar toda la información solicitada para poder optar por el título de Patrimonio Cultural de la Humanidad. Todo el entrenamiento fue enfocado con base a metodologías para el registro de las edificaciones y obras de arte.

Los criterios propuestos como justificación del proyecto, parte de la información enviada a la UNESCO en el Proyecto de postulación (1999)⁵, fueron:

- Criterio i

“La Ciudad Universitaria de Caracas representa una obra de arte que constituye una obra maestra del genio creativo humano, su valor más trascendental. Los espacios urbanos y arquitectónicos creados por Villanueva integrado con los trabajos de los artistas que participaron en la "integración de los artes" son de calidad y carácter incomparable. La esencia del trabajo está en el mensaje y en la emoción estética que sus autores han manejado para transmitirla”.

⁵ Original en inglés en la dirección Web: <http://www.unesco.org>

Criterion i

The Ciudad Universitaria de Caracas represents a work of art that constitutes a masterpiece of human creative genius, its most transcendental value. The urban and architectural spaces created by Villanueva integrated with the works of the artists who participated in the “integration of the arts” are of incomparable quality and character. The essence of the work is in the message and in the aesthetic emotion that its authors have managed to transmit

Criterion ii

The University represents the fulfillment in Latin America of a great part of the propositions made by the artistic and architectural avant-garde movements of the early 20th century in Europe. It constitutes an outstanding example in a small enclosure of a utopian world reflecting that time and expressing the quality of modern urbanism, the application of modern technology, the creation of modern abstract forms, and the construction of a spatial integration of inside and outside reflected in the dimension of time. The ensemble represents the best example of the integration of the works of avant-garde artists.

Criterion iii

Being an exceptional and exemplary testimony of modern city planning, architecture, and art, the Ciudad Universitaria de Caracas is intimately bound to the culture and conditions of the place. It constitutes an ingenious interpretation of the concepts and spaces of colonial traditions and an example of an open, ventilated, and protected architecture, appropriate for its tropical environment.

Criterion iv

The Ciudad Universitaria de Caracas is an outstanding example, and one of the best in existence in the world, of the modern urban, architectural, and artistic concepts of the early 20th century. It therefore illustrates in an excellent way this recent but already significant period in human history.

- Criterio ii

“La Universidad representa el cumplimiento en América Latina de una gran parte de las propuestas hechas por los movimientos artísticos y arquitectónicos del avant-garde del vigésimo siglo temprano en Europa. Constituye un ejemplo excepcional en un pequeño recinto de un mundo utópico reflejando ese tiempo y expresando la calidad del urbanismo moderno, el uso de la tecnología moderna, la creación de formas abstractas modernas, y la construcción de una integración espacial del interior y exterior reflejada en la dimensión del tiempo. El conjunto representa el mejor ejemplo de la integración de los trabajos de los artistas del avant-garde”.

- Criterio iii

“Siendo un testimonio excepcional y ejemplar del planeamiento moderno de la ciudad, arquitectura, y arte, la Ciudad Universitaria de Caracas limita íntimamente a la cultura y las condiciones del lugar. Constituye una interpretación ingeniosa de los conceptos y de los espacios de tradiciones coloniales y un ejemplo de una arquitectura abierta, ventilada, y protegida, apropiada para su ambiente tropical”.

- Criterio iv

“La Ciudad Universitaria de Caracas es un ejemplo excepcional y uno de los mejores en existencia en el mundo, de los conceptos urbanos, arquitectónicos, y artísticos modernos del vigésimo siglo temprano. Por lo tanto ilustra de una manera excelente este período reciente pero ya significativo en la historia humana”.

II.1.4.3 Evaluación y recomendación del Instituto Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS)

El Instituto Internacional de Monumentos y Sitios, es una organización fundada en 1965 con la finalidad de promover las teorías y técnicas de la conservación. Está encargada entre otras cosas de suministrar al Comité del Patrimonio Cultural de evaluaciones de propiedades con valores culturales propuestos para la inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial, también realiza estudios comparativos, asistencia técnica e informes sobre el estado de conservación de bienes ya inscritos.

En la evaluación hecha para la Ciudad Universitaria de Caracas, el Instituto hizo énfasis sobre dos puntos que no fueron tratados de manera correcta. Primero, la falta de información en relación a la coordinación de las formas de intervención y conservación de las edificaciones y segundo, la falta de detalles sobre la gerencia y conservación del Jardín Botánico. Luego de un mes de ser solicitada esta información se le entregó nuevamente el documento con las correcciones pertinentes al ICOMOS, para ser estudiada una vez más.

Nuevamente realizada la evaluación, el ICOMOS, junto con el Comité del Patrimonio Mundial consideraron como criterios básicos para la inclusión de la Ciudad Universitaria de Caracas en la Lista del Patrimonio Mundial, los criterios “i” y “iv” de los cuatro criterios propuestos dentro del proyecto de la Ciudad Universitaria de Caracas, mencionados en el ítem III.1.4.2 de este Capítulo.

II.1.4.4. Declaración

En Diciembre de 2000, La Ciudad Universitaria de Caracas pasa a La Lista del Patrimonio Mundial. La información de la declaración se encuentra en el documento de la 24ª Sesión del Comité del Patrimonio Cultural, realizada en Australia en el año 2000, tal como lo muestra la Figura 14².

II.1.4.5. Compromisos

Luego de formar parte de la Convención, el “Estado Parte” tiene el compromiso de preservar a lo largo del tiempo los bienes que Él mismo ha seleccionado y que han sido inscritos en la Lista del Patrimonio Mundial. Si no se cumplen las obligaciones establecidas por la Convención, se corre el riesgo de que los bienes sean retirados de la Lista.

La condición está claramente expresa en el documento Pautas Operacionales para la Implementación de la Convención del Patrimonio Mundial (2005), aparte IV Proceso para el monitoreo del Estado de Conservación de las Propiedades del Patrimonio Mundial:

Cuando hay evidencia de que la propiedad está deteriorada al punto donde tiene perdidas irrecuperables de las características que determinaron su inscripción en la Lista, el Comité puede decidir eliminar la propiedad de la Lista. Antes de que se tome cualquier acción, la Secretaría informará al Estado parte en cuestión².

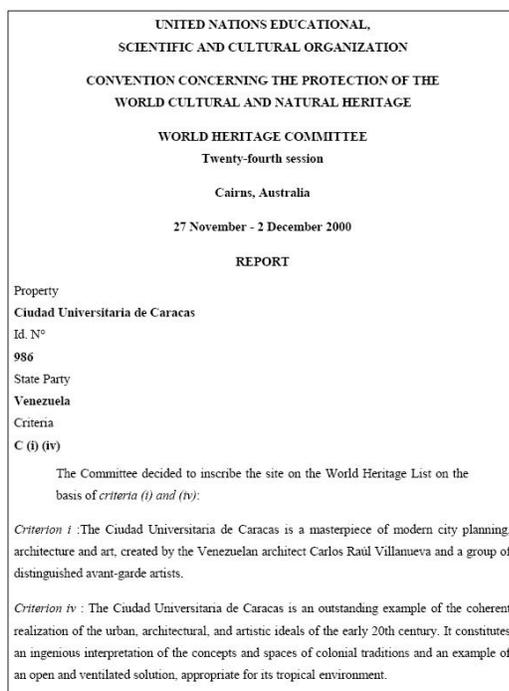


Figura 14 Documento Declaración

Fuente: <http://whc.unesco.org/archive/repcom00.htm#986>

II.2 Datos de la Edificación

II.2.1. Reseña histórica

El Edificio de los Museos se encuentra en la Zona 1, Centro Directivo de la Ciudad Universitaria de Caracas, en la Plaza de Rectorado, Lado Este, tal como se muestra en el siguiente plano:

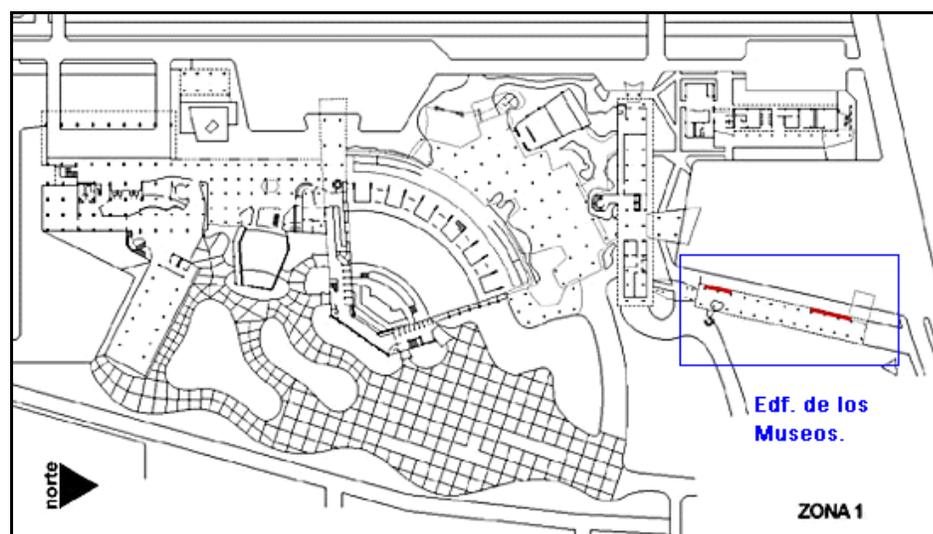


Figura 15 Ubicación del Edificio de los Museos

Fuente: http://www.centenariovillanueva.web.ve/.../Frames_Historia_Desarrollo.htm

El proyecto de esta edificación se encuentra registrado con el nombre de “Edificio de los Museos” y se inició en el año 1952, bajo el diseño del Arquitecto Carlos Raúl Villanueva. El cálculo estructural estuvo a cargo de los Ingenieros: Rodolfo Kaltenstadler, Dr. Van Der Valk y Miller, los planos fueron realizados por un grupo de dibujantes conformado por: Paúl Jakolev, R. Holding, L Bello y L. Tarasov. En la fachada oeste tiene dos murales ubicados en sus extremos: el más grande, de Armando Barrios, de 1951, y otro de Oswaldo Vigas, con un colorido familiar al que tiene al frente al otro lado de la Plaza y a sus vecinos en la planta baja en el edificio del Rectorado.

Es uno de los edificios que conforman la Zona 1, por lo cual es de los más antiguos de La Ciudad Universitaria de Caracas, y de los que más rápido fueron construidos: El proyecto del edificio de los Museos quedó en su etapa definitiva en 1952, y fue construido en el período 1952-1953, para ser inaugurado el 2 de Diciembre de 1953.

El Edificio fue concebido en principio como sede del Museo Universitario, para funcionar como soporte para el arte en el día a día de la comunidad Ucevista. Hoy en día el Edificio de los Museos es Sede de las dependencias de Consultoría Jurídica de la Universidad, quedando muy en claro el cambio de uso para esta edificación.

II.2.2 Descripción general de la edificación

La edificación es una estructura de concreto armado. Cuenta con dos (2) niveles (Planta Baja, y 1) más el techo, cuyas plantas se encuentran formadas por losas nervadas armadas en una dirección. Está conformada por trece (13) Pórticos de carga separados entre sí cinco con trece (5,13) metros en la totalidad de la estructura, en el cual se encuentran columnas de sección transversal cuadrada. La fachada Oeste (la que da hacia la Plaza del Rectorado) esta formada únicamente por paredes con ventanas en su parte alta, dispuestas en todas las paredes de esa fachada; la cara Este (que limita con “Tierra de Nadie”) posee paredes alternadas con grandes ventanales para tener vista hacia los jardines del recinto universitario. En el resto de la periferia se tienen paredes completas, para la fachada Norte (La que da con el Reloj Universitario) y la fachada Sur (La que da con el Rectorado). Los vanos presentan luces semejantes entre sí, conformando un gran módulo rectangular de Sesenta y Cinco (65) metros de largo por Ocho metros y medio (8,5) metros de ancho, tal como lo muestran las Figuras 16 y 17:

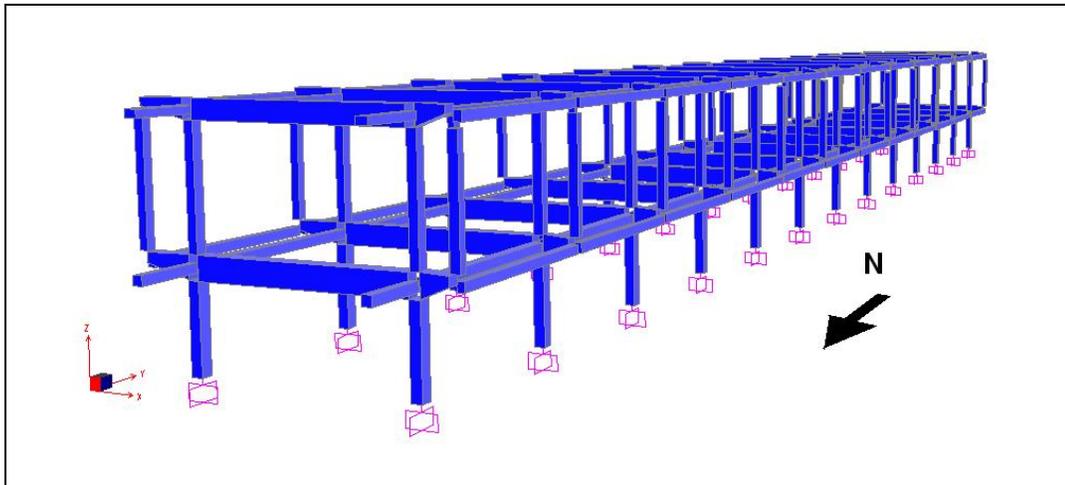


Figura 16 Esquema de la Edificación

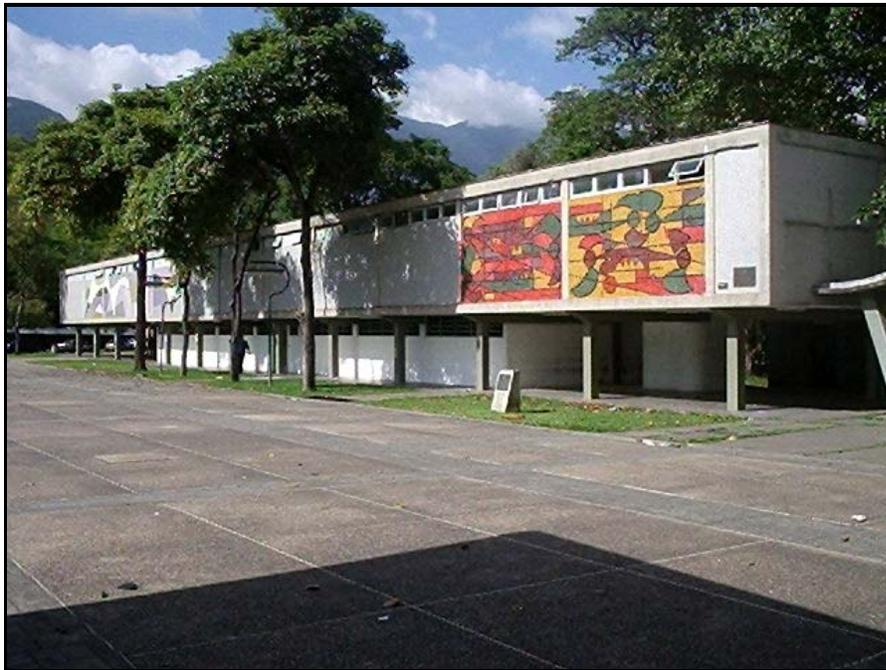


Figura 17 Edificio de los Museos

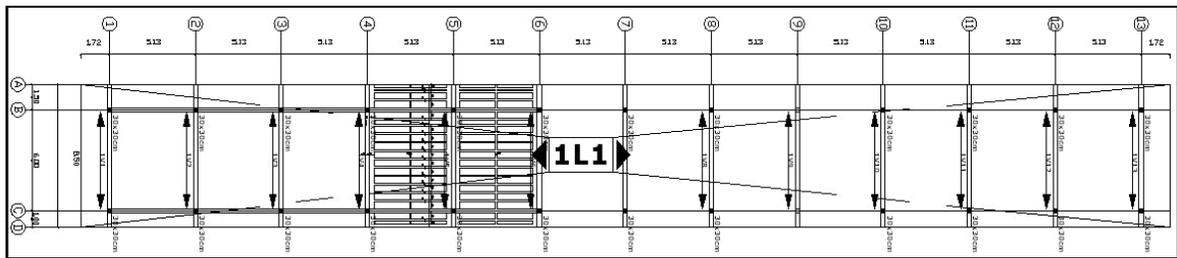


Figura 18 Plano de Planta del Nivel 1 de la Edificación

El primer piso tiene acceso por una escalera independiente de la estructura, ya que se encuentra separada por una junta de dilatación, en la fachada Este de la misma. Este es el único acceso si se quiere ir al primer nivel en la edificación. La fachada Sur del edificio tiene un techo con forma parabólica que une el museo con el edificio de Rectorado. Este techo tampoco está conectado a la estructura de la edificación, de manera que ninguno de estos elementos afecta el comportamiento de la edificación bajo cargas verticales u horizontales (sismo).

En la edificación se pueden encontrar varios tipos de acabados: las vigas, columnas y las paredes pueden encontrarse frisadas, con acabado de pintura de caucho o aceite en el caso de planta baja, o recubiertas de mosaicos vitrificados en el caso de los murales artísticos. Actualmente también se puede observar en las oficinas distintas clases de módulos y archivadores, no incluidos en el diseño original.

La edificación cuenta con un sólo ambiente de oficina, pero contempla en la parte central una sección de documentos, que posee estanterías sobre rieles (“archimóviles”), la cual representa una carga variable importante sobre la estructura, que no estaba contemplada en el diseño.

II.2.3 Datos geológicos – geotécnicos

El Valle de Caracas se encuentra cubierto por suelo formado de material proveniente de las montañas cercanas, y en grado menor por la sedimentación aluvional del Río

Guaira y sus afluentes. Dichos depósitos aluvionales se encuentran conformados por material de granulometría diversa; desde gravas con peñones de gran magnitud, hasta diversas mezclas de arena, limo y arcilla (Singer, 1977).

El suelo en la zona centro-norte de la ciudad, está constituido en los primeros estratos por material fino, como arenas; esto se puede observar en el perfil realizado por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) (Figura 19) del año 1978. En dicha zona de Caracas se evidencia la presencia de sedimentos aluviales en el primer estrato y los valores aproximados de las velocidades de ondas sísmicas a diferentes profundidades (Figura 19).

Por otro lado, dentro de los trabajos realizados en el Laboratorio de Geofísica de Campo de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la UCV, se encuentra un “Estudio de Vulnerabilidad de la Ciudad Universitaria de Caracas (Geofísica somera)” (por García K., 2004) respaldado por el COPRED, el cual presenta entre sus objetivos “obtener la distribución de velocidades sísmicas en el subsuelo somero” a través de Métodos Eléctricos y Sísmicos de prospección.

Para este fin, se realizaron distintas líneas de levantamiento de datos dentro de la CUC, una de ellas en la zona donde se ubica la edificación de la cual es objeto de la presente investigación (los datos de esta línea se pueden observar en el Apéndice 1). Como resultado del procesamiento de los valores obtenidos en este levantamiento, en dicho estudio se presenta un mapa de espesores de la zona evaluada y mapas de Velocidades de Onda directa (primer estrato) y Onda Cónica (segundo estrato).

Símbolos	Descripción de los materiales	Veloc.Onda Sism. m/seg.		Módulo de Corte "G" Dynas/cm ²
		Vp	Vs	
0	Depósito sedimentario aluvial, formado por arenas muy arcillosas, finas a medias y viceversa; plasticidad media, cohesiva a friables. Marrón en tonos amarillentos y grisáceo claro. N = 20	< 400	< 430	< 3.72x10
10	Aluvi6n formado por pe6ones y fragmentos de gneiss con matriz areno limosa. Marr6n amarillento. N > 100	500		
20	Arcilla arenosa sedimentaria tiesa. Gris y marr6n. N = 45			
30	Dep6sito coluvial formado por pe6ones y fragmentos de gneiss blando, desintegrable en matriz areno-arcillosa; zonas sin pe6ones. Muy denso. N > 100 Hasta aqui profundidad explorada con toma de muestras.	1500		3.72x10 ⁹
40	? Suelos densos.			
120	? Roca meteorizada dura	4000	480	4.6x10 ⁹

Figura 19 Perfil del suelo en la zona Centro-Norte de Caracas (FUNVISIS, 1978)

Fuente: <http://www.funvisis.gob.ve/descargas.php>

A trav6s de 6sta informaci6n se pueden obtener ciertos datos geot6cnicos necesarios para la evaluaci6n s6smica en esta investigaci6n, como son:

- Espesor del primer estrato H = 5 m (valor aproximado)
- Velocidad de onda directa Vp = 690,5 m/s

Y utilizando la relaci6n entre las velocidades de ondas "P" $Vp=(3)^{1/2}Vs$ (Campos, 2004) se tiene que el valor de la Velocidad de Ondas "S" ("Vs") es Vs = 398,7 m/s

II.3 Normativa

En 1952, año en que se inicia el proyecto del Edificio de los Museos, los proyectistas en Venezuela utilizaban las “Normas para el Cálculo de Edificios 1947” del Ministerio de Obras Públicas (MOP), única norma referente al cálculo de estructuras de concreto armado vigente en nuestro país para la época. La norma para el cálculo de elementos de concreto armado que sucede a la norma del año 1947 es la “Norma para el Cálculo de Edificios 1955”, en donde se hacen contemplaciones para sismo en su parte II, artículo 7 denominado “*Acción de los Movimientos Sísmicos*”. Luego del sismo ocurrido en Caracas en el año de 1967, surge la “Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas”, la cual pasa a sustituir el Artículo de la norma del año 1955.

En esta norma se realizan cambios significativos para el cálculo y diseño de edificaciones, como lo es en primera instancia, el mapa de zonas sísmicas del país. Entre otros cambios que contempla la nueva normativa del año 1967, está la Prescripción General, Artículo 4 (p10), de donde se puede extraer que: “las estructuras se analizarán y calcularán para dos direcciones ortogonales o aproximadamente tales”. En la misma línea, se cita el Artículo 5 (p11) donde se indica que las estructuras clasificadas como Tipo I y II “deberán poseer en la dirección que se considera, dos o más líneas resistentes constituidas por muros, pórticos, etc., y en los cuales los elementos horizontales que constituyen los entresijos y cubiertas, serán lo suficientemente rígidos como para distribuir eficazmente las fuerzas sísmicas entre los elementos verticales”.

Las nuevas exigencias normativas obligaron a colocar vigas en las dos direcciones principales de análisis para una estructura aporricada, cumpliendo también los requerimientos mínimos de rigidez para elementos estructurales contemplados en el Artículo 5 de la norma del año 1967.

Se vuelve importante para esta línea de investigación el relato de la evolución histórica de la norma venezolana en cuanto a sismos, porque en el diseño estructural de la actualidad, las solicitaciones para elementos de concreto armado están regidas primordialmente por estos movimientos, originados por el reajuste constante de la Tierra, y considerablemente mayores que las solicitaciones de servicio (variables y permanentes) de las estructuras, con las que realizaron los primeros diseños contemporáneos, no hace mucho tiempo atrás.

Es significativo mencionar además, que mientras se realizaban todos estos cambios en las normativas, la estructura objeto de esta investigación, El Edificio de los Museos, no sólo se encontraba funcionando regularmente, sino que además servía a la comunidad universitaria de una manera diferente a la concebida en su diseño original: había cambiado su uso, para convertirse en recinto de oficinas (actualmente Consultoría Jurídica de la Universidad Central de Venezuela). No se tiene registro de que se haya efectuado alguna modificación en el proyecto original referente al cálculo estructural a raíz de las nuevas exigencias sísmicas, aunque sí se puede decir que en los planos de armado, se ven claramente vigas planas en sentido ortogonal, con su respectiva cuantía de acero.

Para el estudio y recálculo del Edificio de los Museos se utilizarán las normas Venezolanas vigentes, referentes a estructuras de concreto armado, mencionadas a continuación:

- COVENIN 1753 – 1987. “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”.
- ACI 318 - 1999 “Building Code Requirements for Structural Concrete”

CAPÍTULO III. MÉTODO

Para lograr los objetivos planteados se realizaron las siguientes actividades:

III.1 Fase 1: Recopilación y procesamiento de datos

- Se recopiló la información de la edificación en el Consejo de preservación y Desarrollo (COPRED); encontrándose una buena parte de los planos del proyecto.
- Se recopiló la información referente a la edificación: fechas de proyecto, especialistas involucrados en el proyecto, construcción de la edificación, reseña histórica y datos técnicos de interés
- Se hizo levantamiento in situ para determinar las dimensiones de todos elementos estructurales, tales como vigas y columnas, para luego compararlas con los dimensionados de los planos.
- Se verificó la información de los planos, haciendo la comparación con las dimensiones de la construcción existente.
- Se compiló en tablas la información extraída de los planos con la información obtenida con las mediciones en sitio, definiendo las características geométricas para generar el modelo.
- Se obtuvo información de la disposición del acero longitudinal y transversal de algunos elementos estructurales, a través de un levantamiento usando el equipo “Ferrosan”.
- Se realizó una inspección visual para reportar el nivel de daños y deterioro de la edificación, a través de tablas de registro diseñadas con este objeto.

III.1.1 Características del equipo Ferroskan FS10

El sistema Ferroskan FS10⁶ (Figura 20) es una herramienta que detecta la presencia de acero de refuerzo en elementos de concreto armado, a través de una sonda de emisión (scanner RS 10) conectada a un módulo de recepción (monitor RV 10).

En su funcionamiento, se emplean dos modalidades para realizar una detección rápida, o para explorar una imagen. El primer modo detecta 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.



Figura 20 Sistema Ferroskan FS10

Fuente: <http://demining.jrc.it/.../FS-10.htm>

La exploración de imagen realiza una radiografía en un área de 600 x 600 mm, empleando como guía para colocar la sonda, un papel cuadrulado predeterminado para el equipo. La zona cuadrulada debe ser explorada en dos direcciones perpendiculares para poder generar una imagen. El monitor refleja una cuadrícula igual que las del papel. El sistema indica en pantalla la posición inicial del scanner. Se obtienen mejores resultados cuando el eje del papel cuadrulado se coloca paralelo a la dirección en que está el acero.

⁶ Fuente: http://www.hilti.es/.../teli_results.jsp?type=operation_manuals&subtype=positioning

Una vez realizada la exploración, se refleja la imagen detectada donde se puede observar la disposición del refuerzo. Luego 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 los números estándar de la norma ACI o en milímetros.

El diámetro solo se visualiza, cuando se cumple la condición de que la distancia entre las barras de refuerzo corresponde, como mínimo, al doble del recubrimiento, siendo esto posible hasta una cobertura máxima de 60 mm. El margen de medición del equipo se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1 Margen de Medición

	Diámetros (pulgadas) según la norma ACI 318-106									Resolución/ precisión
	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11	
	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	1	1,13	1,27	1,41	
Máx. prof (mm) para el proceso de la imagen	141	150	160	160	160	160	165	173	180	d/T >= 1
Máx. prof (mm) para la determin. de la cobertura	97	103	110	110	110	110	121	135	149	10%
Máx.prof. (mm) para la determi. del diámetro	60	60	60	60	60	60	60	60	60	d/T >=2 1

Donde: d= distancia entre barras de refuerzo, T= cobertura (profundidad)

Fuente: Manual del Ferrosan FS 10. Hilti

III.1.2 Determinación de la resistencia del concreto

El esclerómetro⁷ fue diseñado por el Ing. suizo Ernst Schmidh en 1948, constituyendo una versión tecnológicamente más desarrollada que los iniciales métodos de dureza superficial generados en la década del veinte.

⁷ Tomado de:

http://72.14.203.104/search?q=cache:2kiHUxJBHkAJ:www.asocem.org.pe/bva/it/notas_tecnicas/concreto/analisis/evaluacion%2520del%2520Concreto%2520por%2520el%2520esclerometro.pdf+esclerometro&hl=es&gl=ve&ct=clnk&cd=3&lr=lang_es

⁷ www.coc.ufrrj.br/teses/mestrado/estruturas/2005/Teses

III.1.2.1 Campo de aplicación

Originalmente, fue propuesto como un método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto, estableciendo curvas de correlación en laboratorio. Sin embargo, por los diferentes factores que afectan los resultados y la dispersión que se encuentra, en la actualidad se le emplea mayormente para evaluar la uniformidad del concreto en una obra, para delimitar zonas de baja resistencia en las estructuras, para informar sobre la oportunidad para desencofrar elementos de concreto, apreciar, cuando se cuenta con antecedentes, la evolución de la resistencia de estructuras, determinar niveles de calidad resistente, cuando no se cuenta con información al respecto y contribuir, conjuntamente con otros métodos no destructivos a la evaluación de las estructuras.

III.1.2.2 Descripción del aparato y del método

Un esquema del aparato está dado en la figura 21, según la información del fabricante, en el que se singulariza los siguientes elementos:

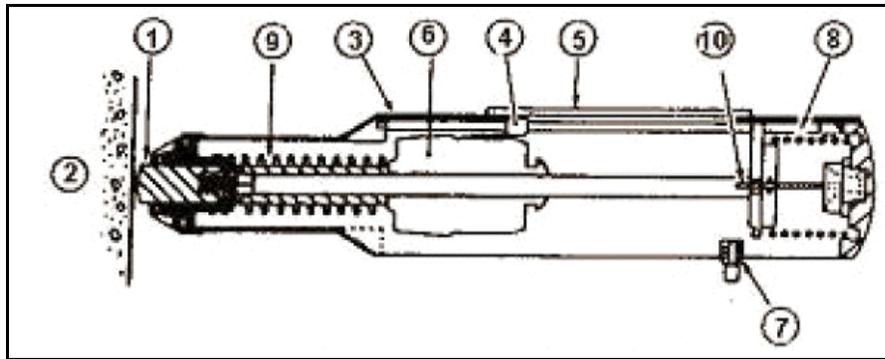


Figura 21 Esclerómetro

1. Percutor, 2. Concreto, 3. Cuerpo exterior, 4. Aguja, 5. Escala, 6. Martillo, 7. Botón de fijación de lectura, 8. Resorte, 9. Resorte, 10. Seguro

Fuente: http://72.14.203.104/search?q=cache:2kiHUXJBHkAJ:www.asocem.org.pe/bva/it/notas_tecnicas/concreto/analisis/evaluacion%2520del%2520Concreto%2520por%2520el%2520esclerometro.pdf+esclerometro&hl=es&gl=ve&ct=clnk&cd=3&lr=lang_es

El ensayo se efectúa apretando el percutor contra la superficie a examinar, hasta que el martillo, impulsado por un resorte, se descargue sobre el percutor. Después del golpe, el martillo rebota una cierta distancia, la cual se indica por una aguja en una escala graduada. La lectura de la posición de la aguja representa la medida del retroceso en porcentaje del avance del martillo.

Básicamente el proceso está constituido por una masa móvil, con una cierta energía inicial, que impacta la superficie de una masa de concreto, produciendo una redistribución de la energía cinética inicial. Parte de la energía es absorbida como fricción mecánica en el instrumento y otra parte como energía de deformación plástica del concreto. La parte restante es restituida a la masa móvil en proporción a la energía disponible. Para tal distribución de energía es condición básica que la masa de concreto sea prácticamente infinita con relación a la masa del percutor del aparato, lo que se da en la mayoría de las estructuras. En consecuencia, el rebote del esclerómetro es un indicador de las propiedades del concreto, con relación a su resistencia y grado de rigidez.

En la actualidad se encuentra en el mercado varios tipos de esclerómetro:

- **Modelo N**

(Energía de percusión = 2,207 Nm (0,225 kgm), sirve para el control del concreto en los casos normales de construcción de edificios y puentes.

- **Modelo L**

(Energía de percusión 0,735 Nm (0,075 kgm) es una reducción del modelo N. Es más apropiado para el examen de elementos en concreto de escasas dimensiones y sensibles a los golpes.

- **Modelo M**

(Energía de percusión = 29,43 Nm (3 kgm) sirve especialmente para la determinación de la resistencia del concreto en obras de grandes dimensiones y para el examen de calidad de carreteras y pistas de aeródromos de concreto. Sin embargo no es excluyente el uso del modelo M.

Todas estas variantes, vienen también provistas de un sistema que permite el registro automático o impresión de cada uno de los resultados de ensayo, evitando que el operador deba detenerse para tomar nota o requiera dictar los valores obtenidos, evitando errores y documentando los registros.

III.1.2.3 Factores que inciden en la prueba

Además de los factores intrínsecos, los resultados de los ensayos reciben la influencia de los siguientes parámetros, como la textura superficial del concreto, la medida, forma y rigidez del elemento constructivo, edad del concreto, condiciones de humedad interna, tipo de agregado, tipo de cemento, tipo de encofrado, grado de carbonatación de la superficie, acabados de los elementos y temperatura superficial del concreto y la temperatura del instrumento.

III.1.2.4 Procedimiento de ensayo

Para obtener resultados válidos y reproducibles conviene tener en cuenta que el elemento concreto sometido a prueba está fijo en la estructura, teniendo como mínima dimensión 100 mm, de espesor. Los especímenes más pequeños deberán ser sujetados rígidamente. En el caso de probetas se aconseja fijarlas entre los cabezales de la máquina de compresión. El área en la cual se podrá efectuar una determinación, por el promedio de una serie de pruebas comprenderá aproximadamente una circunferencia de 150 mm de diámetro. Deberá efectuarse el pulido superficial en la

zona de prueba de los especímenes, hasta una profundidad de 5 mm, en los concretos de más de 6 meses de edad, en texturas rugosas, en las húmedas y cuando se encuentran en proceso de carbonatación. Al efecto se utilizará una piedra abrasiva de carburo de silicio, o material equivalente, con textura de grano medio. Aditamento que forma parte del equipo provisto por el fabricante. La posición del aparato, en casos de 4 ensayos comparativos, deberá tener la misma dirección. a la posición normal del aparato en horizontal. De actuar verticalmente incide la acción de la gravedad, dando resultados de rebotes más altos actuando hacia abajo y más bajos hacia arriba. El accionar angular dará resultados intermedios.

Para efectuar el ensayo se apoya firmemente el instrumento, con el émbolo perpendicular a la superficie, incrementando gradualmente la presión hasta que el martillo impacte y se tome la lectura. Los impactos deben efectuarse a por lo menos 2.5 cm de distancia. Se tomarán 10 lecturas para obtener el promedio. En el caso de que una o dos lecturas difieran en más de 7 unidades del promedio, serán descartadas. Si fueran más las que difieren se anulará la prueba. Los ensayos son influenciados por la característica del concreto en la zona de impacto, los vacíos o la presencia de agregado grueso, disminuyen o incrementan los valores.

Esto ocurre a menudo en concretos con agregado mayor de 2" o con resistencia menor a 140 kg/cm², en los cuales el método no es apropiado. El coeficiente de variación del número de rebote decrece con el incremento de la resistencia del concreto.

III.1.3 Estado actual de la estructura

Se realizó una inspección visual de la estructura para el reporte de su estado actual. Para clasificar los tipos de deterioro, se generó una escala de daños y tablas de inspección para facilitar el estudio. Bajo el criterio de trabajos de la misma línea de investigación se crearon los formatos de las tablas y niveles de deterioro, para captar la mayor cantidad de información.

III.1.3.1 Clasificación y tipos de daños

Los daños en la evaluación se definen a continuación, según sus características más resaltantes. Cabe mencionar que no es objetivo de esta línea de investigación realizar un diagnóstico sobre la patología de la estructura, sino esbozar de manera general los posibles deterioros presentes en la edificación.

Poros: Son discontinuidades intersticiales formadas por diferentes causas en las superficies de los elementos. En la mayoría de los casos, los poros toman forma circular de diferentes diámetros, agrupados en áreas pequeñas o dispersos a lo largo de un elemento. No se evidencia en ellos óxido del acero de refuerzo, o alguna otra característica que manifieste la presencia de algún daño estructural. Cabe mencionar que para determinar la causa de aparición de los poros, siempre es recomendable realizar estudios exhaustivos, aunque para el caso de la edificación en estudio, se presume su formación durante la etapa constructiva, a causa de fallas en el proceso de vibrado.



Figura 22 Poros

Escamado: Pérdida de escamas o laminillas de la porción próxima a la superficie del hormigón o mortero endurecido. Este tipo de deterioro es incluido en las planillas de levantamiento dentro de las observaciones, pero no bajo clasificación de escalas de escamado, debido a que se presenta en los elementos como escamados leves, es decir, “no expone el agregado grueso del hormigón” (ACI 116).



Figura 23 Escamado en la Edificación

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



Figura 24 Crecimiento Vegetal en la Edificación

Humedad: Se identifica por el cambio de color sobre la superficie de un elemento. Dependiendo de su naturaleza, se diferencian distintos tipos de humedad:

Filtración: penetración del exterior hacia el interior del miembro, arrastrando sales del interior del concreto formando manchas blancas en la superficie (eflorescencia).



Figura 25 Filtración de Aires Acondicionados en la Edificación

Condensación: Retención de vapor presente en el ambiente, se identifica en forma de manchas. No se encontró este tipo de humedad en la estructura.

Capilaridad: Es la ascensión de agua del terreno, se observa en la mayoría de los casos en las bases de columnas. No se encontró este tipo de humedad en la estructura.

Accidental: penetración del agua en la estructura por modificaciones mal planificadas, hechas en la estructura por las personas, antes o después de la construcción de la misma.



Figura 26 Manchas por humedad en la Edificación

En las planillas no se diferencia el tipo de humedad observado, sino que se indica la presencia de la misma.

Desprendimiento de cerámica vitrificada: Caída de los mosaicos que forman parte del recubrimiento de las obras de arte y tabiquería.



Figura 27 Desprendimiento de mosaicos en la Edificación

Corrosión del acero de refuerzo: Son las manchas de oxidación del acero de refuerzo en la parte externa del miembro. Se incluye de igual manera, barras de refuerzo expuestas en la superficie de los elementos.



Figura 28 Barras de Refuerzo Expuestas en la Edificación

III.1.3.2 Escala de daños

Se elaboró una escala de daños con niveles comprendidos desde el cero (0) hasta el cuatro (4), partiendo desde el deterioro mínimo hasta el máximo, respectivamente. La característica de cada uno de los niveles se describe para cada tipo de daño en la Tabla 2.

Las dimensiones mencionadas, tales como diámetros de poros y tamaños de plantas, son cifras aproximadas para establecer diferencia entre los niveles de la escala, y proporcionar al lector una idea de los daños observados.

Tabla 2 Escala de daños

Tipo de Daño	Nivel				
	0	1	2	3	4
Poros	No se observa el daño	Poros en menos del 25% del miembro	Poros en menos del 50% del miembro	Poros en menos del 75% del miembro	Poros en más del 75% del miembro
Crecimiento Vegetal		de 0 a 2 plantas en el miembro	de 2 a 4 plantas en el miembro	de 4 a 6 plantas en el miembro	más de 6 plantas
Humedad		Humedad en menos del 25% del miembro	Humedad en menos del 50% del miembro	Humedad en menos del 75% del miembro	Humedad en más del 75% del miembro
Caída de Material		Caída en menos del 25% del Área	Caída en menos del 50% del Área	Caída en menos del 75% del Área	Caída en más del 75% del Área
Corrosión del Acero de Refuerzo		Presencia de manchas de óxido	Óxido presente y hasta 3 barras de refuerzo expuestas	Óxido y más de 3 barras de refuerzo expuestas	Óxido y acero expuesto en más de la mitad del miembro

III.1.3.3 Planilla de levantamiento de daños

Se realizó un formato de planilla de levantamiento para la evaluación de elementos estructurales y tabiquería, donde se señala la ubicación del miembro, los daños observados identificando el nivel en que se presentan y observaciones generales.

A continuación se presenta un modelo de la planilla. En el Apéndice 5 se puede observar un resumen de los datos más importantes obtenidos con las mismas.

Tabla 3 Formato de la Planilla de Levantamiento de Daños**Planilla de Registro para Levantamiento de Daños****Fecha: --/--/2006****LUGAR:** EDIFICIO DE LOS
MUSEOS**NIVEL:** xx

	Eje Hor	A	B	C	D	Elem. Observ.	Tipos de Daño	Niv	OBSERVACIONES
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	11								
	12								
	13								

III.2 Fase 2: Protocolo de Recálculo

- Con las indicaciones de La Norma COVENIN 1756–2001, Se llevó a cabo un estudio de las características de la edificación para definir el método de análisis a ser empleado en el estudio de la estructura.
- Se elaboraron modelos basados en las características geométricas de la edificación con la información encontrada y procesada, para ser analizados con dos programas de cálculo estructural.
- Con base a las indicaciones de las Normas COVENIN 2002-88 “Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones”, y COVENIN 1756-2001 “Edificaciones sismorresistentes” se evaluaron las cargas a las cuales se encuentra sometida la estructura, determinando los valores de la mismas.

III.2.1 Normas y calidad de los materiales

Se determinaron área y distribución del acero de refuerzo para los elementos estructurales tomando la configuración actual de la estructura, mediante un modelo analizado con el uso de dos programas de cálculo estructural. Igualmente se estudiaron parámetros del análisis dinámico como el período de la estructura y los desplazamientos.

La calidad de los materiales para el recálculo, basado en la información encontrada y levantada, fue la siguiente:

- Concreto $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$

III.2.2 Método de análisis - Modelo

El método de análisis de la estructura fue seleccionado según las recomendaciones del Capítulo 9 de la Norma COVENIN 1756 – 01, en donde se indica (en la Tabla 9.1 de la misma) que para estructuras regulares que no exceden 10 pisos ni 30 metros, debe realizarse como requerimiento un “Análisis Estático”, que contemple efectos traslacionales y torsionales aplicando los métodos Estático Equivalente y de la Torsión Estática Equivalente, respectivamente.

Con la finalidad de simplificar los modelos de cálculo se considero que las losas de la edificación se comportan como un diafragma rígido y se realizó el estudio de la estructura realizando un análisis dinámico espacial con el programa SAP2000 y un análisis dinámico plano con el programa CBDS, esto debido a que el programa CBDS por los momentos no realiza el análisis espacial.

III.2.3 Modelos analizados

Con base a lo anteriormente descrito se realizó el estudio de la edificación tomando los siguientes casos:

1. Análisis con el uso del programa de cálculo estructural CBDS, sin aportes de rigidez de la mampostería.

El modelo fue realizado con la geometría y topología de la estructura, tomando en consideración columnas ficticias de dimensiones 0x0cm para la colocación de los machones existentes en el nivel 1 sobre estos elementos. De este modelo solo se analizaron la masa y los períodos de los modos en ambas direcciones.

2. Análisis con el uso del programa de cálculo estructural SAP2000, sin aportes de rigidez de la mampostería.

El modelo fue realizado de la misma manera que con el programa CBDS, con la geometría existente de la estructura, tomando en consideración la topología y geometría de los elementos estructurales mediante la generación de elementos finitos en el programa. Esta segunda aproximación del modelo, se crea principalmente con el objeto de comparar el modelo planteado anteriormente, a modo de corroborar los resultados obtenidos

3. Análisis considerando diagonales equivalentes de mampostería.

Con la finalidad de representar adecuadamente la mampostería presente en la edificación, se consideraron diagonales ubicadas en los espacios donde se encuentran las paredes de la edificación. Para la elaboración de estos elementos diagonales, se usaron Diagonales Equivalentes tal como se muestra en la siguiente figura:

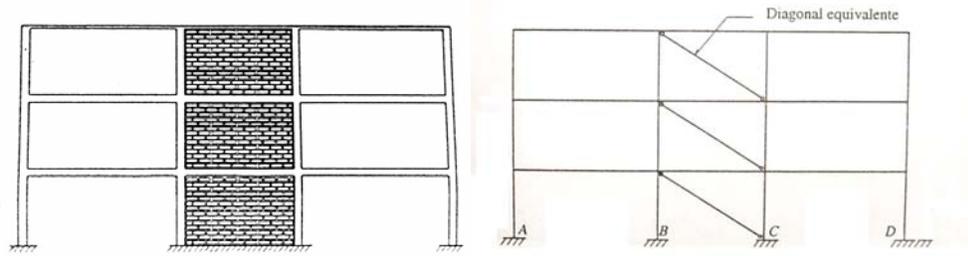


Figura 29 Esquema del modelado con diagonales equivalentes

Fuente: Bazán E. y Meli R. (2000). Diseño Sísmico de Edificios.

Estos elementos tienen propiedades mecánicas de la mampostería. Para este modelo y dada la falta de información sobre la mampostería presente en la edificación se utilizaron las propiedades de bloques huecos de arcilla, estudiados recientemente en el trabajo especial de grado “Influencia del Espesor del Friso en las Propiedades Mecánicas de la Mampostería con Bloques huecos de Arcilla y de Concreto”, y mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 4 Resistencia a la compresión de bloques huecos de arcilla

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)	f _p (kgf/cm ²)	S (kgf/cm ²)	cv (%)
BA - 1	17450	17388	38.78	38.64	1.59	4.11
BA - 2	18100		40.22			
BA - 3	3600		8.00			
BA - 4	17600		39.11			
BA - 5	16400		36.44			

Fuente: Tesis de Grado “Influencia del Espesor del Friso en las Propiedades Mecánicas de la Mampostería con Bloques huecos de Arcilla y de Concreto

Utilizándose para la resistencia a compresión el valor de 40,22 Kgf/cm². El módulo de elasticidad “E” se calculó mediante la expresión de la ecuación (1)⁸:

⁸ Tomado de Tesis Doctoral: Bonett Díaz, Ricardo León. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada.*

$$E = 300 \times f'_m \quad (1)$$

Donde:

E = Módulo de Elasticidad de la Mampostería.

f'_m = Resistencia a compresión de la Mampostería.

Luego de definir las propiedades mecánicas para el modelo, y considerar distintos tipos de diagonales equivalentes se decidió usar las Diagonales Equivalentes de Meli y Bazán

Las Diagonales de Meli y Bazán, son diagonales que poseen las propiedades mecánicas de la mampostería. El dimensionado de la sección transversal de la diagonal se caracteriza con una sección transversal “ $W \times t$ ”. “ t ” es el espesor de la mampostería y “ W ” se obtiene mediante las fórmulas:

$$W = (0.35 + 0.022 \cdot \lambda) \cdot h \quad (4)$$

Donde:

h = Altura del Pórtico

λ = Parámetro adimensional de rigidez entre Mampostería y Pórtico

El valor de “ λ ” se calcula con la ecuación (5) mostrada a continuación:

$$\lambda = \frac{E_c \cdot A_c}{G_m \cdot A_m} \quad (5)$$

Donde:

E_c = Módulo de elasticidad del concreto

A_c = Área de la Columna del Pórtico en cm^2 .

G_m = Módulo de Cortante de la Mampostería.

A_m = Área de la Sección de Planta de la Mampostería en cm^2 .

Calculándose el módulo de elasticidad de la mampostería con la ecuación (1) y el módulo del concreto con la expresión:

$$E_c = 15100 \cdot \sqrt{f'_c} \quad (6)$$

El valor del módulo de cortante, se calcula con la ecuación (7):

$$G_m = 0.4 \cdot E_m \quad (7)$$

En la Figura 38 se muestran las dimensiones a utilizar para la determinación de las diagonales de Meli y Bazán:

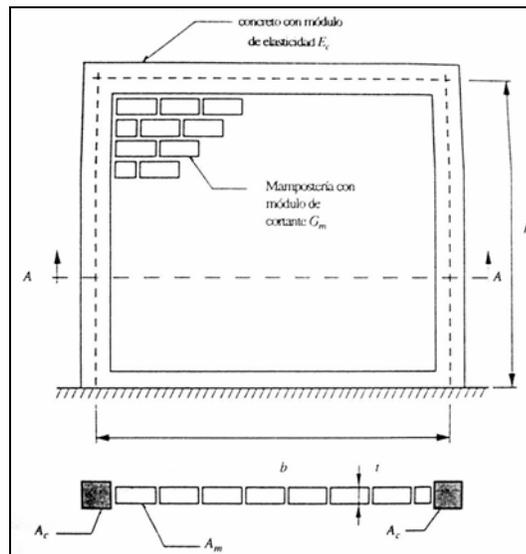


Figura 30 Definiciones para determinar diagonales de Meli y Bazán

Fuente: Bazán E. y Meli R. (2000). Diseño Sísmico de Edificios.

En la edificación en estudio, la mampostería confinada por machones y vigas se encuentra ubicada en el perímetro de nivel 1, donde no hay columnas en el nivel inferior. Esta característica de la estructura no permite modelar adecuadamente las diagonales en el programa CBDS, ya que este sólo permite el modelado de diagonales dentro de pórticos que posean columnas en todos los niveles, por lo que se decidió tomar solo el modelo estructural con diagonales equivalentes del programa sap2000.

Otro problema que se presenta al modelar edificaciones con diagonales equivalentes, es que estos elementos resisten tracción y compresión, lo cual no representa adecuadamente el comportamiento de la mampostería. El programa Sap2000 contiene un tipo de elemento llamado GAP que solo trabaja a compresión, por lo cual se consideró apropiado para este modelo. En la figura 39 se muestra el esquema de un elemento “GAP”:

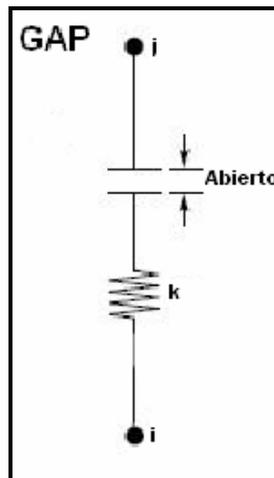


Figura 31 Esquema de un elemento GAP

Fuente: CSI. 2004. *Analysis Reference Manual*.

El valor de “k” corresponde a la rigidez axial del elemento, que tiene las propiedades de la mampostería. Para el correcto uso de este tipo de elemento, deben colocarse en el marco generado por columnas y viga, una doble diagonal con estos elementos en donde está presente la mampostería.

Las figuras 40 y 41 muestran un esquema del modelado con diagonales equivalentes dobles empleado para los elementos “Gap” utilizados:



Figura 32 Modelado con diagonales equivalentes

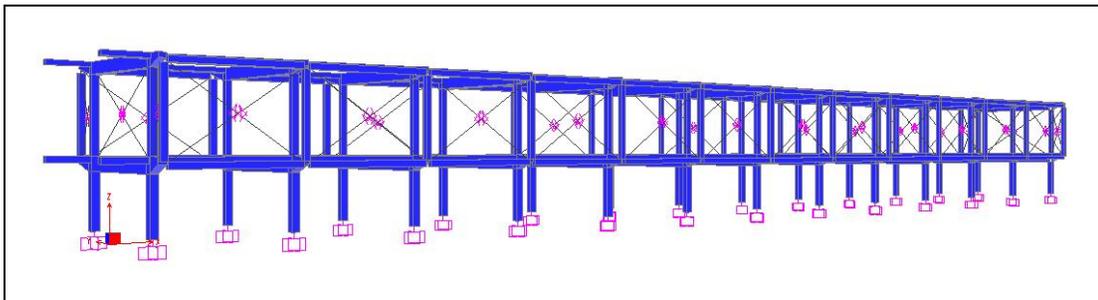
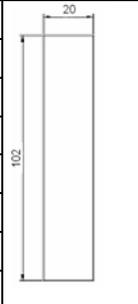


Figura 33 Modelado con elementos “Gap”

A continuación se muestran las tablas con las secciones transversales de las diagonales equivalentes empleadas para el modelo de la edificación:

Tabla 5 Modelo según Meli y Bazán (20x102)

Parámetro	Eje X	Eje Y
Coordenadas de los puntos	-10 -- 10	-51 -- 51
Centroide	0.0000	0.0000
Momentos de inercia (cm ⁴)	1768680	68000
Radio de giro	29.4449	5.7735
Área (cm ²)		
2040		
Perímetro (cm)		
244		


Tabla 6 Modelo según Meli y Bazán (20x130)

Parámetro	Eje X	Eje Y
Coordenadas de los puntos	-10 -- 10	-65 -- 65
Centroide	0.0000	0.0000
Momentos de inercia (cm ⁴)	3661666.67	86666.67
Radio de giro (cm)	37.5278	5.7735
Área (cm ²)		
2600		
Perímetro (cm)		
300		



III.2.4 Cargas consideradas

Las cargas sobre la estructura se determinaron con base a las indicaciones de la Norma Covenin 2002 – 88, considerando las siguientes acciones:

Cargas permanentes (CP)

Involucra al peso propio de la losa, elementos estructurales y tabiquería; calculando los valores de los mismos con base a las tablas 4.1 y 4.3 de la Norma, observándose además cargas particulares como estantes móviles en el nivel 1, usando para estos el valor de 400Kg/m².

Cargas variables (CV)

Determinada según la Tabla 5.1 de la Norma “Criterios y Acciones Mínimas”, Usando para el uso de la edificación el valor correspondiente a 250Kgf/m² (Oficinas), diferente al valor de carga variable 500Kgf/m² que corresponde al de sitios de concentraciones públicas, como lo es el caso de un museo.

Acciones accidentales (S)

Las acciones sísmicas fueron consideradas con base a las indicaciones de la Norma Covenin 1756 – 01. El espectro de diseño corresponde al indicado en el Capítulo 7 de esta norma (Figura 42), considerando los siguientes valores:

- Zona Sísmica (Tabla 4.2*), Caracas, Distrito Federal: **5**
- Coeficiente de Aceleración Horizontal (Tabla 4.1*) correspondiente a las condiciones geotécnicas de la zona 5: **A_o = 0,30**
- Grupo (Art. 6.1*) Edificaciones de alta importancia y valor excepcional que su falla puede ocasionar grandes pérdidas humanas o económicas: **A**
- Factor de Importancia (Tabla 6.1*) correspondiente a las edificaciones del Grupo “A”: **α = 1,30**
- Tipo de Estructura (Art. 6.2*) estructuras que soporten la acción sísmica con sus elementos estructurales : **I**
- Nivel de Diseño (Cap. 12.3.2*) Tipo de estructura que no cumple con los requisitos establecidos por la norma COVENIN 1753-87 en su capítulo 18 : **ND = 1**
- Forma Espectral (Tabla 5.1*) Correspondiente al tipo de terreno donde se encuentra la edificación: **S1; T⁺=0,4 seg; B =2,4; P =1,0**
- Factor de Reducción de Respuesta (Cap. 12.3.1*) Cuando no se satisfacen los requisitos normativos de incidencia sismoresistente: **R=1; T* = 0,1**

* Esta referencia se encuentra en la Norma Covenin 1756-01.

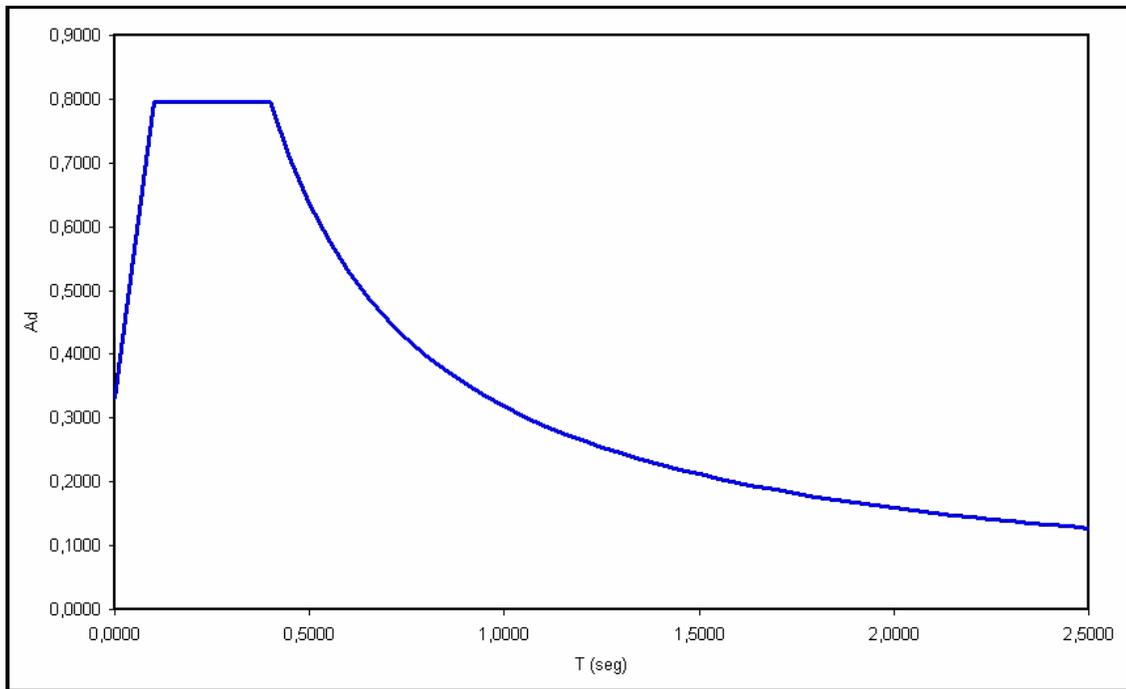


Figura 34 Espectro de Diseño para recálculo de la edificación

III.2.5 Combinaciones de carga

Las acciones consideradas se combinaron en función de lo establecido en el Capítulo 9 de la Norma Covenin 1753 - 87. Se tomaron en el análisis las siguientes combinaciones:

- 1,4 CP + 1,7 CV
- 0,75 (1,4 CP + 1,7 CV) + S
- 0,9 CP + S

En las combinaciones que involucren la acción del sismo (S) este fue combinado tomando en cuenta la acción simultánea de las componentes sísmicas horizontales, según se indica en el Capítulo 8 de la Norma COVENIN para Edificaciones sismorresistentes, considerando “El valor absoluto de las solicitaciones debidas a sismo en una dirección mas 0,30 del valor absoluto de las solicitaciones debidas a

sismo en la dirección ortogonal, y viceversa” (Artículo 8.6 de la Norma), y alternando los signos + y - para cada combinación.

III.3 Fase 3: Comparación de resultados obtenidos con los modelos

Se obtuvieron valores de área de acero requeridas en los elementos estructurales con el modelo generado en SAP2000 con elementos “Gap”, sus períodos y sus desplazamientos máximos. Los valores de períodos se obtuvieron de los modelos sin mampostería, para realizar comparaciones en la entrada de datos de ambos, y validar las respuestas obtenidas. Se analizaron varios modelos, que se caracterizan de la siguiente manera:

- Modelo de la edificación sin mampostería: Modelado con CBDS y SAP2000.
- Modelo con variante de mampostería: Modelado con elementos GAP en SAP2000.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

IV.1 Recopilación de la Información

De los planos obtenidos del COPRED se extrajo la información primordial de la estructura, como lo son: dimensiones de columnas, luces de vanos, características de las losas y alturas de entrepiso. Para confirmar toda la información de los planos, se realizaron inspecciones y mediciones en sitio. Luego de agrupar esta información de planos y del levantamiento, se realizaron las siguientes tablas y figuras que facilitan la consulta de todos los elementos estructurales.

IV.1.1 Pórtico de Carga

Características del Pórtico:

- Tipo: **Pórtico de dos (2) niveles, con cartelas en voladizo en sus extremos.**
- Altura de entrepiso PB-Nivel 1: **2.63 m.**
- Altura de entrepiso Nivel 1-Techo: **3.40 m.**
- Distancia entre ejes de columna: **6.00 m.**

En la siguiente figura se observa el detalle del pórtico de carga:

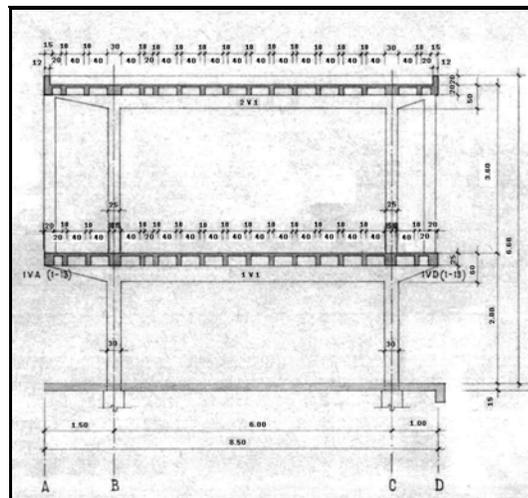


Figura 35 Esquema General de los Pórticos de Carga (Planos Originales)

Fuente: COPRED

IV.1.2 Losas (Plano de Planta Losas de Nivel 1 y Losa de Techo)

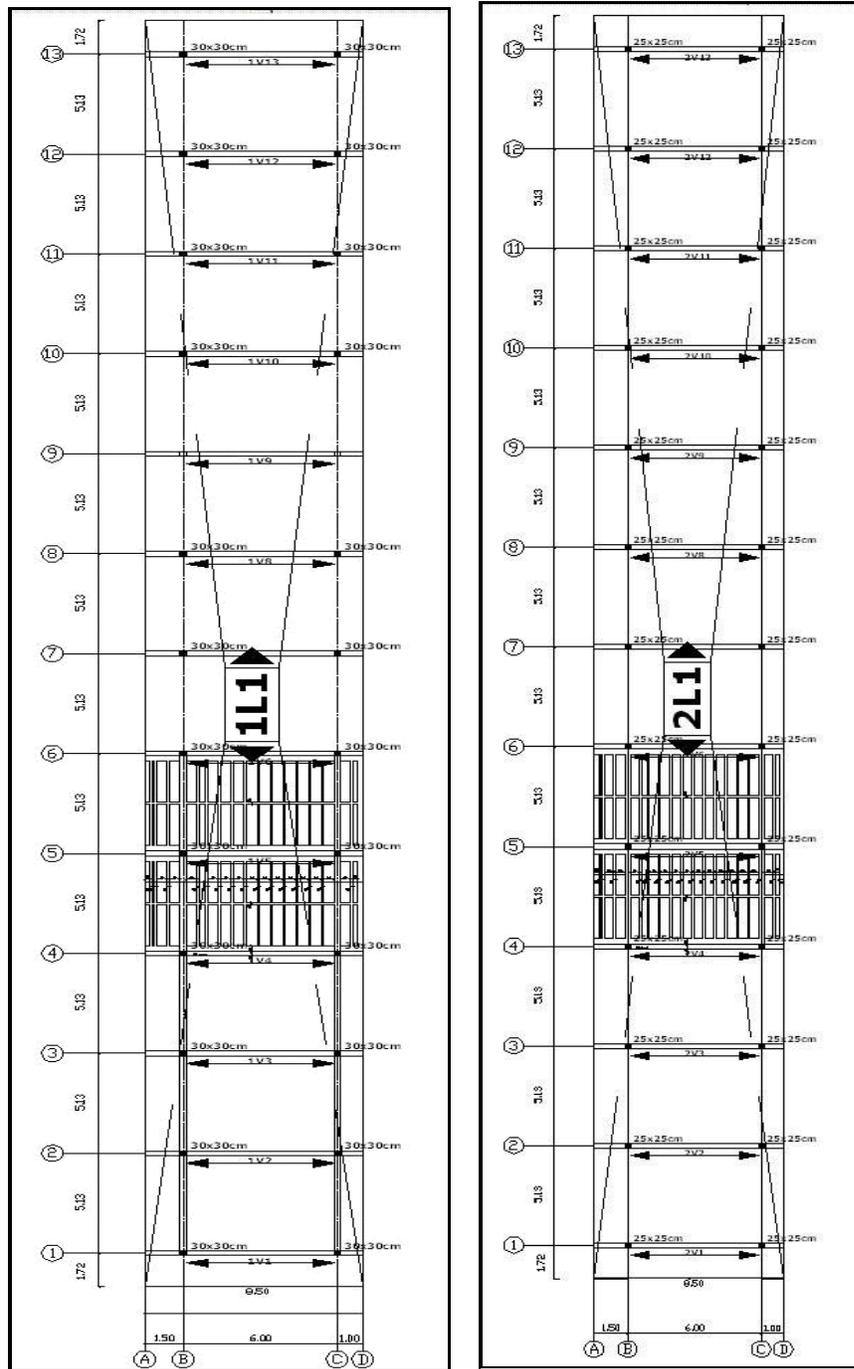


Figura 36 Esquema General de Losa de Nivel 1 (izq.) y Techo (der.)

Fuente: COPRED

Características de losa Nivel 1:

- Tipo: **Nervada, armada en una dirección**
- Separación entre nervios: **50 cm.**
- Anchura de nervio: **10 cm.**
- Altura de losa: **25 cm.**

En la siguiente figura se observa el detalle de la losa de Nivel 1:

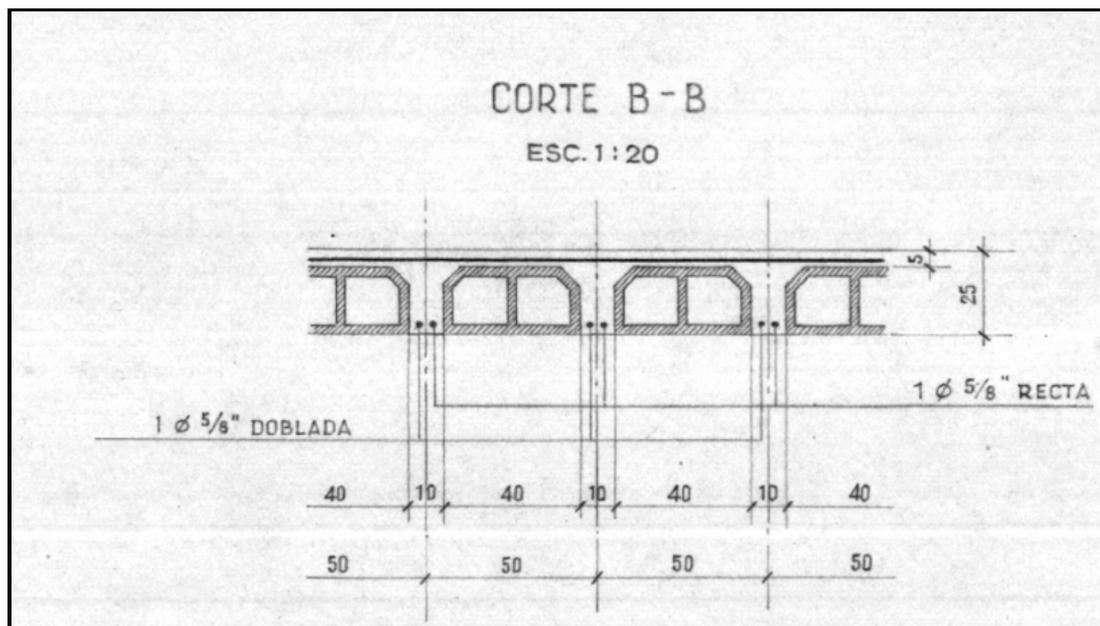


Figura 37 Detalle de losa de Nivel 1 (Planos Originales)

Fuente: COPRED

Características de losa Techo:

- Tipo: **Nervada, armada en una dirección.**
- Separación entre nervios: **50 cm.**
- Anchura de nervio: **10 cm.**
- Altura de losa: **20 cm.**

En la siguiente figura se observa el detalle de la losa de Techo:

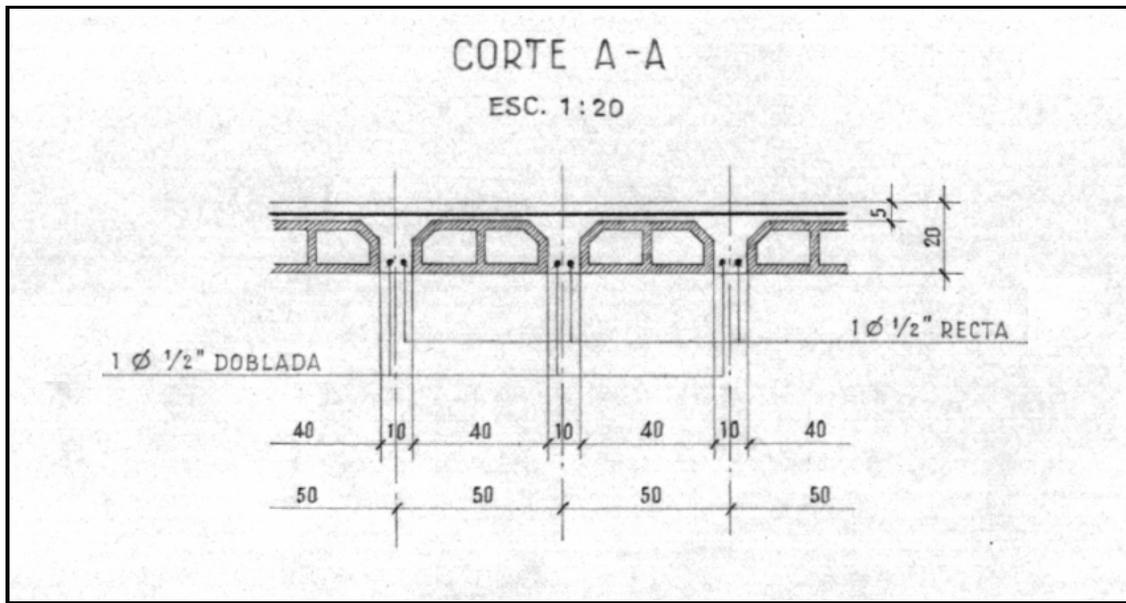


Figura 38 Detalle de losa de Techo (Planos Originales)

Fuente: COPRED

No se contempló el modelado de las losas en los programas debido a que el programa CBDS analiza sólo pórticos de concreto. Para la verificación del área de acero en las losas se realizó un cálculo manual de ellas, obteniéndose valores de acero menores a los encontrados en los planos. Esta revisión se encuentra en el Apéndice 6.

IV.1.3 Vigas

Se encuentran en los planos, vigas de forma rectangular y con cartelas en voladizo, con las dimensiones siguientes:

Características de Viga de Carga Nivel 1:

- Tipo: **Rectangular, con volados en sus dos extremos.**
- Altura de Viga: **60 cm.**
- Anchura de Viga: **30 cm.**
- Longitud del Volado A-B: **1.50 m.**
- Longitud del Volado C-D: **1.00 m.**

- Distancia entre ejes B y C: **6.00 m.**

En las siguientes figuras se observan detalles de la Viga de Carga de Nivel 1:

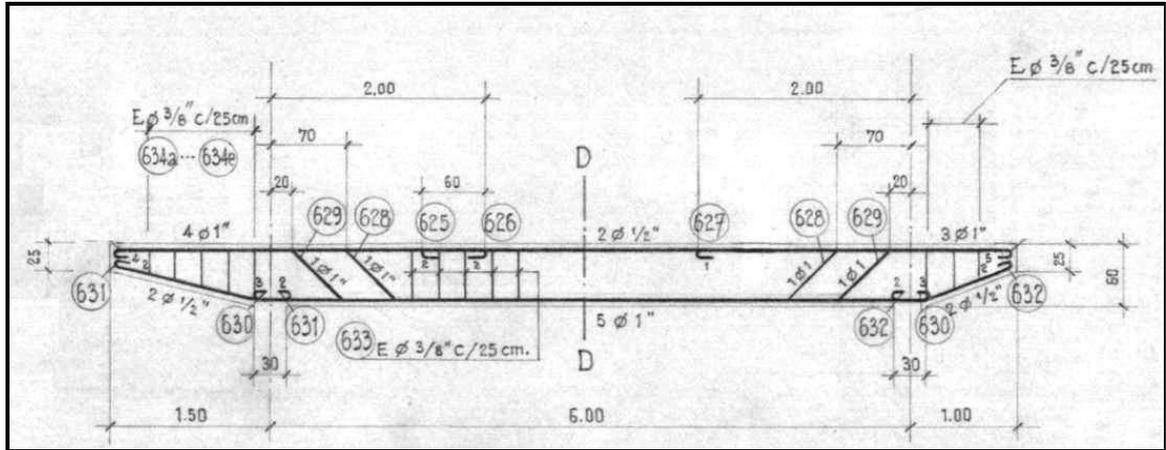


Figura 39 Viga de Carga de Nivel 1 (Planos Originales)

Fuente: COPRED

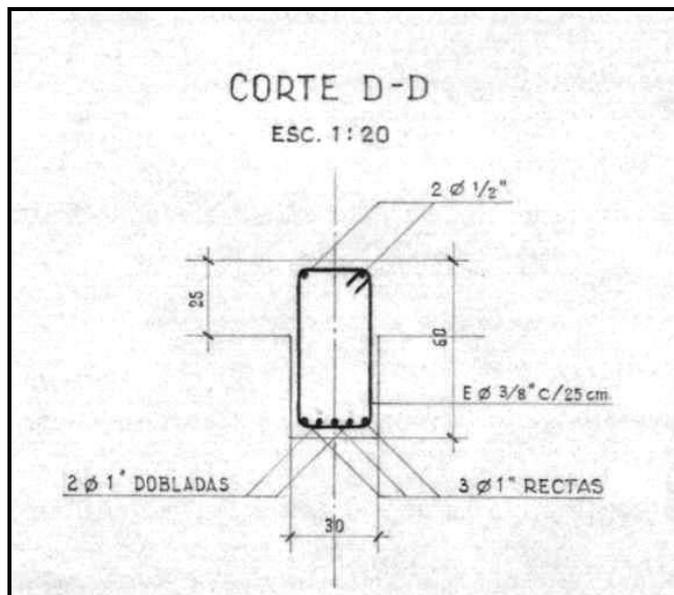


Figura 40 Sección Transversal de Viga de Carga de Nivel 1 (Planos Originales)

Fuente: COPRED

Características de Viga de Carga de Techo:

- Tipo: **Rectangular, con volados en sus dos extremos.**
- Altura de Viga: **50 cm.**
- Anchura de Viga: **30 cm.**
- Longitud del Volado A-B: **1.50 m.**
- Longitud del Volado C-D: **1.00 m.**
- Distancia entre ejes B-C: **6.00 m.**

En la siguiente figura se observa el detalle de la Viga de Carga de Nivel 1:

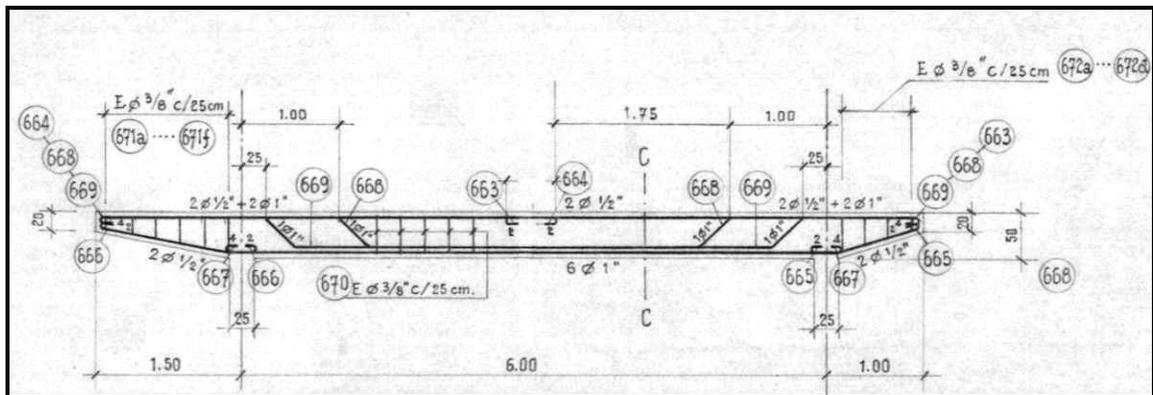


Figura 41 Viga de Carga de Techo (Planos Originales)

Fuente: COPRED

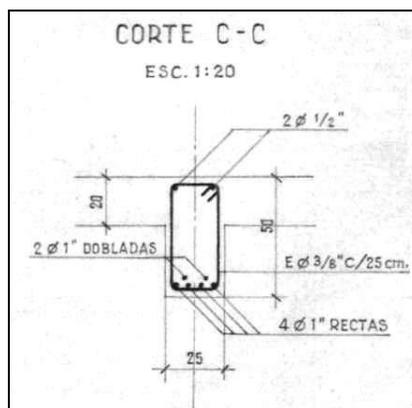


Figura 42 Sección Transversal de Viga de Carga de Techo (Planos Originales)

Fuente: COPRED

Se encuentran vigas Planas de forma rectangular, con las dimensiones siguientes:

- Características de Viga Plana de Nivel 1:
- Tipo: **Cuadrada.**
- Altura de Viga: **25 cm.**
- Anchura de Viga: **25 cm.**
- Luz de la viga: **5.13 m.**

En la siguiente figura se observa el detalle de la Viga Plana de Nivel 1:

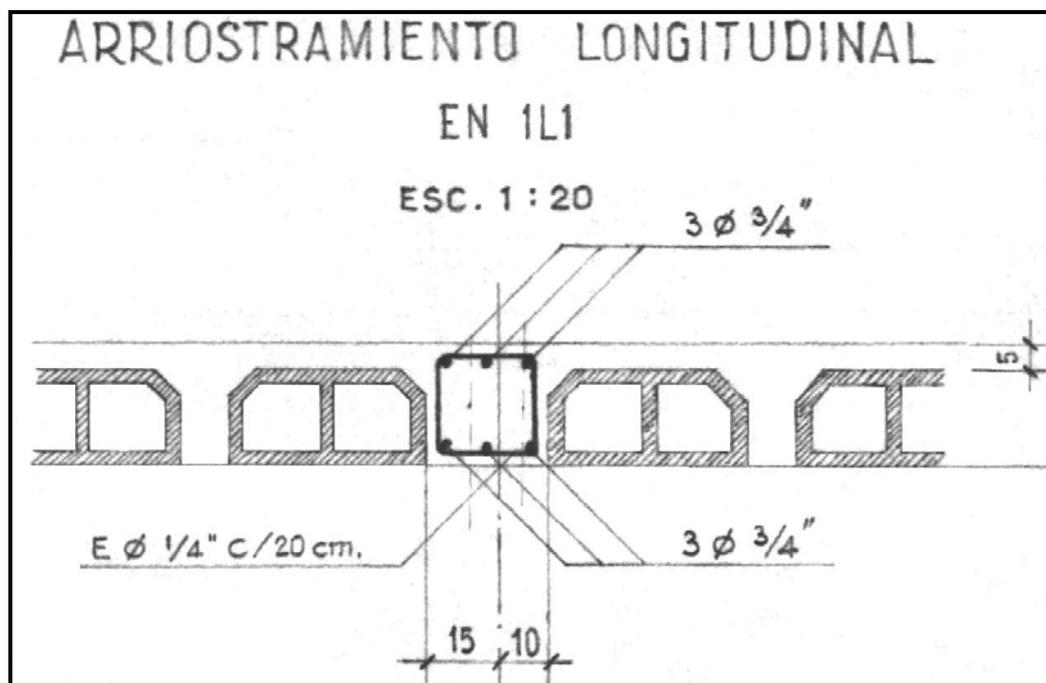


Figura 43 Sección Transversal de Viga Plana de Nivel 1 (Planos Originales)

Fuente: COPRED

Características de Viga Plana de Techo:

- Tipo: **Rectangular.**
- Altura de Viga: **20 cm.**
- Anchura de Viga: **30 cm.**
- Luz de la Viga: **5.13 m.**

En la siguiente figura se observa el detalle de la Viga Plana de Techo:

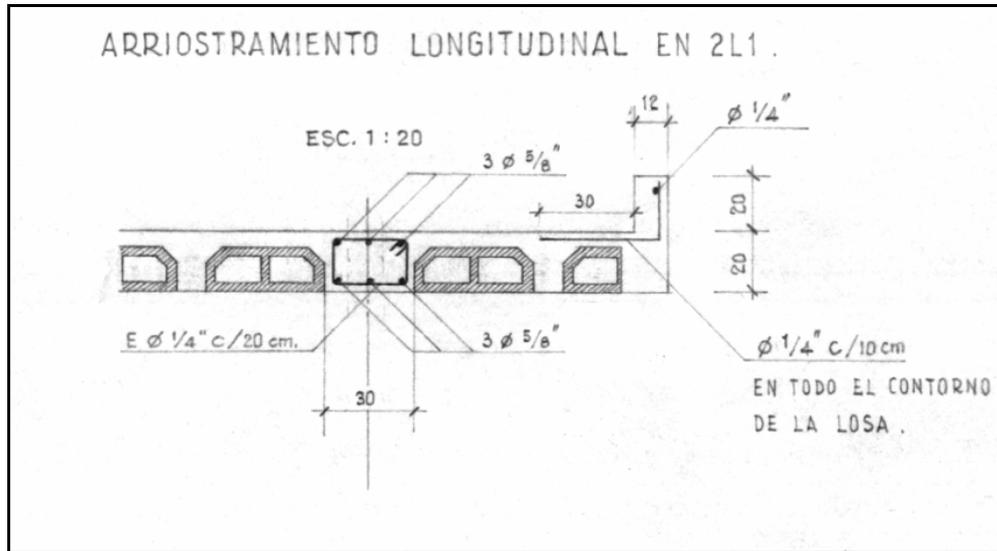


Figura 44 Sección transversal de Viga Plana de Techo (Planos Originales)

Fuente: COPRED

A continuación se muestran las tablas de las vigas de carga y vigas planas de la edificación:

Tabla 7 Levantamiento de Vigas de la Edificación

Eje Longitudinal	Eje Transversal	Luz entre ejes (m)	NIVEL				Observaciones
			1		Techo		
			b (cm)	h (cm)	b (cm)	h (cm)	
1	B - C	6,00	30	60	25	50	
2	B - C	6,00	30	60	25	50	
3	B - C	6,00	30	60	25	50	
4	B - C	6,00	30	60	25	50	
5	B - C	6,00	30	60	25	50	
6	B - C	6,00	30	60	25	50	
7	B - C	6,00	30	60	25	50	
8	B - C	6,00	30	60	25	50	
9	B - C	6,00	30	60	25	50	
10	B - C	6,00	30	60	25	50	
11	B - C	6,00	30	60	25	50	
12	B - C	6,00	30	60	25	50	
13	B - C	6,00	30	60	25	50	
B	1 a 2	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
B	2 a 3	5,13	25	25	30	20	Viga Plana

Eje Longitudinal	Eje Transversal	Luz entre ejes (m)	NIVEL				Observaciones
			1		Techo		
			b (cm)	h (cm)	b (cm)	h (cm)	
1	B - C	6,00	30	60	25	50	
B	3 a 4	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
B	4 a 5	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
B	5 a 6	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
B	6 a 7	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
B	7 a 8	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
B	8 a 9	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
B	9 a 10	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
B	10 a 11	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
B	11 a 12	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
B	12 a 13	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	1 a 2	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	2 a 3	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	3 a 4	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	4 a 5	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	5 a 6	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	6 a 7	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	7 a 8	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	8 a 9	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	9 a 10	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	10 a 11	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	11 a 12	5,13	25	25	30	20	Viga Plana
C	12 a 13	5,13	25	25	30	20	Viga Plana

A continuación se presentan las tablas de Cartelas en Voladizo, con el esquema (Figura 53) empleado para su levantamiento:

Tabla 8 Levantamiento de Cartelas en Voladizo

Eje Longitudinal	Eje Transversal	Luz entre ejes (m)	NIVEL						Observaciones
			1			Techo			
			b (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	b (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	
1	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
2	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
3	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
4	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
5	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
6	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
7	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
8	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
9	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	

Eje Longitudinal	Eje Transversal	Luz entre ejes (m)	NIVEL						Observaciones
			1			Techo			
			b (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	b (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	
1	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
10	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
11	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
12	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
13	A - B	1,50	30	60	25	25	50	20	
1	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
2	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
3	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
4	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
5	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
6	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
7	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
8	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
9	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
10	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
11	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
12	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	
13	C - D	1,00	30	60	25	25	50	20	

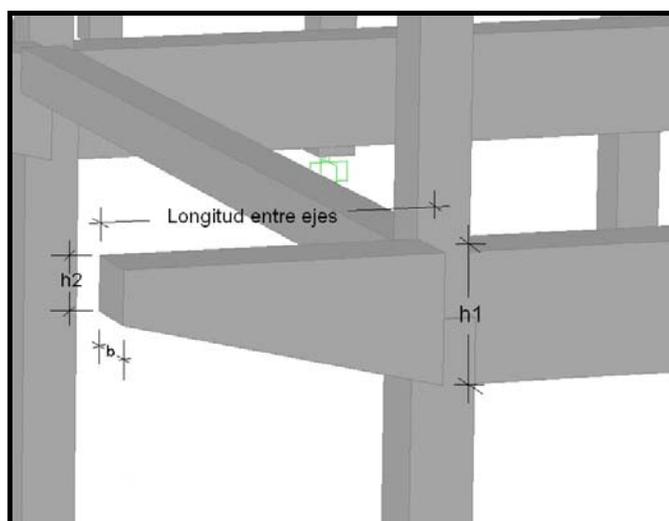


Figura 45 Esquema de Cartelas en Voladizo

Los volados en vigas planas no se tomaron en cuenta, debido a que no se encontraron en los planos originales de la estructura, y por lo tanto no se tenía el armado correspondiente para estos elementos.

IV.1.4 Columnas

En la edificación se encuentran columnas de sección cuadrada, con las dimensiones siguientes:

Características de Columna de PB:

- Tipo: **Rectangular.**
- Lado 1: **30 cm.**
- Lado 2: **30 cm.**
- Altura Libre: **2.63 m.**

En la siguiente figura se observa el detalle de las columnas de PB sin sus aceros, esto debido a la ausencia de planos estructurales:

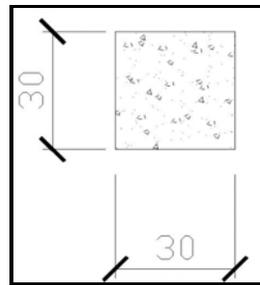


Figura 46 Sección transversal de Columna de Planta Baja

Características de Columna de Nivel 1:

- Tipo: **Rectangular.**
- Lado 1: **25 cm.**
- Lado 2: **25 cm.**
- Altura Libre: **3.40 m.**

En la siguiente figura se observa el detalle de las columnas de Nivel 1 sin su acero de refuerzo, esto igualmente debido a la ausencia de planos estructurales:

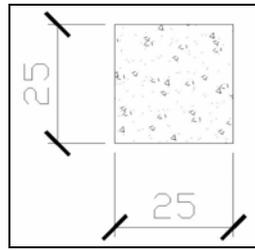


Figura 47 Sección transversal de Columna de Nivel 1

Finalmente se presenta la tabla de levantamiento para las columnas de la edificación:

Tabla 9 Levantamiento de Columnas

		Nivel			
		PB		Nivel 1	
		l (cm)	h (m)	l (cm)	h (m)
B - 1	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 2	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 3	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 4	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 5	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 6	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 7	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 8	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 9	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 10	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 11	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 12	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
B - 13	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 1	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 2	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 3	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 4	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 5	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 6	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 7	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 8	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 9	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 10	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 11	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 12	Cuadrada	30	2,63	25	3,40
C - 13	Cuadrada	30	2,63	25	3,40

IV.2 Detecciones y daños en la estructura

Para la determinación de la disposición del acero de refuerzo, la homogeneidad del concreto vaciado y la resistencia a compresión se realizaron exploraciones de ciertos elementos estructurales de la edificación, usando equipos como el sistema Ferrosan FS10, detectores de metales y el esclerómetro. Estos sondeos se realizaron con la colaboración del Instituto de Materiales y Modelos estructurales (IMME), quienes proporcionaron los técnicos y equipos necesarios para la investigación.

IV.2.1 Información obtenida con el sistema Ferrosan FS10

Se realizó la detección en seis (6) elementos estructurales, correspondientes a 1 (una) columnas en el nivel Planta Baja y cinco (5) en el Nivel 1. Igualmente se empleó este método para verificar la ubicación del acero las vigas planas en dirección perpendicular a las principales.

A través de este análisis se pudo detectar la separación tanto del acero de refuerzo transversal como longitudinal.

Se realizaron 6 radiografías (ver Apéndice 1) que permitieron determinar la ubicación del acero y confirmar la información obtenida a través de la detección rápida referente a la separación del refuerzo. En la siguiente figura se muestra una radiografía realizada por el sistema Ferrosan FS10.

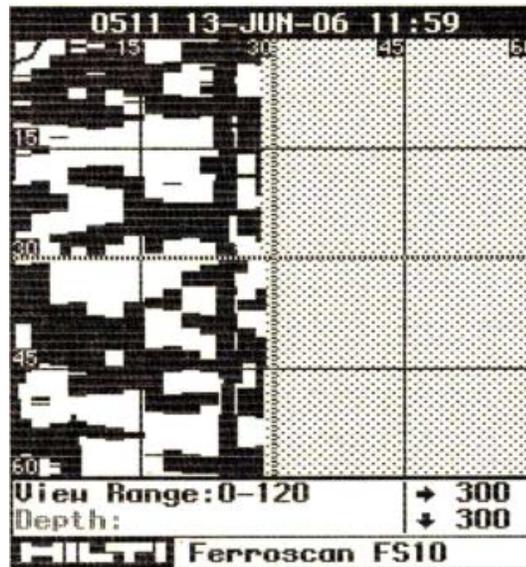


Figura 48 Radiografía de Machones Eje A8 Nivel 1

Fuente: Levantamiento en campo con Ferroskan FS10

De manera general se puede señalar que en las vigas estudiadas los estribos presentan un diámetro estimado de $3/8''$ y se encuentran separados aproximadamente 25cm en toda la extensión de la viga, corroborando la información suministrada por los planos. Por otra parte, para la disposición de las ligaduras de las columnas, se detectó un diámetro de $3/8''$ observándose además una disposición común del acero de refuerzo en las cuatro columnas estudiadas de Planta Baja y otra para las del Nivel 1, presentando una separación de 10cm y 20cm respectivamente. Para el refuerzo de acero transversal de las vigas se presenta un recubrimiento aproximado de 5cm desde la cara de la barra hasta la superficie del elemento, y para las columnas valores de 5cm. Las radiografías realizadas se muestran en el Apéndice 1.

Para la determinación del diámetro del acero longitudinal, se realizaron aproximaciones manuales con el Ferroskan FS10, haciendo acercamientos a las barras por su límite izquierdo y derecho, obteniendo así un espacio que representa el diámetro aproximado de la misma, ya que debido a un problema de calibración del sistema Ferroskan FS10, no fue posible la detección de diámetros en todos los elementos. Se pudo detectar en columnas diámetro aproximado de $1''$ en cada esquina

de la columna, pero en el caso de los machones del nivel 1 (Ver Apéndice 1) no se pudo detectar el diámetro correspondiente, pero a través del método de detección rápida y la realización de radiografías si fueron ubicados los refuerzos en los elementos.

Es igualmente importante mencionar que para corroborar los datos obtenidos con el sistema Ferrosan FS10, se usaron equipos detectores de metales para la ubicación de las barras de refuerzo. Uno de los equipos utilizados para este fin es el detector Zircon Videoscanner 5.5 (ver figura 59), que es un detector de tipo inductivo compuesto por un circuito donde el inductor es el elemento detector, y un capacitor con un valor tal que pone al sistema en resonancia en la presencia de un metal. Las especificaciones técnicas del equipo, se encuentran en el Apéndice 4.



Figura 49 Detector de Metales

Igualmente con este dispositivo se realizó una detección rápida de la presencia de acero en las intersecciones viga-columna, esto debido a que las dimensiones del dispositivo emisor del sistema Ferrosan FS10 y el espacio del nodo que se podía apreciar visualmente no eran las más adecuadas. El detector reportó cierta presencia de refuerzo, pero por las mismas condiciones que para el sistema anterior, y principalmente debido a la escasa área descubierta del nodo, no se pudo cuantificar calibre de barras ni espaciado, aunque se podría inferir por los resultados obtenidos para los aceros de refuerzo en columnas obtenidos con el Ferrosan, estribos de diámetro 3/8”, pero este valor no es concluyente.

IV.2.2 Información Obtenida con el Esclerómetro

Se analizaron en la edificación los mismos elementos que fueron escogidos para los otros estudios, con la finalidad de evitar lecturas accidentales a causa de la presencia de acero de refuerzo no localizado por tratarse de un elemento en el cual no se realizó la detección y ubicación previa del refuerzo (ver figuras 60 y 61).



Figura 50 Uso del Esclerómetro

Los valores obtenidos con el esclerómetro, en primer término reflejaron que el concreto presente en los elementos de la edificación fue vaciado de manera homogénea, debido a que las lecturas del equipo en los ensayos para los elementos escogidos fueron bastante similares. Por otra parte, en cuanto a la resistencia del concreto se obtuvo un valor aproximado de $f'_c=180\text{kg/cm}^2$, teniendo en cuenta que para efectos de corroborar los resultados obtenidos por este artefacto de medición, es necesario la extracción de núcleos de concreto para ser ensayados. Esta extracción no se llevó a cabo debido al carácter patrimonial del edificio. Las especificaciones técnicas del esclerómetro utilizado para estas mediciones se encuentran en el Apéndice 3.

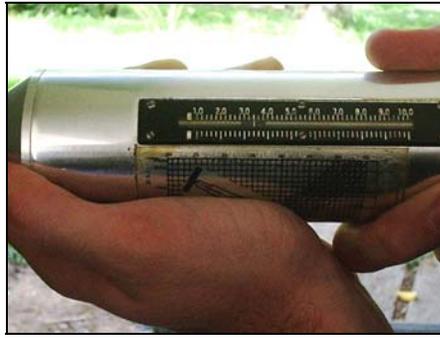


Figura 51 Escala Graduada del Esclerómetro

IV.2.3 Daños encontrados en la edificación

De manera general, se puede indicar que los deterioros observados en la edificación se ubican en un nivel “leve” tomando como referencia la escala de daños antes descrita, ya que en la evaluación realizada las vigas presentan generalmente deterioros entre los niveles PB y 1 en las columnas entre 4 y 11; predominando la presencia de humedad por infiltración en los elementos que se encuentran en las cercanías de los equipos de Aire Acondicionado (ver figura 25); por otra parte se observó la presencia de poros en menos del 10% de los elementos y escamas en un 20% de los elementos en los que se encuentran barras de refuerzo expuestas a la intemperie. En el siguiente mosaico de imágenes, podemos apreciar algunos de los aceros expuestos:



Figura 52 Algunos Refuerzos Expuestos en la Edificación. Ubicación de Izq. a Der: (Fachada Oeste. Machón C-6, Grieta en Fachada Este. Eje A 2-3, Fachada Este. Fachada Grieta A 12-13, Fachada Oeste. Eje D 7-8)

Respecto a la corrosión del acero de refuerzo, se observó aproximadamente en el 20% de las vigas, evidenciándose en dirección del acero de refuerzo longitudinal. A diferencia de las columnas en donde no se hizo evidente este daño. En la siguiente

tabla se muestra el reporte de caída del concreto en la edificación. Los demás reportes se encuentran en el apéndice 5.

Tabla 10 Planilla de Registro para Levantamiento de Daños – Caída del Concreto en la edificación

Planilla de Registro para Levantamiento de Daños

Fecha: 11/05/2006

LUGAR: EDIFICIO DE LOS MUSEOS

NIVEL: N1

Eje Hor	A	B	C	D	Elem. Observ.	Tipos de Daño	Niv	OBSERVACIONES
1		X	X			Caída del Concreto	2	
2								
3								
4								
5								
6			X			Caída del Concreto	2	Acero al Descubierta
7								
8			X			Caída del Concreto	2	Acero al Descubierta
9								
10								
11								
12		X				Caída del Concreto	2	
13		X		X		Caída del Concreto	2	Acero al Descubierta

Resulta importante destacar el daño observado en la pared ubicada en el eje “B 2-3”, ya que en ella se presenta una grieta con un ángulo aproximado de 45° en toda su extensión. Adicionalmente, la pared presenta caída de los mosaicos en menos del 25% de su área. La siguiente figura muestra la extensión de la grieta:



Figura 53 Grieta en Pared y caída de Mosaicos (Eje A 2-3)

IV.3 Resultados de los programas

Luego de analizados los modelos planteados para la evaluación estructural de la edificación, se obtuvieron valores de las propiedades dinámicas de cada uno de estos, al igual que otras características como el peso de la edificación. A continuación se presentan dichos valores para cada uno de los modelos realizados con los distintos programas de cálculo.

IV.3.1 Modelos sin diagonales equivalentes

IV.3.1.1 Peso de la Estructura

Tabla 11 Valores del peso de la estructura obtenidos con CBDS (Modelo sin Diagonales)

Nivel #	Piso	Altura cm	Peso Ton	Peso Est Ton	Peso Tot Ton
2	Techo	340,00	167,56	91,82	259,38
1	Niv1	263,00	274,29	93,30	367,59
		TOTAL	441,85	185,12	626,97

Tabla 12 Valores del peso de la estructura obtenidos con SAP2000

Nivel #	Piso	Altura cm	Peso Tot Ton
2	Techo	340,00	267,00
1	Niv1	263,00	440,00
		TOTAL	707,00

Se observa una diferencia de aproximadamente 15% para el peso de la estructura entre los dos programas de cálculo, esto debido a dos razones: en principio los modelos realizados para el SAP2000 contienen todos los elementos estructurales, incluyendo las cartelas en voladizo, a diferencia del modelo realizado para el programa CBDS en donde no se incluyen estos miembros como cartelas sino como vigas de iguales dimensiones a las vigas principales; por otra parte, el peso calculado para la estructura incluye la carga permanente y un porcentaje de la carga variable

(Capítulo 7, Norma Covenin 1756-01), por lo cual resulta importante destacar que la entrada de datos para los valores de carga difiere en ambos programas, ya que en el SAP2000 se define cada caso de carga por separado (CP y CV) introduciendo los valores de cada una de ellas, y para el modelo en el CBDS se introduce un único valor de carga (suma de CP y CV) junto con factor “Cm/CV” que indica la relación entre la carga permanente y la carga variable. Las dos razones expuestas impiden obtener valores “exactamente” iguales en los dos programas de cálculo, pero a pesar de ello estos se encuentran bastante cercanos.

IV.3.1.2 Análisis modal

En las siguientes tablas se muestran los valores correspondientes al período de la estructura y la participación de las masas para los modos de vibración.

Tabla 13 Análisis modal obtenido con CBDS

Análisis Modal en dirección X		
Modo #	Per (T)	Beta
	seg	%
1	0,735	71,9
2	0,239	28,1
Análisis Modal en dirección Y		
1	0,435	78,9
2	0,173	21,1

Fuente: Programa CBDS

Tabla 14 Análisis modal obtenido con SAP2000

Análisis Modal en dirección X		
Modo #	Per (T)	Beta
	seg	%
1	0,701	72,2
2	0,244	25,8
Análisis Modal en dirección Y		
1	0,518	72,7
2	0,211	25,0

Fuente: Programa SAP2000

Al estudiar los modos de vibración analizados, para las tablas expuestas anteriormente el primer modo de vibración en “x” se encuentra en orden similar para ambos programas con una variación no mayor al 5%. Este comportamiento se repite para los otros modos, presentando la variación más grande en el orden de 19%. Este análisis confirma la congruencia de la entrada de datos en ambos programas, y el comportamiento de la estructura ante el efecto del sismo.

IV.3.2 Modelo en SAP2000 con elementos GAP

IV.3.2.1 Análisis modal

Tabla 15 Análisis modal obtenido con elementos “Gap”

Análisis Modal en dirección X		
Modo #	Per (T)	Beta
	seg	%
1	0,498	76,8
2	0,428	23
Análisis Modal en dirección Y		
1	0,208	97,9
2	0,18	1,8

Los valores obtenidos con los modelos sin diagonales equivalentes (CBDS y SAP2000) y los obtenidos con el uso de elementos “Gap”, evidencian una disminución del período, (por ejemplo, desde 0,735 seg. en el primero a 0,498 seg. en el último para el primer modo de vibración en dirección “x”) El uso de las diagonales equivalentes aumenta la rigidez de la estructura, y colabora con la resistencia de la misma en una posible situación en donde ocurran las acciones del sismo.

IV.3.2.2 Derivas

Tabla 16 Derivas obtenidas

	Altura (mm)	Deriva en x (‰)	Deriva en y (‰)
Techo	3650	14,98	10,40
Nivel 1	2580	7,51	13,31

Las derivas que se presentan corresponden a puntos en los pórticos que se encuentran más alejados del centro de rigidez. Al estudiar la tabla se evidencian valores mayores a la deriva máxima contemplada por la norma, que contempla una deriva máxima de 12‰.

IV.3.2.3 Áreas de acero requeridas en elementos estructurales

Con base al estudio realizado para escoger el modelo y el método de análisis, y a los resultados mostrados anteriormente, se presenta a continuación las áreas de acero requeridas (para la acción de cargas verticales y para la acción sísmica) según la evaluación realizada con el programa SAP2000.

Tabla 17 Áreas requeridas de acero en vigas – Eje A-B

Portico	Nivel	Caso Anal.	As longitudinal (cm ²)						Acero Corte (cm ²)		
			Superior			Inferior			i	m	j
			i	m	j	i	m	j			
As en Planos	Techo	As en Planos	12,65	12,65	12,65	2,53	2,53	2,53	7,1	7,1	7,1
	N1	As en Planos	15,2	15,2	15,2	2,53	2,53	2,53	7,1	7,1	7,1
As mínimo	Techo	As mínimo	6,75	3,75	2,25	6,75	3,75	2,25	14,2	14,2	14,2
	N1	As mínimo	8,25	5,25	3	8,25	5,25	3	12,78	12,78	12,78
1	Techo	C. Vertical	0	4,17	5,92	1,03	1,87	2,91	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	6,07	9,89	12,9	8,18	5,27	6,78	O/S	O/S*	3,725
	N1	C. Vertical	0	5,75	8,22	1,08	2,56	4,04	O/S	0,025	0
		Dinámico	6,32	16,03	20,71	8,2	8,79	10,6	O/S	O/S	O/S
2	Techo	C. Vertical	0	5,07	6,78	1,21	2,28	3,55	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	3,73	10,11	12,13	6,16	5,1	6,78	O/S	4,875	4,225
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,29	1,29	3,12	4,94	O/S	0,75	0,7
		Dinámico	4,01	11,46	14,17	6,35	5,7	8,29	O/S	O/S	O/S
3	Techo	C. Vertical	0	4,97	6,78	1,27	2,23	3,48	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	3,18	9,21	10,94	5,62	4,47	6,78	O/S	4,825	4,175
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,29	1,34	3,06	4,84	O/S	0,65	0,6
Dinámico		3,44	9,87	11,99	5,79	4,86	7,71	O/S	O/S	O/S	
4	Techo	C. Vertical	0	5	6,78	1,25	2,24	3,49	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	3,87	9,74	11,67	6,37	4,79	6,78	O/S	4,875	4,2
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,29	1,32	3,07	4,86	O/S	0,675	0,625
Dinámico		4,1	10,83	13,26	6,49	5,35	8,29	O/S	O/S	O/S	
5	Techo	C. Vertical	0	5,02	6,78	1,27	2,25	3,51	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	6,22	10,78	14,16	8,82	5,27	6,78	O/S	4,85	4,2
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,29	1,34	3,08	4,87	O/S	0,675	0,625
Dinámico		6,35	16,23	21,23	8,63	7,81	9,91	O/S	O/S	O/S	
6	Techo	C. Vertical	0	5,04	6,78	1,26	2,26	3,52	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	4,46	9,43	11,28	6,26	5,27	6,78	O/S	4,875	4,2
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,29	1,3	3,06	4,83	O/S	0,65	0,6
		Dinámico	4,69	10,23	13,04	6,34	5,27	8,29	O/S	O/S	O/S
7	Techo	C. Vertical	0	5,03	6,78	1,27	2,25	3,52	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	4,43	9,46	11,3	6,28	5,27	6,78	O/S	4,875	4,2
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,29	1,34	3,09	4,88	O/S	0,7	0,65
Dinámico		4,67	10,32	13,27	6,36	5,32	8,29	O/S	O/S	O/S	
8	Techo	C. Vertical	0	5,01	6,78	1,24	2,24	3,5	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	4,52	9,27	11,09	6,36	5,05	6,78	O/S	4,875	4,2
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,29	1,3	3,07	4,85	O/S	0,675	0,625
		Dinámico	4,66	10,24	12,96	6,3	5,23	8,29	O/S	O/S	O/S
9	Techo	C. Vertical	0	5,27	6,78	1,62	2,41	3,77	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	4,37	9,44	11,28	6,2	5,27	6,78	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,29	1,69	3,34	5,29	O/S	1	0,875
Dinámico		4,62	10,34	13,23	6,3	5,34	8,29	O/S	O/S	O/S	
10	Techo	C. Vertical	0	5,27	6,78	1,79	2,49	3,89	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	4,49	9,39	11,24	6,31	5,26	6,78	O/S	4,65	3,9
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,59	1,92	3,53	5,59	2,25	1,575	1,575
Dinámico		4,7	10,14	12,79	6,36	5,17	8,2	O/S	O/S	O/S	
11	Techo	C. Vertical	0	5,27	6,78	1,82	2,49	3,88	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	4,32	9,41	11,22	6,16	5,27	6,78	O/S	4,475	3,75
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,57	1,94	3,52	5,57	2,275	1,575	1,575
Dinámico		4,6	10,34	13,38	6,29	5,4	8,29	O/S	O/S	O/S	
12	Techo	C. Vertical	0	5,27	6,78	1,77	2,54	3,97	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	4,24	9,61	11,52	5,96	5,27	6,78	O/S	4,7	3,95
	N1	C. Vertical	0	6,53	8,77	1,9	3,6	5,7	2,275	1,575	1,575
Dinámico		4,45	10,39	12,73	6,03	5,15	8,16	O/S	O/S	O/S	
13	Techo	C. Vertical	0	4,56	6,43	1,32	2,03	3,16	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	4,89	8,03	9,45	6,44	4,66	6,08	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	0	6,38	8,29	1,37	2,8	4,43	O/S	0,325	0,2
Dinámico		4,81	9,74	12,61	6,21	5,11	8,09	O/S	O/S	O/S	

*O/S: "Sección Insuficiente"

Tabla 18 Porcentaje de elementos en el eje A-B cuyo acero calculado es inferior al acero colocado

	Superior			Inferior			Corte		
	i	m	j	i	m	j	i	m	j
Estático	100,00	100,00	100,00	100,00	46,15	0,00	61,54	100,00	100,00
Dinámico	100,00	92,31	84,62	0,00	0,00	0,00	0,00	38,46	42,31

Se observa que el acero longitudinal de los elementos de la estructura cumple en su totalidad con las cuantías de acero mínimo superior, a diferencia del inferior en donde los valores reportados en los planos no alcanzan los valores mínimos, mientras que no cumplen con el acero mínimo requerido en corte, dado el excesivo espaciamiento presente en los planos (Estribos cada 25cm) comparado con el normativo (Estribos cada 13.75cm en la zona de confinamiento).

Se puede observar que para el caso estático en el extremo superior, las estaciones “i”, “m” y “j” presentan valores de 100%, esto significa que el programa reportó valores de áreas de acero menores que los encontrados en los planos. Para los demás valores del caso estático, se observan dos valores por debajo de 50% y 0%, esto simboliza que en estas estaciones menos de la mitad de los elementos cumplieron la condición. En los casos Dinámicos, tenemos que las áreas requeridas en los elementos no cumplen en su mayoría para la parte inferior y el caso de corte.

Tabla 19 Elementos en el eje A-B cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad

	Número	%
Estático	0,00	0,00
Dinámico	0,00	0,00

La tabla anterior reporta la cantidad de elementos cuyo acero colocado cumple con el 100% del acero calculado, considerando el acero longitudinal y el transversal en todas sus posiciones. Para las vigas en el Eje A-B, tenemos que ningún elemento cumple con esta condición.

Tabla 20 Áreas requeridas de acero en vigas – Eje B-C

Portico	Nivel	Caso Anal.	As longitudinal (cm ²)						Acero Corte (cm ²)		
			Superior			Inferior			i	m	j
			i	m	j	i	m	j			
As en Planos	Techo	As en Planos	7,59	2,53	7,59	25,33	30,36	25,3	7,1	19,88	7,1
	N1	As en Planos	7,59	2,53	7,59	20,24	25,33	20,2	7,1	19,88	7,1
As mínimo	Techo	As mínimo	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	14,2	22,72	14,2
	N1	As mínimo	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	12,78	19,88	12,78
1	Techo	C. Vertical	6,78	1,88	4,8	3,8	6,78	2,37	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	25,04	6,78	20,25	14,51	7,32	14,5	O/S	O/S	O/S*
	N1	C. Vertical	8,99	2,88	8,16	5,83	8,29	4,01	15,75	15,75	15,75
		Dinámico	O/S	9,69	O/S	30,85	9,69	13,2	O/S	O/S	O/S
2	Techo	C. Vertical	7,18	2,3	6,47	4,66	7,43	3,18	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	27,36	6,78	23,61	14,21	7,24	15,6	6,7	3,75	6,45
	N1	C. Vertical	11,14	3,54	8,52	7,18	9,23	5,54	2,6	0	2,225
		Dinámico	O/S	10,04	O/S	28,8	10,04	30,9	O/S	O/S	O/S
3	Techo	C. Vertical	6,93	2,23	6,18	4,51	7,03	3,04	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	25,97	6,78	22,98	13,46	6,84	15,3	6,55	3,725	6,3
	N1	C. Vertical	10,73	3,41	8,29	6,93	8,71	5,28	2,325	0	1,975
		Dinámico	O/S	9,69	O/S	27,66	9,69	30,2	O/S	O/S	O/S
4	Techo	C. Vertical	7	2,25	6,28	4,55	7,13	3,09	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	26,36	6,78	22,86	13,73	6,94	15,1	6,525	3,675	6,3
	N1	C. Vertical	10,84	3,44	8,29	6,99	8,83	5,35	2,4	0	2,025
		Dinámico	O/S	9,77	O/S	27,99	9,77	29,8	O/S	O/S	O/S
5	Techo	C. Vertical	7,01	2,25	6,25	4,56	7,11	3,07	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	27,61	6,78	23,03	14,95	7,33	15,2	6,525	3,675	6,3
	N1	C. Vertical	10,84	3,45	8,29	7	8,79	5,31	2,375	0	2
		Dinámico	O/S	10,05	O/S	30,03	10,05	30	O/S	O/S	O/S
6	Techo	C. Vertical	7,06	2,27	6,01	4,59	7,17	2,96	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	25,98	6,78	22,97	14,17	7,11	15	6,45	3,6	6,175
	N1	C. Vertical	10,82	3,44	8,29	6,98	8,8	5,32	2,375	0	2
		Dinámico	O/S	9,63	O/S	28,66	9,63	29,5	O/S	O/S	O/S
7	Techo	C. Vertical	7,03	2,26	6,22	4,57	7,1	3,06	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	25,98	6,78	22,88	14,15	7,1	15	6,55	3,7	6,3
	N1	C. Vertical	10,88	3,46	8,29	7,02	8,78	5,29	2,375	0	2
		Dinámico	O/S	9,62	O/S	28,6	9,62	29,3	O/S	O/S	O/S
8	Techo	C. Vertical	7,02	2,25	6,23	4,56	7,11	3,06	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	25,57	6,78	21,64	13,79	7,17	14,1	6,55	3,7	6,3
	N1	C. Vertical	10,87	3,45	8,29	7,01	8,79	5,3	2,375	0	2
		Dinámico	O/S	9,61	O/S	28,63	9,61	29,3	O/S	O/S	O/S
9	Techo	C. Vertical	7,34	2,35	6,13	4,76	6,98	3,02	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	26	6,78	22,97	14,2	7,11	15	6,675	3,85	6,4
	N1	C. Vertical	11,32	3,59	8,29	7,29	8,63	5,22	2,375	0	2
		Dinámico	O/S	9,62	O/S	28,05	9,62	29,4	O/S	O/S	O/S
10	Techo	C. Vertical	7,49	2,4	6,12	4,86	6,94	3,01	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	25,76	6,78	22,88	14,03	7,13	14,9	6,625	3,775	6,3
	N1	C. Vertical	11,66	3,69	8,29	7,5	8,56	5,19	2,475	0	1,95
		Dinámico	O/S	9,58	O/S	28,47	9,58	29,3	O/S	O/S	O/S
11	Techo	C. Vertical	7,45	2,39	6	4,83	6,84	2,95	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	26	6,78	23,09	14,31	7,03	15,2	6,625	3,775	6,3
	N1	C. Vertical	11,58	3,67	8,29	7,46	8,43	5,11	2,4	0	1,9
		Dinámico	O/S	9,62	O/S	28,81	9,62	29,7	O/S	O/S	O/S
12	Techo	C. Vertical	7,72	2,47	6,27	5	7,24	3,08	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	26,21	6,78	23,52	14,17	7,43	15,3	6,825	3,875	6,5
	N1	C. Vertical	12,05	3,81	8,29	7,75	8,95	5,34	2,675	0	2,15
		Dinámico	O/S	9,72	O/S	28,8	9,72	30	O/S	O/S	O/S
13	Techo	C. Vertical	6,78	1,99	4,65	4,03	6,78	2,3	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	23,3	6,77	20,27	13,64	6,78	14,3	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	9,53	3,05	7,86	6,18	8,29	3,86	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	O/S	9,19	41,24	29,21	9,19	30,5	O/S	O/S	O/S

*O/S: "Sección Insuficiente"

Tabla 21 Porcentaje de elementos en el eje B-C cuyo acero calculado es inferior al acero colocado

	Superior			Inferior			Corte		
	i	m	j	i	m	j	i	m	j
Estático	46,15	100,00	50,00	100,00	100,00	100,00	96,15	100,00	96,15
Dinámico	0,00	0,00	0,00	50,00	100,00	53,85	42,31	42,31	42,31

Se observa que el acero mínimo requerido para el tramo B-C cumple en casi todas las estaciones con las cuantías superior e inferior, mientras que de la misma manera que en el tramo anterior, no cumplen con el acero mínimo requerido en corte, igualmente producto del excesivo espaciamiento encontrado en los planos.

Para los elementos en el eje B-C, tenemos que sólo en las estaciones del extremo inferior las áreas de acero reportadas por el programa están por debajo de las áreas de los planos, reportándose en el caso superior y caso de corte, valores que varían desde un 40% hasta 100%. Sin embargo, para el caso dinámico, se observa que la parte superior reporta en su totalidad valores de 0% esto como consecuencia de que los requerimientos de cuantías de acero son mayores a las encontradas en los planos de la edificación.

Tabla 22 Elementos en el eje B-C cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad

	Número	%
Estático	12,00	46,15
Dinámico	0,00	0,00

En el eje B-C encontramos que 12 elementos cumplen en su totalidad con las solicitudes generadas por el programa de cálculo estructural. Mientras que para el caso dinámico, ningún elemento cumple con los requerimientos de acero.

Tabla 23 Áreas requeridas de acero en vigas – Eje C-D

Portico	Nivel	Caso Anal.	As longitudinal (cm ²)						Acero Corte (cm ²)		
			Superior			Inferior			i	m	j
			i	m	j	i	m	j			
As en Planos	Techo	As en Planos	12,65	12,65	12,65	2,53	2,53	2,53	7,1	7,1	7,1
	N1	As en Planos	15,2	15,2	15,2	2,53	2,53	2,53	7,1	7,1	7,1
As mínimo	Techo	As mínimo	6,75	3,75	2,25	6,75	3,75	2,25	14,2	14,2	14,2
	N1	As mínimo	8,25	5,25	3	8,25	5,25	3	12,78	12,78	12,78
1	Techo	C. Vertical	3,2	2,14	0,35	1,59	1,19	0,18	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	7,14	6,39	7,07	4,89	4,52	6,83	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	4,39	2,87	0,4	2,18	1,6	0,2	0	0	O/S
		Dinámico	8,29	7,22	6,86	5,37	5,65	6,51	O/S	O/S	O/S
2	Techo	C. Vertical	4,42	2,9	0,25	2,19	1,6	0,13	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	8,91	7,72	5,68	5,75	4,54	5,95	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,7	4,39	0,27	3,3	2,42	0,14	1,575	1,575	2,775
		Dinámico	9,28	8,05	6,12	6,02	4,88	6,07	O/S	O/S	O/S
3	Techo	C. Vertical	4,31	2,85	0,15	2,13	1,6	0,08	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	8,53	7,47	5,87	5,51	4,52	6,06	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,53	4,2	0,2	3,22	3,36	0,1	1,575	1,575	2,95
		Dinámico	8,77	7,66	6,14	5,7	4,46	6,19	O/S	O/S	O/S
4	Techo	C. Vertical	4,32	2,9	0,16	2,16	1,6	0,08	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	8,48	7,42	5,86	5,48	4,52	6,05	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,63	4,3	0,2	3,27	2,4	0,1	1,575	1,575	2,775
		Dinámico	8,66	7,56	6,14	5,63	4,28	6,17	O/S	O/S	O/S
5	Techo	C. Vertical	4,37	2,89	0,17	2,16	1,6	0,08	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	8,56	7,49	5,87	5,53	4,52	6,03	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,58	4,3	0,2	3,25	2,39	0,1	1,575	1,575	2,75
		Dinámico	8,77	7,66	6,15	5,7	4,4	6,15	O/S	O/S	O/S
6	Techo	C. Vertical	4,24	3,54	2,34	2,1	1,57	1,52	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	8,53	7,47	5,85	5,51	4,52	5,98	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,57	4,78	0,11	3,24	2,38	0,05	1,575	1,575	2,775
		Dinámico	8,85	7,71	6,11	5,75	4,4	6,1	O/S	O/S	O/S
7	Techo	C. Vertical	4,36	2,8	0,16	2,15	1,6	0,08	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	8,5	7,46	5,9	5,5	4,52	6,01	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,58	4,37	0,19	3,24	2,3	0,09	1,575	1,575	2,75
		Dinámico	8,76	7,65	6,1	5,69	4,35	6,07	O/S	O/S	O/S
8	Techo	C. Vertical	4,36	2,8	0,14	2,16	1,6	0,07	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	7,99	10,2	O/S	5,18	6,14	O/S	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,6	4,3	0,18	3,25	2,3	0,09	1,575	1,575	2,75
		Dinámico	8,72	7,15	5,7	5,66	4,21	5,76	O/S	O/S	O/S
9	Techo	C. Vertical	4,32	2,8	0,12	2,14	1,6	0,06	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	8,51	7,48	5,94	5,5	4,54	6,04	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,55	4,2	0,16	3,23	2,3	0,08	1,575	1,575	2,725
		Dinámico	8,81	7,69	6,14	5,73	4,39	6,01	O/S	O/S	O/S
10	Techo	C. Vertical	4,33	2,85	0,1	2,14	1,61	0,05	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	8,49	7,43	5,89	5,49	4,52	5,99	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,56	4,28	0,14	3,24	2,37	0,07	1,575	1,575	2,725
		Dinámico	8,67	7,57	6,15	5,63	4,2	6,11	O/S	O/S	O/S
11	Techo	C. Vertical	4,26	2,8	0,09	2,11	1,58	0,05	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	8,54	7,49	5,88	5,52	4,52	5,99	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,48	4,22	0,13	3,19	2,34	0,07	1,575	1,575	2,675
		Dinámico	8,91	7,77	6,15	5,78	4,52	6,12	O/S	O/S	O/S
12	Techo	C. Vertical	4,36	2,87	0,19	2,15	1,62	0,09	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	8,94	7,74	5,82	5,77	4,52	5,8	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	6,62	4,32	0,21	3,27	2,4	0,1	1,575	1,575	2,675
		Dinámico	9,34	8,04	6,07	6,05	4,76	5,93	O/S	O/S	O/S
13	Techo	C. Vertical	3,17	2,1	0,28	1,57	1,18	0,14	1,575	1,575	1,575
		Dinámico	7,14	6,39	7,07	4,89	4,52	6,03	O/S	O/S	O/S
	N1	C. Vertical	4,4	2,85	0,33	2,18	1,6	0,16	0	0	O/S
		Dinámico	8,29	7,22	6,86	5,37	5,65	6,51	O/S	O/S	O/S

*O/S: "Sección Insuficiente"

Tabla 24 Porcentaje de elementos en el eje C-D cuyo acero calculado es inferior al acero colocado

	Superior			Inferior			Corte		
	i	m	j	i	m	j	i	m	j
Estático	100,00	100,00	100,00	57,69	96,15	100,00	100,00	100,00	92,31
Dinámico	100,00	100,00	96,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Se observa que el acero mínimo longitudinal requerido en el tramo C-D cumple en todas las estaciones con las cuantías superiores y no cumple en ningún caso para las inferiores, mientras que de la misma manera que en los tramos anteriores, no cumplen con el acero mínimo requerido en corte, a causa espaciamiento encontrado en los planos (estribos cada 25cm).

En el eje C-D se observa que 6 de las 9 estaciones reportadas cumplen en un 100% con la condición en el caso estático, mientras que las otras tres estaciones están entre 56% y 97%. En el caso dinámico tenemos que las estaciones para la parte inferior y el corte presentan valores de 0%, poniendo en evidencia la falta de acero en estos elementos de la edificación. En la parte superior, se puede decir que casi todas las estaciones cumplen, con la excepción del extremo “j” que reporta un valor de 96%

Tabla 25 Elementos en el eje C-D cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad

	Número	%
Estático	13,00	50,00
Dinámico	0,00	0,00

Para el eje C-D, se tiene que sólo 13 elementos cumplen en un 100% de sus estaciones para el caso estático. Para el caso dinámico, ningún elemento cumple con los requerimientos de acero.

Tabla 26 Áreas requeridas de acero en vigas – Eje A

Portico	Nivel	Caso Anal.	As longitudinal (cm ²)						Acero Corte (cm ²)		
			Superior			Inferior			i	m	j
			i	m	j	i	m	j			
As en Planos	Techo	As en Planos	12,65	12,65	12,65	2,53	2,53	2,53	1,28	13,44	1,28
	N1	As en Planos	15,2	15,2	15,2	2,53	2,53	2,53	1,92	12,8	1,92
As mínimo	Techo	As mínimo	2	2	2	2	2	2	8,52	61,06	8,52
	N1	As mínimo	2	2	2	2	2	2	9,94	46,86	9,94
Eje 1-2	Techo	C. Vertical	0,85	0,3	1,23	0,42	0,39	0,61	0	0	0
		Dinámico	2,78	0,88	2,55	2,01	1,15	1,64	0	0	0
	N1	C. Vertical	4,44	1,5	4,94	2,09	3,34	2,31	0,84	0	0,84
		Dinámico	O/S	2,51	O/S	5,41	2,99	5,16	0	0	0
Eje 2-3	Techo	C. Vertical	0,84	0,21	0,76	0,42	0,62	0,38	0	0	0
		Dinámico	1,16	0,28	0,9	0,57	0,62	0,45	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,82	0,45	1,73	0,9	0,45	0,85	0	0	0
		Dinámico	8,64	2,04	8,71	5,8	2,01	6,01	0,069	0,057	0,068
Eje 3-4	Techo	C. Vertical	1,1	0,28	1,12	0,55	0,32	0,55	0	0	0
		Dinámico	2,48	0,8	2,5	1,62	0,8	1,61	0,03	0,019	0,031
	N1	C. Vertical	4,78	1,46	4,79	2,24	3,25	2,25	0,84	0	0,84
		Dinámico	9,53	2,01	9,52	4,11	3,25	4,11	0,046	0	0,046
Eje 4-5	Techo	C. Vertical	0,8	0,2	0,79	0,4	0,63	0,39	0	0	0
		Dinámico	0,95	0,24	0,95	0,47	0,63	0,47	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,78	0,43	1,76	0,87	0,43	0,87	0	0	0
		Dinámico	8,93	2,01	8,92	6,12	2,01	6,13	0,07	0,058	0,07
Eje 5-6	Techo	C. Vertical	1,1	0,28	0,12	0,55	0,32	0,55	0	0	0
		Dinámico	2,5	0,8	2,52	1,63	0,8	1,64	0,031	0,019	0,031
	N1	C. Vertical	4,78	1,46	4,79	2,25	3,24	2,25	0,84	0	0,84
		Dinámico	9,49	2,01	9,5	4,1	3,24	4,1	0,046	0	0,046
Eje 6-7	Techo	C. Vertical	0,8	0,2	0,79	0,4	0,63	0,39	0	0	0
		Dinámico	0,96	0,94	0,96	0,47	0,63	0,48	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,78	0,43	1,75	0,88	0,43	0,86	0	0	0
		Dinámico	8,96	2,01	8,94	6,14	2,01	6,16	0,07	0,058	0,07
Eje 7-8	Techo	C. Vertical	1,1	0,28	0,12	0,55	0,32	0,55	0	0	0
		Dinámico	2,54	0,83	2,61	1,68	0,83	1,75	0,031	0,02	0,031
	N1	C. Vertical	4,78	1,46	4,79	2,25	3,24	2,25	0,84	0	0,84
		Dinámico	9,42	2,01	9,39	4,08	3,24	4,06	0,045	0	0,045
Eje 8-9	Techo	C. Vertical	0,83	0,21	0,8	0,41	0,61	0,4	0	0	0
		Dinámico	1,46	0,36	1,36	0,72	0,61	0,67	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,9	0,46	1,55	0,93	0,46	0,76	0	0	0
		Dinámico	9,69	2,01	9,34	6,59	2,01	6,78	0,074	0,063	0,073
Eje 9-10	Techo	C. Vertical	1,2	0,29	0,86	0,59	0,4	0,43	0	0	0
		Dinámico	2,29	0,73	2,01	1,48	0,73	1,2	0,042	0,042	0,042
	N1	C. Vertical	4,28	1,8	6,09	2,02	2,91	2,8	0,84	0	0,84
		Dinámico	9,4	2,26	O/S	4,07	2,91	4,83	0	0	0
Eje 10-11	Techo	C. Vertical	0,9	0,24	0,97	0,45	0,49	0,48	0	0	0
		Dinámico	1,89	0,49	2,01	0,93	0,49	1	0,042	0,042	0,042
	N1	C. Vertical	5,72	1,71	5,46	2,64	2,54	2,53	0,84	0	0,84
		Dinámico	O/S	2,31	O/S	4,93	2,54	4,82	0	0	0
Eje 11-12	Techo	C. Vertical	0,96	0,24	0,93	0,48	0,48	0,46	0	0	0
		Dinámico	2,01	0,54	2,01	1,06	0,54	1,09	0,042	0,042	0,042
	N1	C. Vertical	5,45	1,71	5,74	2,53	2,54	2,66	0,84	0	0,84
		Dinámico	O/S	2,26	O/S	5,4	2,99	5,16	0	0	0
Eje 12-13	Techo	C. Vertical	0,97	0,24	0,94	0,48	0,47	0,47	0	0	0
		Dinámico	2,01	0,88	2,76	1,21	1,19	2,01	0,03	0,019	0,03
	N1	C. Vertical	6,24	1,84	3,99	2,86	2,99	2,01	0,84	0	0,84
		Dinámico	O/S	2,51	O/S	5,4	2,99	5,16	0	0	0

*O/S: “Sección Insuficiente”

Tabla 27 Porcentaje de elementos en el eje A cuyo acero calculado es inferior al acero colocado

	Superior			Inferior			Corte		
	i	m	j	i	m	j	i	m	j
Estático	100,00	100,00	100,00	87,50	66,67	87,50	100,00	100,00	100,00
Dinámico	83,33	100,00	79,17	50,00	66,67	50,00	100,00	100,00	100,00

Se observa que el acero mínimo longitudinal requerido en el eje A cumple en su totalidad con las cuantías superior e inferior en todos sus extremos. Sin embargo, no cumplen con el acero mínimo requerido en corte, a causa espaciamiento encontrado en los planos para las vigas planas (estribos de ¼” cada 20cm).

Para el acero superior en el caso estático, el 100% de los elementos cubren el acero requerido según el recalcu en sus extremos. En el caso dinámico, los valores varían de 79% a 100%. Para el acero inferior, caso estático, no se cumple en el 100% de los elementos, sino que varían de 66 (para la estación “m”) a 87% (para “i” y “j”), y en el caso dinámico, la variación es de 50 a 79%, respectivamente.

En cuanto al acero requerido por corte, en el caso estático, se cubre en su totalidad los elementos en los extremos y para el centro, de la misma manera que para el caso dinámico en donde todos los elementos presentan una cuantía de acero suficiente para cubrir el requerido en el recalcu

Tabla 28 Elementos en el eje A cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad

	Número	%
Estático	16,00	66,67
Dinámico	12,00	50,00

Para el eje A, se tiene que 16 elementos cumplen en un 100% de sus estaciones para las cuantías de acero en el caso estático. Para el caso dinámico, son 12 elementos cumple con estos requerimientos.

Tabla 29 Áreas requeridas de acero en vigas – Eje B

Portico	Nivel	Caso Anal.	As longitudinal (cm ²)						Acero Corte (cm ²)		
			Superior			Inferior			i	m	j
			i	m	j	i	m	j			
As en Planos	Techo	As en Planos	12,65	12,65	12,65	2,53	2,53	2,53	1,28	13,44	1,28
	N1	As en Planos	15,2	15,2	15,2	2,53	2,53	2,53	1,92	12,8	1,92
As mínimo	Techo	As mínimo	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	8,52	61,06	8,52
	N1	As mínimo	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	9,94	46,86	9,94
Eje 1-2	Techo	C. Vertical	1,49	0,39	1,6	0,73	0,71	0,79	0	0	0
		Dinámico	6,09	1,83	3,54	4,15	2,26	2,26	1,08	0,74	1,1
	N1	C. Vertical	1	0,25	0,91	0,49	0,75	0,45	0	0	0
		Dinámico	O/S	5,18	O/S	O/S	5,18	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 2-3	Techo	C. Vertical	1,41	0,35	1,42	0,7	0,83	0,7	0	0	0
		Dinámico	3,35	1,06	3,19	2,26	1,06	2,06	37,2	0,5	1,86
	N1	C. Vertical	1,32	0,33	1,33	0,65	0,39	0,66	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,82	O/S	O/S	4,82	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 3-4	Techo	C. Vertical	1,6	0,39	1,59	0,79	0,66	0,79	0	0	0
		Dinámico	3,53	1,11	3,53	2,26	1,11	2,26	0,9	0,54	0,9
	N1	C. Vertical	0,97	0,24	0,96	0,48	0,75	0,48	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,71	O/S	O/S	4,71	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 4-5	Techo	C. Vertical	1,41	0,35	1,41	0,7	0,83	0,7	0	0	0
		Dinámico	3,07	0,97	3,06	1,98	0,97	1,97	0,84	0,48	0,84
	N1	C. Vertical	1,33	0,33	1,32	0,66	0,39	0,65	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,83	O/S	O/S	4,83	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 5-6	Techo	C. Vertical	1,6	0,39	1,59	0,79	0,66	0,79	0	0	0
		Dinámico	3,55	1,12	3,57	2,26	1,12	2,26	0,9	0,54	0,9
	N1	C. Vertical	0,97	0,24	0,96	0,48	0,74	0,48	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,78	O/S	O/S	4,78	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 6-7	Techo	C. Vertical	1,41	0,35	1,41	0,78	0,83	0,7	0	0	0
		Dinámico	3,09	0,98	3,07	1,99	0,98	1,98	0,84	0,48	0,42
	N1	C. Vertical	1,33	0,33	1,32	0,66	0,39	0,65	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,83	O/S	O/S	4,83	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 7-8	Techo	C. Vertical	1,6	0,39	1,59	0,79	0,66	0,79	0	0	0
		Dinámico	3,55	1,12	3,57	2,26	1,12	2,26	0,9	0,54	0,9
	N1	C. Vertical	0,96	0,24	0,97	0,48	0,74	0,48	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,7	O/S	O/S	4,7	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 8-9	Techo	C. Vertical	1,41	0,36	1,45	0,7	0,82	0,71	0	0	0
		Dinámico	3,04	0,98	3,08	1,96	0,98	1,99	0,82	0,48	0,84
	N1	C. Vertical	1,35	0,33	1,27	0,67	0,4	0,63	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,84	O/S	O/S	4,84	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 9-10	Techo	C. Vertical	1,63	0,4	1,46	0,81	0,7	0,72	0	0	0
		Dinámico	3,53	1,11	3,34	2,26	1,11	2,18	1,26	1,26	1,26
	N1	C. Vertical	0,85	0,31	1,25	0,42	0,66	0,62	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,77	O/S	O/S	4,77	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 10-11	Techo	C. Vertical	1,46	0,38	1,53	0,72	0,75	0,75	0	0	0
		Dinámico	3,23	1,04	3,29	2,08	1,04	2,12	1,26	1,26	1,26
	N1	C. Vertical	1,19	0,29	1,12	0,59	0,56	0,55	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,78	O/S	O/S	4,78	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 11-12	Techo	C. Vertical	1,54	0,38	1,46	0,76	0,75	0,72	0	0	0
		Dinámico	3,43	1,11	3,52	2,2	1,11	2,26	1,26	1,26	1,26
	N1	C. Vertical	1,13	0,29	1,18	0,56	0,55	0,58	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,76	O/S	O/S	4,76	O/S	O/S	O/S	O/S
Eje 12-13	Techo	C. Vertical	1,45	0,38	1,55	0,72	0,75	0,77	0	0	0
		Dinámico	3,44	1,86	6,21	2,26	2,26	4,17	1,26	1,26	1,26
	N1	C. Vertical	1,2	0,3	0,9	0,6	0,66	0,45	0	0	0
		Dinámico	O/S	5,18	O/S	O/S	5,18	O/S	O/S	O/S	O/S

*O/S: "Sección Insuficiente"

Tabla 30 Porcentaje de elementos en el eje B cuyo acero calculado es inferior al acero colocado

	Superior			Inferior			Corte		
	i	m	j	i	m	j	i	m	j
Estático	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Dinámico	50,00	100,00	50,00	45,83	50,00	45,83	45,83	50,00	45,83

En cuanto a los valores de acero mínimo, se tiene que en el eje B cumple en su totalidad con las cuantías superior e inferior en todos sus extremos. Sin embargo, no cumplen con el acero mínimo requerido en corte, a causa espaciamiento encontrado en los planos para las vigas planas (estribos de ¼” cada 20cm).

De igual manera que en el eje A, en el eje B se encontró que el área de acero superior, en el caso estático, el 100% de los elementos cumplen el acero requerido según el recalcu en sus extremos. En el caso dinámico, los valores oscilan entre 50 y 100%. En el caso estático para el acero inferior, se cumple en el 100% de los elementos; y en el caso dinámico encontramos 45% para las estaciones “i” y “j” y 50% para la “m”.

En el caso estático para el acero requerido por corte, al igual que los casos estáticos superior e inferior, se obtuvo 100% en los elementos extremos y del centro, sin embargo, el caso dinámico arrojó variaciones en porcentajes de 45 a 50%.

Tabla 31 Elementos en el eje B cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad

	Número	%
Estático	24,00	100,00
Dinámico	9,00	37,50

Para el caso estático del eje B, se tiene que todos los elementos cumplen en un 100% de sus estaciones para las cuantías de acero. Para el caso dinámico, 9 elementos cumplen con estos requerimientos.

Tabla 32 Áreas requeridas de acero en vigas – Eje C

Portico	Nivel	Caso Anal.	As longitudinal (cm ²)						Acero Corte (cm ²)		
			Superior			Inferior			i	m	j
			i	m	j	i	m	j			
As en Planos	Techo	As en Planos	12,65	12,65	12,65	2,53	2,53	2,53	1,28	13,44	1,28
	N1	As en Planos	15,2	15,2	15,2	2,53	2,53	2,53	1,92	12,8	1,92
As mínimo	Techo	As mínimo	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	8,52	61,06	8,52
	N1	As mínimo	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	9,94	46,86	9,94
Eje 1-2	Techo	C. Vertical	1,58	0,37	1,5	0,73	0,76	0,74	0	0	0
		Dinámico	5,18	1,58	2,86	3,51	2,18	1,85	1,26	1,26	1,26
	N1	C. Vertical	1,16	0,29	1,16	0,57	0,55	0,58	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,89	O/S	O/S	4,89	O/S	O/S	O/S	
Eje 2-3	Techo	C. Vertical	1,51	0,38	1,53	0,75	0,73	0,76	0	0	0
		Dinámico	2,26	0,6	2,26	1,22	0,75	1,14	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,12	0,28	1,13	0,56	0,58	0,56	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,52	O/S	O/S	4,52	O/S	O/S	O/S	
Eje 3-4	Techo	C. Vertical	1,48	0,37	1,5	0,73	0,76	0,74	0	0	0
		Dinámico	2,1	0,51	2,11	1,03	0,73	1,04	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,16	0,29	1,16	0,57	0,55	0,58	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,54	O/S	O/S	4,54	O/S	O/S	O/S	
Eje 4-5	Techo	C. Vertical	1,51	0,38	1,53	0,75	0,73	0,76	0	0	0
		Dinámico	2,17	0,53	2,18	1,06	0,76	1,07	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,12	0,28	1,13	0,56	0,58	0,56	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,53	O/S	O/S	4,53	O/S	O/S	O/S	
Eje 5-6	Techo	C. Vertical	1,47	0,37	1,5	0,73	0,76	0,74	0	0	0
		Dinámico	2,23	0,58	2,26	1,09	0,73	1,17	1,26	1,26	1,26
	N1	C. Vertical	1,16	0,29	1,16	0,57	0,55	0,58	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,54	O/S	O/S	4,54	O/S	O/S	O/S	
Eje 6-7	Techo	C. Vertical	1,52	0,37	1,5	0,75	0,74	0,74	0	0	0
		Dinámico	2,26	0,59	2,26	1,19	0,76	1,13	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,11	0,29	1,16	0,55	0,58	0,57	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,53	O/S	O/S	4,53	O/S	O/S	O/S	
Eje 7-8	Techo	C. Vertical	1,47	0,37	1,5	0,73	0,76	0,74	0	0	0
		Dinámico	2,09	0,51	2,1	1,03	0,73	1,03	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,16	0,29	1,16	0,57	0,55	0,58	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,54	O/S	O/S	4,54	O/S	O/S	O/S	
Eje 8-9	Techo	C. Vertical	1,52	0,37	1,5	0,75	0,74	0,74	0	0	0
		Dinámico	2,18	0,54	2,21	1,07	0,76	1,08	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,11	0,29	1,16	0,55	0,58	0,57	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,52	O/S	O/S	4,52	O/S	O/S	O/S	
Eje 9-10	Techo	C. Vertical	1,48	0,37	1,53	0,73	0,74	0,75	0	0	0
		Dinámico	2,13	0,52	2,12	1,05	0,74	1,04	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,14	0,28	1,14	0,57	0,57	0,57	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,54	O/S	O/S	4,54	O/S	O/S	O/S	
Eje 10-11	Techo	C. Vertical	1,46	0,38	1,53	0,72	0,75	0,75	0	0	0
		Dinámico	2,13	0,53	2,16	1,05	0,74	1,06	1,26	1,26	1,26
	N1	C. Vertical	1,19	0,29	1,12	0,59	0,56	0,55	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,54	O/S	O/S	4,54	O/S	O/S	O/S	
Eje 11-12	Techo	C. Vertical	1,54	0,38	1,46	0,76	0,75	0,72	0	0	0
		Dinámico	2,26	0,61	2,26	1,14	0,74	1,22	1,26	1,26	1,26
	N1	C. Vertical	1,13	0,29	1,18	0,56	0,55	0,58	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,54	O/S	O/S	4,54	O/S	O/S	O/S	
Eje 12-13	Techo	C. Vertical	1,45	0,38	1,55	0,72	0,75	0,77	0	0	0
		Dinámico	2,82	1,58	5,18	1,83	2,2	3,51	0	0	0
	N1	C. Vertical	1,2	0,3	0,9	0,6	0,66	0,45	0	0	0
		Dinámico	O/S	4,89	O/S	O/S	4,89	O/S	O/S	O/S	

*O/S: “Sección Insuficiente”

Tabla 33 Porcentaje de elementos en el eje C cuyo acero calculado es inferior al acero colocado

	Superior			Inferior			Corte		
	i	m	j	i	m	j	i	m	j
Estático	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Dinámico	50,00	100,00	50,00	45,83	50,00	45,83	50,00	50,00	50,00

De la tabla de áreas requeridas, se observa que los valores de acero mínimo en el eje C al igual que el A y el B, cumplen en su totalidad con las cuantías superior e inferior en todos sus extremos. Por otra parte, se encuentra que no cumplen con el acero mínimo requerido en corte, debido al espaciamiento encontrado en los planos para las vigas planas (estribos de $\frac{1}{4}$ " cada 20cm).

Al observar los porcentajes de elementos en el eje C, cuyo acero calculado es inferior al acero colocado, encontramos que para los casos estáticos superior, inferior y para el corte, se obtuvieron valores de 100%. En los casos dinámicos, los valores oscilan entre 50 y 100%, 45 y 50% y 50% para las estaciones "i", "m", "j" respectivamente

Tabla 34 Elementos en el eje C cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad

	Número	%
Estático	24,00	100,00
Dinámico	10,00	41,67

De igual manera que el caso estático en el eje B, se tiene para el eje C que todos los elementos cumplen en un 100% de sus estaciones para las cuantías de acero. Para el caso dinámico 10 elementos son los que cumplen.

Tabla 35 Áreas requeridas de acero en vigas – Eje D

Portico	Nivel	Caso Anal.	As longitudinal (cm ²)						Acero Corte (cm ²)		
			Superior			Inferior			i	m	j
			i	m	j	i	m	j			
As en Planos	Techo	As en Planos	12,65	12,65	12,65	2,53	2,53	2,53	1,28	13,44	1,28
	N1	As en Planos	15,2	15,2	15,2	2,53	2,53	2,53	1,92	12,8	1,92
As mínimo	Techo	As mínimo	2	2	2	2	2	2	8,52	61,06	8,52
	N1	As mínimo	2	2	2	2	2	2	9,94	46,86	9,94
Eje 1-2	Techo	C. Vertical	1	0,25	0,92	1,5	0,47	0,46	0	0	0
		Dinámico	4,11	1,27	3,81	3,05	1,27	2,61	0,84	0,84	0,84
	N1	C. Vertical	4,81	1,46	4,66	2,26	2,18	2,19	0,84	0	0,84
Eje 2-3	Techo	C. Vertical	0,94	0,24	0,98	0,47	0,47	0,48	0	0	0
		Dinámico	4,01	1,26	4,07	2,76	1,26	2,92	0,84	0,84	0,84
	N1	C. Vertical	4,71	1,44	4,71	2,21	2,2	2,21	0,84	0	0,84
Eje 3-4	Techo	C. Vertical	0,94	0,24	0,98	0,46	0,47	0,49	0	0	0
		Dinámico	4,23	1,31	4,25	3,03	1,31	3,02	0,88	0,84	0,88
	N1	C. Vertical	4,7	1,43	4,69	2,21	2,22	2,21	0,84	0	0,84
Eje 4-5	Techo	C. Vertical	0,93	0,24	0,97	0,46	0,48	0,48	0	0	0
		Dinámico	4,26	1,32	4,29	3,09	1,32	3,06	0,88	0,84	0,88
	N1	C. Vertical	4,71	1,44	4,71	2,21	2,2	2,21	0,84	0	0,84
Eje 5-6	Techo	C. Vertical	0,94	0,24	0,97	0,47	0,47	0,48	0	0	0
		Dinámico	4,3	1,35	4,41	3,11	1,35	3,16	0,88	0,84	0,9
	N1	C. Vertical	4,69	1,43	4,7	2,21	2,22	2,21	0,84	0	0,84
Eje 6-7	Techo	C. Vertical	0,94	0,24	0,96	0,46	0,48	0,48	0	0	0
		Dinámico	4,43	1,36	4,38	3,24	1,36	3,14	0,88	0,84	0,9
	N1	C. Vertical	4,71	1,44	4,71	2,22	2,2	2,21	0,84	0	0,84
Eje 7-8	Techo	C. Vertical	0,95	0,24	0,96	0,47	0,47	0,48	0	0	0
		Dinámico	4,24	1,32	4,28	3,05	1,32	3,05	0,88	0,84	0,88
	N1	C. Vertical	4,69	1,43	4,71	2,21	2,21	2,21	0,84	0	0,84
Eje 8-9	Techo	C. Vertical	0,93	0,24	0,98	0,46	0,47	0,49	0	0	0
		Dinámico	4,35	1,34	4,36	3,15	1,34	3,14	0,88	0,84	0,9
	N1	C. Vertical	4,71	1,44	4,69	2,21	2,21	2,2	0,84	0	0,84
Eje 9-10	Techo	C. Vertical	0,88	0,24	0,98	0,44	0,47	0,49	0	0	0
		Dinámico	4,25	1,31	4,22	3,04	1,31	3,01	0,88	0,84	0,88
	N1	C. Vertical	4,66	1,44	4,69	2,19	2,21	2,2	0,84	0	0,84
Eje 10-11	Techo	C. Vertical	0,93	0,24	0,98	0,46	0,47	0,49	0	0	0
		Dinámico	4,14	1,28	4,17	2,97	1,28	2,94	0,86	0,84	0,86
	N1	C. Vertical	4,71	1,44	4,69	2,21	2,21	2,2	0,84	0	0,84
Eje 11-12	Techo	C. Vertical	0,88	0,26	1,05	0,44	0,46	0,52	0	0	0
		Dinámico	3,93	1,22	3,94	2,83	1,22	2,63	0,84	0,84	0,84
	N1	C. Vertical	4,66	1,46	4,8	2,19	2,19	2,25	0,84	0	0,84
Eje 12-13	Techo	C. Vertical	0,93	0,23	0,85	0,46	0,53	0,42	0	0	0
		Dinámico	3,69	1,26	4,08	2,57	1,26	2,97	0,84	0,84	0,84
	N1	C. Vertical	5,2	1,57	3,61	2,42	2,49	2,01	0,84	0	0,84
		Dinámico	O/S	2,58	O/S	5,55	2,58	5,75	O/S	O/S	O/S

*O/S: “Sección Insuficiente”

Tabla 36 Porcentaje de elementos en el eje D cuyo acero calculado es inferior al acero colocado

	Superior			Inferior			Corte		
	i	m	j	i	m	j	i	m	j
Estático	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Dinámico	50,00	100,00	50,00	0,00	91,67	0,00	50,00	50,00	50,00

En la comparación de las cuantías de acero mínimo con el acero reportado en los planos, este se cumple en todos sus extremo, y para el corte no se cumple con el acero mínimo requerido, al igual que en los casos anteriores, debido a que el espaciamiento encontrado en los planos para las vigas planas es mayor al estipulado por la norma.

Para el eje D, en el área de acero superior en los casos estático y dinámico, los elementos que cumplen con el acero mínimo son 100% y 50% respectivamente. Para la parte inferior se tiene que, en el caso estático las estaciones “i”, “m” y “j” arrojan valores de 100%, mientras que en el caso dinámico, las estaciones muestran 50, 0 y 91,67%, respectivamente.

Para el caso estático del acero requerido por corte, se obtuvieron valores de 100% en todas las estaciones, a diferencia del caso dinámico, que arrojó 50% en las estaciones.

Tabla 37 Elementos en el eje D cuyas áreas de acero cumplen en su totalidad

	Número	%
Estático	24,00	100,00
Dinámico	0,00	0,00

Todos los elementos cumplen en sus estaciones para las cuantías de acero en el caso estático. Para el caso dinámico se tiene que ninguno de los elementos cumple con la condición.

En general, de las tablas anteriores se puede observar que el caso estático reporta valores del 100%, lo que significa que los ejes cumplen los requerimientos de acero para las acciones variables y permanentes de la estructura (“C. Vertical”). Para el caso dinámico generalmente las estaciones presentan valores de 50% con lo que se confirma la diferencia de solicitaciones entre ambos casos, y la necesidad de realizar estudios más específicos para determinar la cantidad de acero requerida para estos elementos presentes en la edificación.

A continuación se presentan las áreas de acero reportadas para columnas:

Tabla 38 Áreas de acero requeridas en columnas. Eje A

Eje	BxH	Nivel	As Estático	As Dinámico	As en planos	As Mínimo
	cm x cm	#	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
A-1	20x25	Techo	5	O/S*	5,06	5
A-1	0x0	N1				
A-2	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-2	0x0	N1				
A-3	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-3	0x0	N1				
A-4	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-4	0x0	N1				
A-5	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-5	0x0	N1				
A-6	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-6	0x0	N1				
A-7	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-7	0x0	N1				
A-8	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-8	0x0	N1				
A-9	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-9	0x0	N1				
A-10	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-10	0x0	N1				
A-11	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-11	0x0	N1				
A-12	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-12	0x0	N1				
A-13	20x25	Techo	5	O/S	5,06	5
A-13	0x0	N1				

*O/S: “Sección Insuficiente”

Tabla 39 Áreas de acero requeridas en columnas. Eje B

Eje	BxH	Nivel	As Estático	As Dinámico	As en planos	As Mínimo
	cm x cm	#	Cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
B-1	25x25	Techo	6.25	O/S*	20.26	6,25
B-1	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-2	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-2	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-3	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-3	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-4	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-4	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-5	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-5	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-6	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-6	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-7	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-7	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-8	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-8	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-9	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-9	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-10	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-10	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-11	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-11	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-12	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-12	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
B-13	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
B-13	30x30	N1	9	O/S	20.26	9

*O/S: "Sección Insuficiente"

Tabla 40 Áreas de acero requeridas en columnas. Eje C

Eje	BxH	Nivel	As Estático	As Dinámico	As en planos	As Mínimo
	cm x cm	#	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
C-1	25x25	Techo	6.25	O/S*	20.26	6,25
C-1	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-2	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-2	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-3	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-3	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-4	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-4	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-5	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-5	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-6	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-6	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-7	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-7	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-8	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-8	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-9	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-9	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-10	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-10	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-11	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-11	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-12	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-12	30x30	N1	9	O/S	20.26	9
C-13	25x25	Techo	6.25	O/S	20.26	6,25
C-13	30x30	N1	9	O/S	20.26	9

*O/S: "Sección Insuficiente"

Tabla 41 Áreas de acero requeridas en columnas. Eje D

Eje	BxH	Nivel	As Estático	As Dinámico	As en planos	As Mínimo
	cm x cm	#	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
D-1	20x25	Techo	5	O/S*	5.06	5
D-1	0x0	N1				
D-2	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-2	0x0	N1				
D-3	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-3	0x0	N1				
D-4	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-4	0x0	N1				
D-5	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-5	0x0	N1				
D-6	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-6	0x0	N1				
D-7	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-7	0x0	N1				
D-8	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-8	0x0	N1				
D-9	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-9	0x0	N1				
D-10	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-10	0x0	N1				
D-11	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-11	0x0	N1				
D-12	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-12	0x0	N1				
D-13	20x25	Techo	5	O/S	5.06	5
D-13	0x0	N1				

*O/S: “Sección Insuficiente”

Luego de analizar las tablas, se puede ver que la acción sísmica nuevamente solicita en un grado mayor a la edificación que las acciones ocasionadas por las cargas variables y permanentes. En el caso de los valores generados por el programa para el caso estático, las áreas de acero reportadas se corresponden en un 100% con la cuantía mínima de acero en columnas (1%) Saltando a la vista la similitud de la norma COVENIN 1753-88 y la ACI 318-99 con respecto a la colocación de cuantías mínimas en estos elementos. Para el caso dinámico se reportan en todas las columnas y machones secciones insuficientes, esto una vez más producto de la acción del sismo.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1 Conclusiones

- ✓ La Ciudad Universitaria de Caracas es en sí misma una obra de arte. Es una gran labor la que se realiza en el sentido de su preservación y resguardo del paso del tiempo, mediante la acción directa de organismos como el COPRED y esta línea de investigación.
- ✓ El edificio de los museos se encuentra, actualmente, en una escala de daños leve, los cuales son generados principalmente por la presencia de humedad, producto de la infiltración de agua generada por los equipos de aire acondicionado y por el inicio del desprendimiento de mosaicos vitrificados encontrados en las paredes de la edificación y en las obras de arte.
- ✓ A pesar que el Edificio de los Museos actualmente se encuentra sometido a cargas variables importantes como los archivadores sobre rieles, su cambio de uso (de museo a oficinas) modifica de manera favorable las solicitaciones por carga variable, esto cuantificado por los valores de carga variable contemplados por la norma COVENIN 2002-1988 de uso de la edificación en su tabla 5.1, en donde la carga variable para un museo es 500 Kgf/m², en contraposición a la carga variable de oficinas que presenta un valor de 250 Kgf/m².
- ✓ El uso de distintos modelos y distintos programas permitió corroborar que la entrada de datos se hizo de manera congruente, esto evidenciándose en los valores de salida de cada modelo, que se mantuvieron cercanos y con variaciones no mayores al 15%.
- ✓ Es de suma importancia considerar el efecto de la mampostería en la rigidez global de la estructura. Al comparar los modelos del edificio sin diagonales equivalentes de mampostería, con los modelos en donde se tomaron en

consideración, se observaron disminuciones de los períodos, aumentando la resistencia de la edificación.

- ✓ Para los valores de las derivas se reportó que estos valores sobrepasan los máximos permitidos por la norma COVENIN 1756-2001.
- ✓ El desplazamiento generado por las fuerzas sísmicas probablemente ocasionará que ambas estructuras (museo y concha) colisionen.
- ✓ En general, las vigas de carga, (ejes del 1 al 13) y las vigas planas (ejes A, B, C y D) cumplen para las solicitaciones originadas por las cargas variables y permanentes. Sin embargo, ocurre lo contrario en el caso que contempla las acciones del sismo.
- ✓ Se reportaron secciones insuficientes para columnas y machones, bajo las solicitaciones generadas por las combinaciones que contemplan el sismo utilizado en el diseño, el cual corresponde a un factor de reducción de respuesta igual a 1 (uno).
- ✓ Las distancias de los estribos encontrados en los planos resultan mayores a las contempladas por la norma COVENIN 1753-1988.
- ✓ El efecto sísmico sin lugar a dudas, pone en riesgo a los usuarios de las edificaciones existentes y deteriora sensiblemente a las mismas, del mismo modo que deteriora e inutiliza en ciertas edificaciones particulares, obras de arte de valor incalculable que en ellas se encuentren. El EDIFICIO DE LOS MUSEOS, a pesar de ser un recinto de oficinas, lleva en su pecho dos joyas del arte contemporáneo como lo son los murales de los reconocidos artistas Oswaldo Vigas y Armando Barrios, convirtiéndolo así en un triple patrimonio cultural de la humanidad.

V.2 Recomendaciones

- ✓ Realizar la evaluación estructural del techo en forma de concha ubicado junto al EDIFICIO DE LOS MUSEOS en su cara sur, bajo esta misma línea de investigación, con el fin de estudiar el comportamiento estructural de la misma en el momento del sismo.
- ✓ Realizar una detección profunda de la presencia y distribución del acero presente en las intersecciones columna-viga, para luego realizar cálculos específicos que estudien el comportamiento de estos importantes elementos presentes en todas las edificaciones de concreto armado.
- ✓ Realizar trabajos de restauración en los murales de la edificación, en el sentido de evitar la caída de los mosaicos vitrificados, que aún se encuentran en más del 90% del área de la edificación.
- ✓ Realizar para los edificios de la Ciudad Universitaria de Caracas que posean murales (como es el caso de la edificación en estudio) u otras obras de arte de gran valor, consideraciones especiales en el momento de realizar mejoras o refuerzos en los elementos estructurales, con el fin de proteger estas valiosas piezas del deterioro por el paso del tiempo, y de ser posible, de efectos como el movimiento sísmico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abou B., Firas y Lee C., Carlos E. (2005). *Evaluación del Riesgo Sísmico en Escuelas Tipo Antiguo II*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Álvarez K., Hernández A. (2003). *Análisis dinámico de la Facultad de Odontología de la Ciudad Universitaria de Caracas, a través de un programa de cálculo, con el fin de evaluar la respuesta sísmica del mismo*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Bastardo V., Jesireth y Cadenas O., Yanelys. (2006). *Influencia del Espesor del Friso en las Propiedades Mecánicas de la Mampostería con Bloques Huecos de Arcilla y de Concreto*. Tesis de Grado no publicada. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Bonett Díaz, Ricardo León. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. ETS de Ingenieros de Caminos, canales y puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Bazán E. y Meli R. (2000). *Diseño Sísmico de Edificios*. Editorial Limusa. México.

-
- Campos, A. (2004). *Definición de las relaciones entre parámetros geofísicos en pozos disponibles a lo largo de la Línea 4 del Metro de Caracas*. Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
 - *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural* [En línea] Disponible en: www.unesco.org. Recuperado en Febrero de 2006.
 - Eguzki M. Arozena A. (2005). *Evaluación del comportamiento estructural del Edificio de Ingeniería Sanitaria de la Ciudad Universitaria de Caracas*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
 - Felió J., Scremin L. (2003). *Evaluación estructural del edificio de la Facultad de Farmacia de la Ciudad Universitaria de Caracas*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
 - Fernández, M. (1977). *Patología y terapéutica del hormigón armado*. Madrid. Editorial Dossat. 1ª Edición.
 - García, K. (2004). *Estudio de vulnerabilidad de la ciudad universitaria de caracas (geofísica somera)*. Escuela De Geología Minas Y Geofísica, Facultad De Ingeniería, Universidad Central De Venezuela.
 - *Informe de la 24ta sesión del comité*. [En línea]. Disponible en: www.unesco.org. Recuperado en Febrero de 2006.
 - Jiménez A., Mendoza A. (2002). *Una metodología para la evaluación estructural del edificio de la Facultad de Arquitectura y el edificio de la Biblioteca Central de la Ciudad Universitaria de Caracas*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

- Leal, I. (1981). *Historia de la UCV 1721 – 1981*. Caracas. Ediciones del Rectorado de la UCV
- Martínez J., Ochoa V. (2002). Una metodología para la *evaluación estructural del edificio de Aulas de la Facultad de Ingeniería de la Ciudad Universitaria de Caracas*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Norma COVENIN 2002:1988. Criterios y acciones mínimas para el Proyecto de edificaciones.
- Norma COVENIN 1756:2001. Edificaciones Sismorresistentes.
- Norma COVENIN 1753: 1987. Estructuras de concreto armado para Edificaciones, Análisis y Diseño.
- Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas. (1967). Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Edificios. Venezuela.
- Normas para el Cálculo de Edificios 1955. (1959). Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales. Venezuela.
- *Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention*. [en línea]. Disponible en: www.unesco.org. Recuperado en Febrero de 2006.
- Paulay T y Priestley N. (1992). *Seismic Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. John Wiley & Sons.

- Porreros, J.; Ramos C.; Grases J.; Velazco G. (2004). *Manual del concreto estructural. Conforme con la Norma Covenin 1753:03*. Caracas. SIDETUR. 1ª Edición.
- Singer, A. (1977). *Tectónica reciente, morfogénesis sísmica y riesgo geológico en el graben de Caracas, Venezuela*. Caracas. V Congreso Geológico Venezolano *Terminología del cemento y el hormigón*. Preparado por el Comité ACI 116.
- Visitas en línea – Recuperadas entre Enero y Junio del 2006:
 - <http://www.arq.ucv.ve/centenariovillanueva/CUC>
 - <http://www.asocem.org.pe/.../concreto/analisis/evaluacion%20del%20Concreto%20por%20el%20esclerometro>
 - http://www.centenariovillanueva.web.ve/CUC/Su_Pasado/Historia_y_Desarrollo/Frames_Historia_Desarrollo.htm
 - <http://www.ipc.gov.ve>
 - <http://www.unesco.org>
 - <http://www.soiltest.com>
 - <http://www.fi.uba.ar/materias/7206/Detectores.PDF>
 - <http://www.zircon.com/SellPages/Older%20Products/VideoScanner/VideoScannerSpecs.html>

APÉNDICES

Apéndice 1 Radiografías obtenidas en el levantamiento con el Ferrosan FS10

Apéndice 2 Teoría del Esclerómetro SoilTest

Apéndice 3 Detector de Barras de Refuerzo Zircon Videoscanner 5.5

Apéndice 4 Planillas de Registro de Levantamiento de Daños

Apéndice 5 Imágenes varias (Cálculos SAP, fotos, entre otros)

Apéndice 6 Cálculo Manual de Losas de la Edificación

Apéndice 1 Radiografías obtenidas en el levantamiento con el Ferroscon FS10

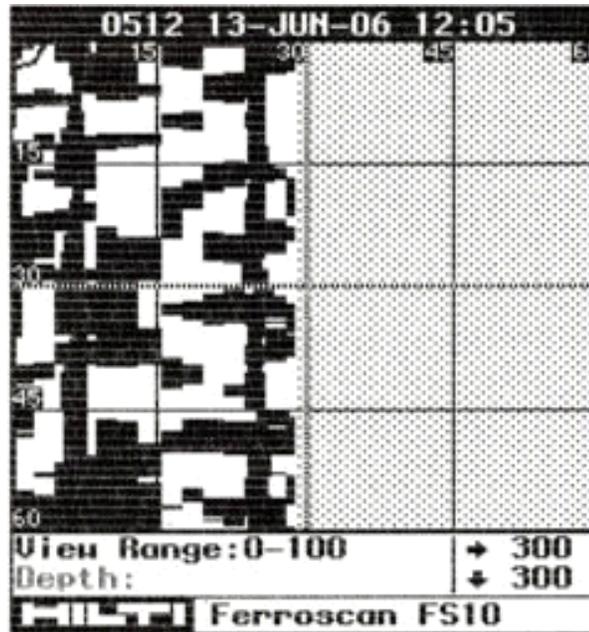


Figura A.1.1 Radiografía de Columna 25 x 25
Fuente: Levantamiento en campo con Ferroscon FS10

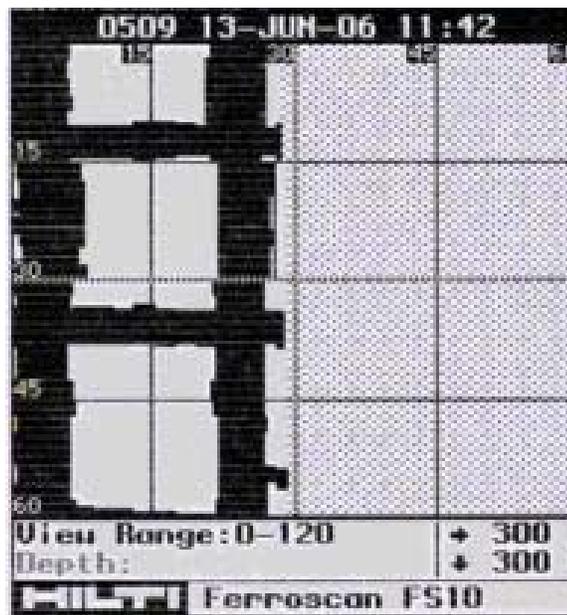


Figura A.1.2 Radiografía de Columna 30 x 30
Fuente: Levantamiento en campo con Ferroscon FS10

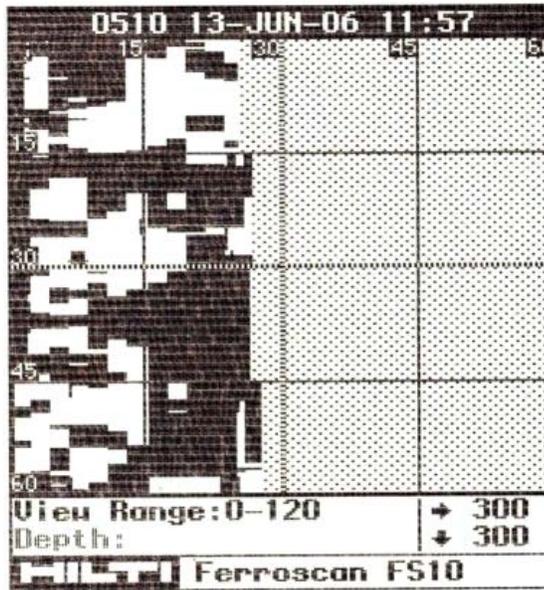


Figura A.1.3 Radiografía de Machones Eje A5 Nivel 1
 Fuente: Levantamiento en campo con Ferroscan FS10

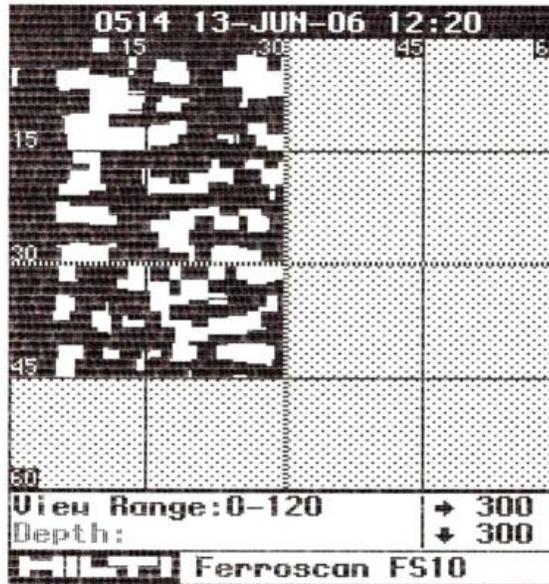


Figura A.1.4 Radiografía de Machones Eje A6 Nivel 1
 Fuente: Levantamiento en campo con Ferroscan FS10

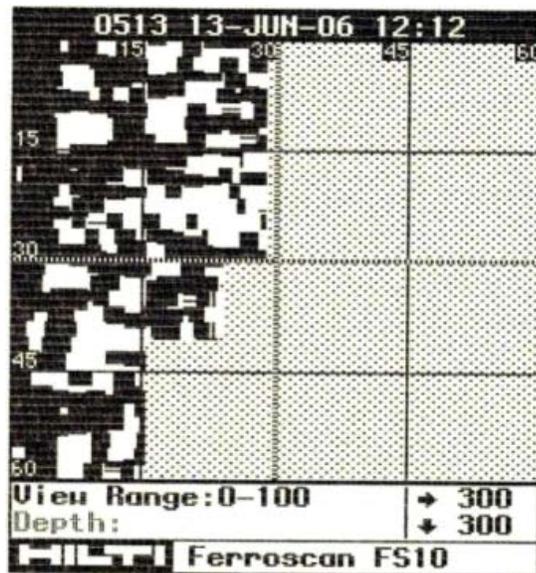


Figura A.1.5 Radiografía de Machones Eje A7 Nivel 1

Fuente: Levantamiento en campo con Ferroskan FS10

Apéndice 2 Esclerómetro SoilTest



Figura A. 3.1 Esclerómetro SoilTest

Fuente: Consulta en línea: <http://www.soiltest.com> (Junio de 2006)

El “Concrete Test Hammer” se utiliza como instrumento del control y prueba para medir la calidad y la fuerza. No pretende ser un sustituto de la prueba de control de cilindros de concreto. Su uso tiene valor en campo cuando surgen problemas en la prueba de núcleos, para lo que sería necesario taladrar. También se utiliza para determinar el coeficiente de incremento en la fuerza del concreto con el tiempo y se puede utilizar para determinar cuándo las formas pueden ser quitadas o algunas cargas aplicadas. Otros usuarios lo han empleado para estimar el grado del daño hecho a las estructuras por congelamiento o por fuego y para estimar la calidad del concreto en viejas estructuras.

Especificaciones:

Aplica la presión para el rebote del martillo.

Cuerpo. Incluye la escala del indicador, curvas de calibración.

Curvas De Calibración. Número del rebote del martillo del diagrama contra fuerza compresiva.

Piedra de Frotamiento. Prepara la superficie de la prueba.

Exactitud. Dentro del 15%.

Maletín de traslado. Plástico; el 12" w. x 6-1/4" d. x 3 "h. (305 x 159 x 76 milímetros). Peso. Red. 3 libras. (1.4 kilogramos).

Algunas Ventajas:

Amplio rango de aplicaciones en pruebas no destructivas

Resultados exactos en concreto de entre aproximadamente 15% de 1,250 a 8,500 psi

Las curvas de calibración trazan el número del rebote del martillo contra fuerza compresiva

Frotado de piedra para la preparación de la superficie de prueba

Apéndice 3 Detector de Barras de Refuerzo Zircon Videoscanner 5.5

Detectores Discretos

Generalidades

Son elementos electrónicos que con la sola presencia del elemento a detectar, varían la señal de salida. No hace falta que hagan contacto físico con dicho elemento. Trabajan sumergidos en agua, aceite, polvos, etc.

Se eligen por el material del objeto a detectar, y por el entorno y el ambiente donde van a ser instalados.

Los materiales de los objetos a detectar se dividen básicamente en metálicos y no metálicos.

Debe tenerse en cuenta las siguientes condiciones del ambiente:

- Humedad
- Temperatura
- Acidez
- Polvo
- Explosividad

Tipos de Detectores

Los más usuales son los siguientes:

- Inductivos
- Capacitivos
- Ópticos
- Magnéticos
- Ultrasónicos

Detectores Inductivos

Se componen de un circuito tanque donde el inductor es el elemento detector, y un capacitor tiene un valor tal que pone al sistema en resonancia. Un circuito comparador mide la tensión del capacitor con respecto a una tensión patrón prefijada.

Cuando el circuito tanque está en resonancia, la tensión en el capacitor es máxima. En esas condiciones, el comprador no entrega salida. Si se acerca un elemento metálico al inductor, se producen en él corrientes de Foucault que lo sacan de resonancia. En esas circunstancias, la tensión en el capacitor cae, y el comparador entrega una salida proporcional a la diferencia entre la máxima y la que ahora existe en el capacitor.

Detecta cualquier tipo de metal porque inducen corriente en el elemento que se acerca.

Otros tipos de Detectores

Detectores de metales del tipo anillo

Es una variante de los inductivos. Son detectores de metales en conductos, por ejemplo viruta en tolvas de plástico, en industria alimenticia, etc.

La variante es en la forma física, pero el principio de funcionamiento es el mismo.

Arcos Detectores de metales

Con similar principio de funcionamiento, son los utilizados en accesos a edificios, bancos, aeropuertos, etc.

Tabla A.4.1 Especificaciones Técnicas Del ZIRCON VIDEOSCANNER 5.5

Dimensiones:	1.8 pulg. H x 2.8 pulg. W x 7.5 pulg. L 4.6 centímetros H x 7.1 centímetros W x 19 centímetros L
Peso:	7 onzas. (198 g) sin la batería
Tipo de la batería:	9 voltios
Exactitud:	En modo normal , usando la exploración y el procedimiento duales de la marca, el usuario puede determinar el centro de un perno prisionero de madera o del metal a través del drywall hasta 3/4 " (1.9 centímetros) densamente con una exactitud típica de 1/8 " (3m m). En el modo de DeepScan* , usando la exploración y el procedimiento duales de la marca, el usuario puede determinar el centro de un perno prisionero de madera o del metal a través del drywall hasta 1-1/2 " (3.8 centímetros) densamente con una exactitud típica de 3/16 " (5m m). En modo del metal , usando la exploración y el procedimiento duales de la marca, el usuario puede determinar el centro de el 1/2 " (1.3 centímetros) a través del drywall hasta 1-1/2 " (3.8 centímetros) profundamente con una exactitud típica de 1/8 " (3 milímetros). Usando el mismo procedimiento, el usuario puede determinar el centro de el 1/2 " (1.3 centímetros) hasta 3 rebar " (7.6 centímetros) profundamente en concreto con una exactitud típica de el 1/2 " (1.3 centímetros).
Audio:	Intensidad = 70dB en 18 pulg. (46 centímetros) Frecuencia = 880 hertzios
Detección de la CA	90 a 250 voltios en 50 a 60 hertzios dentro de 12 " (30 centímetros) lateralmente a una profundidad de 2 " (5 centímetros)
Temperatura funcionamiento:	de 20°F a 120°F (- 7°C a 49°C)
Temperatura almacenaje:	del -20°F a 150°F (- 29°C a 66°C)
Humedad:	Derecho del 80% (non-condensing)
Resistencia del choque:	Máximo gota de 6 pies (1.8 m) sobre el concreto
Resistencia de agua:	El chapoteo e hidrófugos, pero no impermeabilizan

Fuentes: <http://www.fi.uba.ar/materias/7206/Detectores.PDF>

<http://www.zircon.com/SellPages/Older%20Products/VideoScanner/VideoScannerSpecs.html>

Apéndice 5 Imágenes varias (Cálculos SAP, fotos, entre otros)**Figura A.5.1 Detalle de separación entre escalera de acceso y el edificio**

Fuente: Propia

**Figura A.5.2 Detalle de la unión del techo con forma de concha y el edificio**

Fuente: Propia



Figura A.5.2.1 Otro detalle de la unión del techo con forma de concha y el edificio

Fuente: Propia



Figura A.5.3 Junta entre el edificio y escalera de acceso

Fuente: Propia



Figura A.5.4 Mural de Oswaldo Vigas - Estado actual
Fuente: Propia

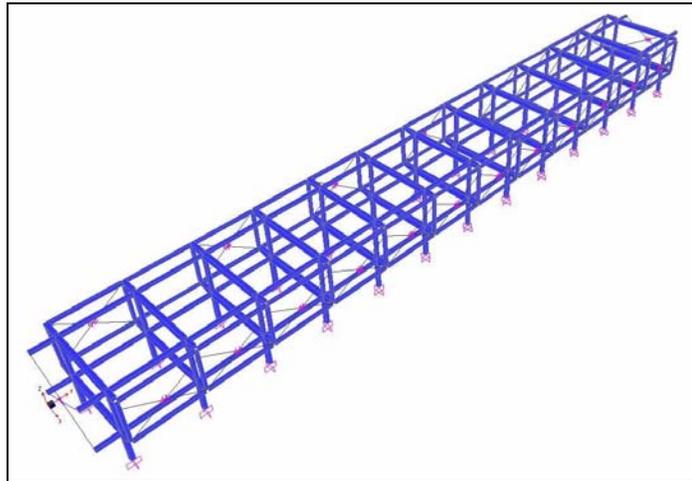


Figura A.5.6 Edificio de los Museos con Vigas Planas
Fuente: Programa SAP2000

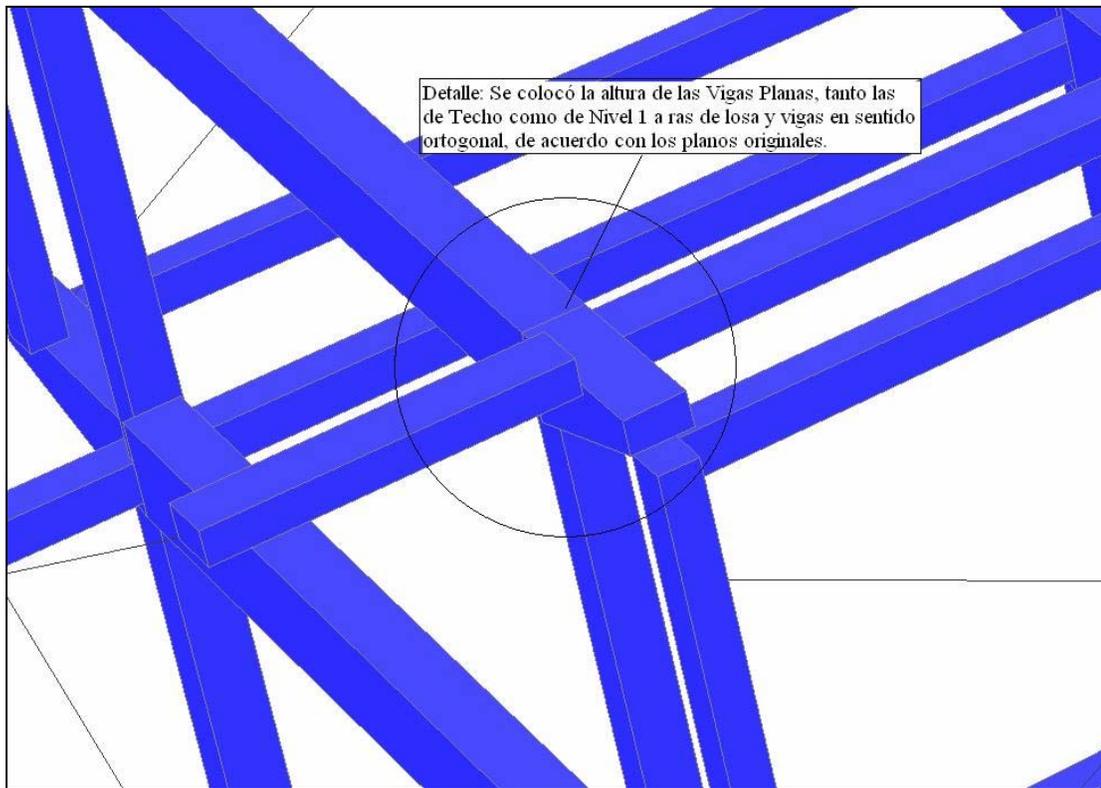


Figura A.5.7 Edificio de los Museos - Detalle de vigas planas
 Fuente: Programa SAP2000

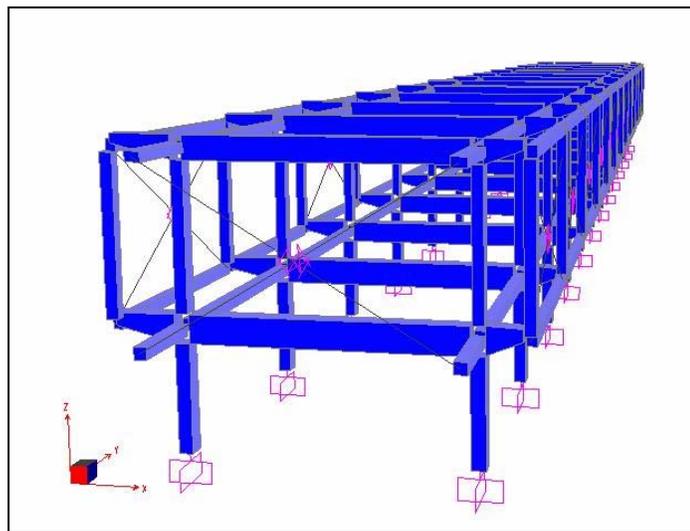


Figura A.5.9 Edificio de los Museos – Vista frontal
 Fuente: Programa SAP2000

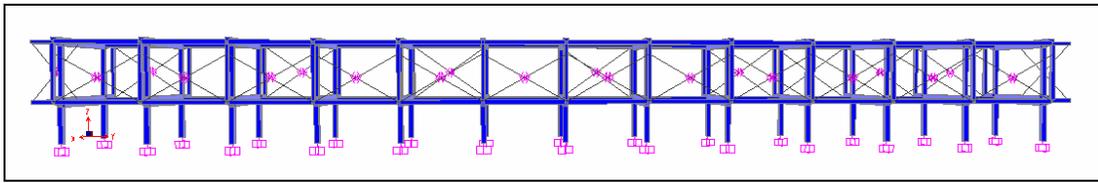


Figura A.5.10 Edificio de los Museos – Vista lateral
Fuente: Programa SAP2000

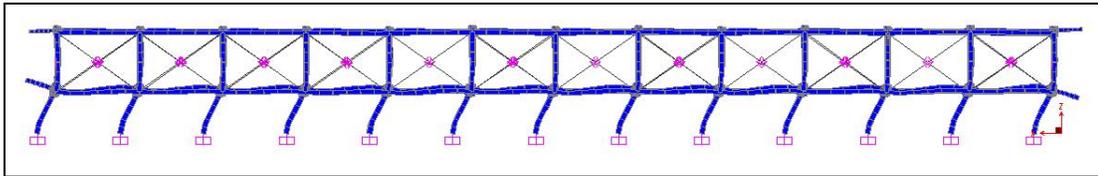


Figura A.5.11 Estructura deformada con elementos GAP
Fuente: Programa SAP2000

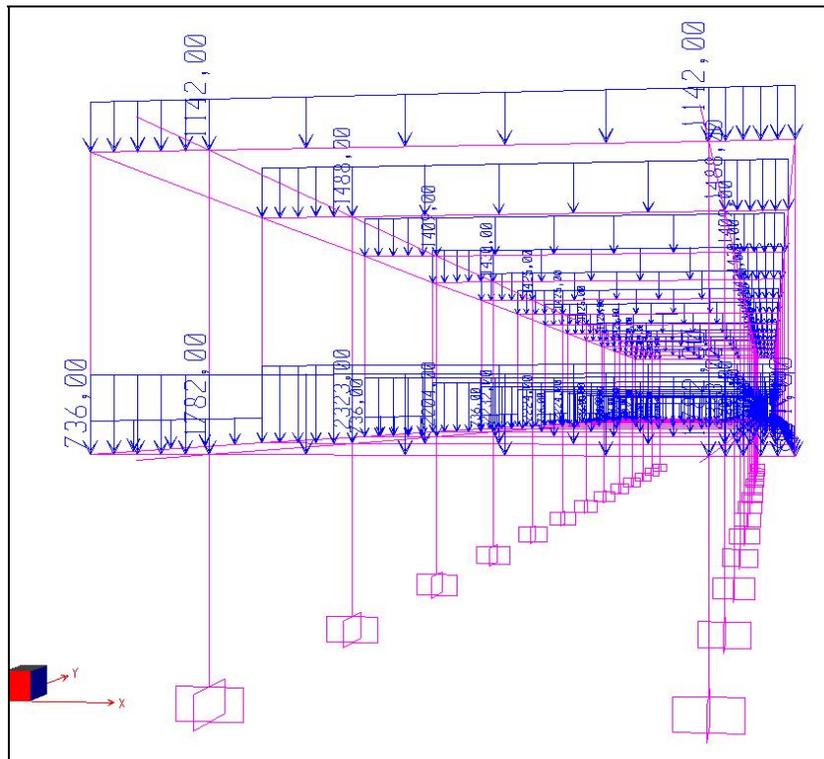
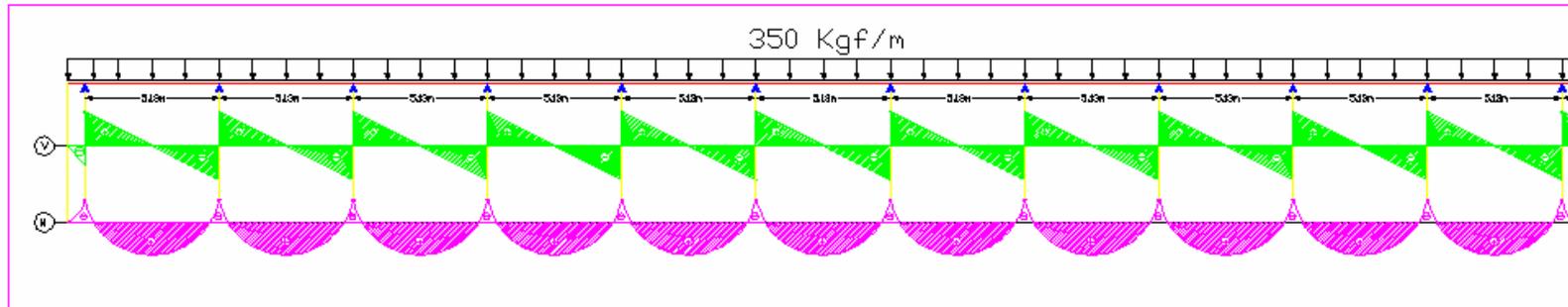


Figura A.5.14 Esquema de cargas aplicadas en la estructura
Fuente: Programa SAP2000

Apéndice 6 Cálculo Manual de Losas de la Edificación

Losa de Nivel 2. Nervada de Espesor 20cm, Momento=834Kgf-m.

Losa $e=20\text{cm}$, $M_{\max(+)}=480\text{Kg-m}$, $M_{\max(-)}=834\text{Kg-m}$



Datos: $f'_c=180\text{Kg/cm}^2$, $r_c=2.50\text{cm}$, $f_y=2800\text{Kg/cm}^2$, $\phi=0.9$, $\beta_1=\beta_3=0.85$, $\beta_2=\beta_1/2=0.425$, $E=2.1 \times 10^6$, $\xi_u=0.003$

$\xi_s = f_y/E=0.00133$, $d=17.5\text{cm}$, $b=10\text{cm}$, $W_{\text{bal}}=\beta_1 \times \beta_3 \times \xi_u / (\xi_u + \xi_s)=0.504$

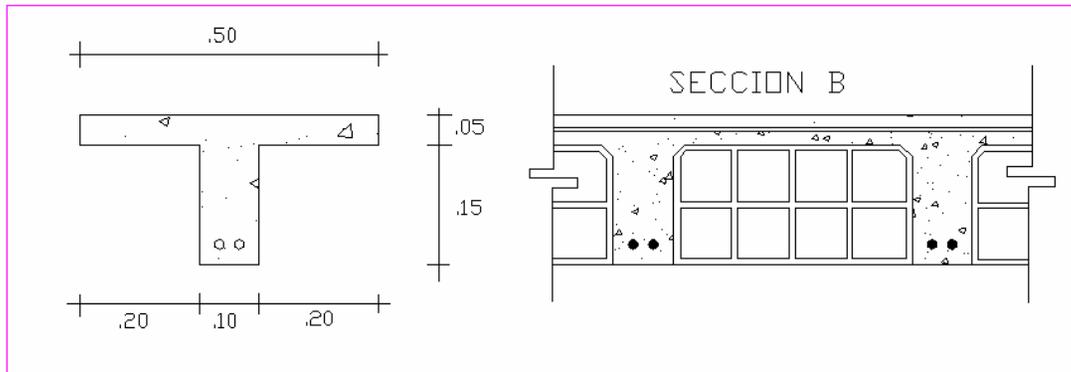
$W_{\text{max}}=0.75 \times W_{\text{bal}} = 0.369$, Tablas pág. 77 Flujograma de Concreto:

$Miu_{\text{max}}=0.26$, $J_{u \text{ max}}=0.7829$, luego: $Miu_{\text{act}} = 0.1512$, y del flujograma (p-77) tenemos:

$W_{\text{act}}=0.189$, $J_{u \text{ act}}=0.8888$, $K_u=0.261$, $\beta_1 \times K_u \times d= 3.86 \text{ cm}$, Trabaja como Sección Rectangular.

$Miu_{\text{max}} > Miu_{\text{act}} \rightarrow$ Falla en Tracción

Dimensiones y Sección Transversal de Losa 20cm



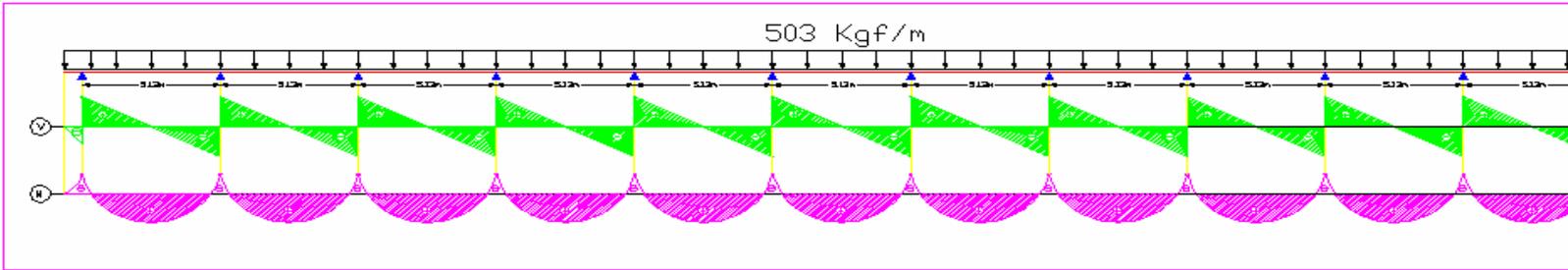
$$A_s = \frac{834 \cdot 100}{0.9 \cdot 2800 \cdot 0.8888 \cdot 17.5} = 2.12\text{cm}^2$$

$$\text{As en c/nervio} = 3 \phi 1/2'' = 3.80\text{cm}^2$$

Solicitaciones a Momento = **OK**

Losa de Nivel 2. Nervada de Espesor 25cm, Momento = 1200Kgf-m.

Losa e=25cm, Mmax(+)=690Kgf-m, Mmax(-)=1200Kgf-m



Datos:

$f'_c=180\text{Kg/cm}^2$, $r_c=2.50\text{cm}$, $f_y=2800\text{Kg/cm}^2$, $\phi=0.9$, $\beta_1=\beta_3=0.85$, $\beta_2=\beta_1/2=0.425$, $E=2.1 \times 10^6$, $\xi_u=0.003$

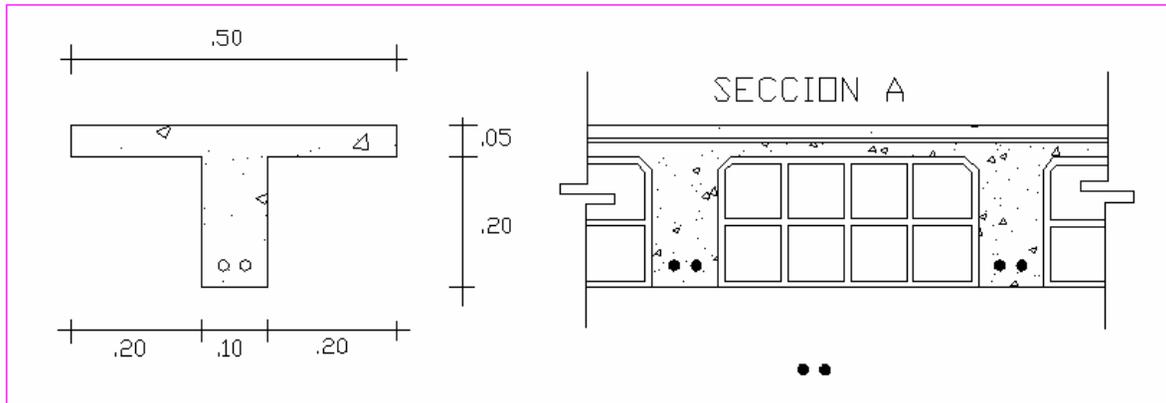
$\xi_s=f_y/E=0.00133$, $d=22.5\text{cm}$, $b=10\text{cm}$, $W_{bal}=\beta_1 \times \beta_3 \times \xi_u / (\xi_u + \xi_s)=0.504$

$W_{max}=0.75 \times W_{bal}=0.369$, Tablas pág. 77 Flujograma de Concreto:

$Miu_{max}=0.26$, $J_{u_{max}}=0.7829$, luego: $Miu_{act}=0.1312$, y del flujograma (p-77) tenemos:

$W_{act}=0.161$, $J_{u_{act}}=0.9053$, $K_u=0.222$, $\beta_1 \times K_u \times d=4.26\text{cm}$, Trabaja como Sección Rectangular. $Miu_{max} > Miu_{act} \rightarrow$ Falla en Tracción

Dimensiones y Sección Transversal de Losa 25cm



$$A_s = \frac{1200 \cdot 100}{0.9 \cdot 2800 \cdot 0.9053 \cdot 22.5} = 2.33\text{cm}^2$$

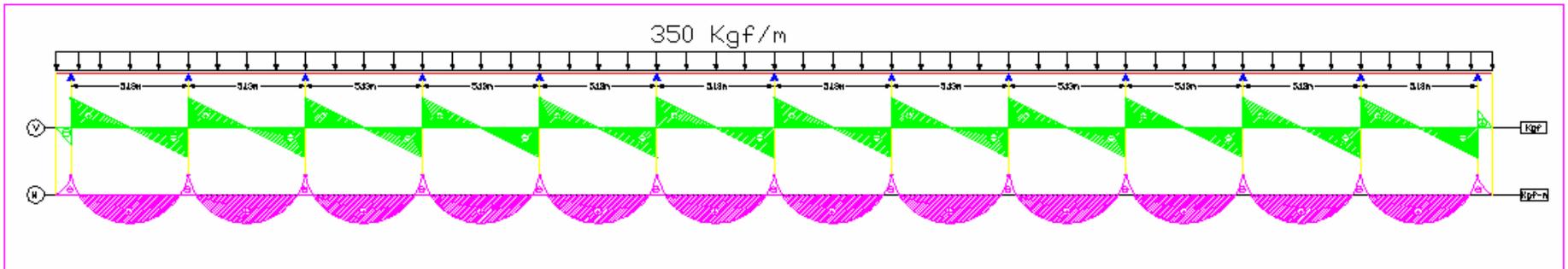
As en planos = 2 Ø 5/8" + 1

Ø1/2"=5.22cm²

Solicitaciones a Momento = OK.

Losa de Nivel 1. Nervada de Espesor 20cm, Momento⁺=480Kgf-m.

Losa e=20cm, Mmax(+)=480Kgf-m, Mmax(-)=834Kgf-m



Datos: $f'_c=180\text{Kg/cm}^2$, $r_c=2.50\text{cm}$, $f_y=2800\text{Kg/cm}^2$, $\phi=0.9$, $\beta_1=\beta_3=0.85$, $\beta_2=\beta_1/2=0.425$, $E=2.1 \times 10^6$, $\epsilon_u=0.003$

$\epsilon_s = f_y/E=0.00133$, $d=17.5\text{cm}$, $b=50\text{cm}$, $W_{bal}=\beta_1 \times \beta_3 \times \epsilon_u / (\epsilon_u + \epsilon_s)=0.504$

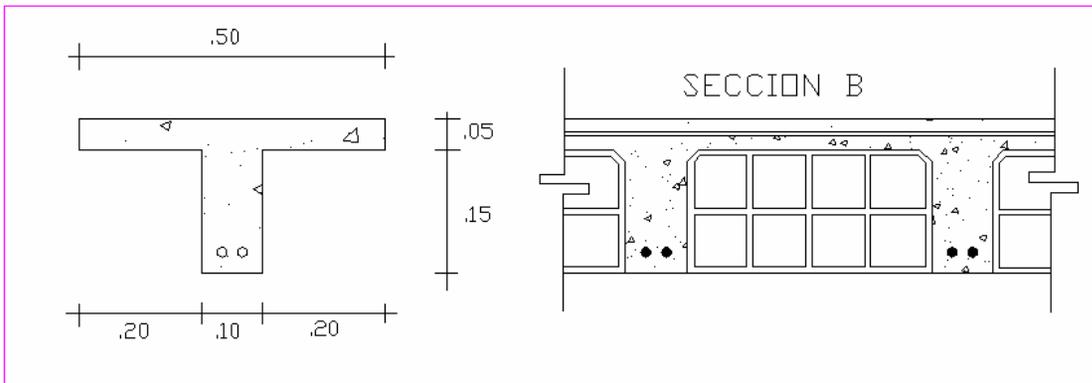
$W_{max}=0.75 \times W_{bal} = 0.369$, Tablas pág. 77 Flujograma de Concreto:

$Miu_{max}=0.26$, $J_{u\ max}=0.7829$, luego: $Miu_{act} = 0.0178$, y del flujograma (p-77) tenemos:

$W_{act}=0.020$, $J_{u\ act}=0.9882$, $K_u=0.0276$, $\beta_1 \times K_u \times d = 0.40\text{ cm}$, Trabaja como Sección Rectangular.

$Miu_{max} > Miu_{act} \rightarrow$ Falla en Tracción

Dimensiones y Sección Transversal de Losa 20cm



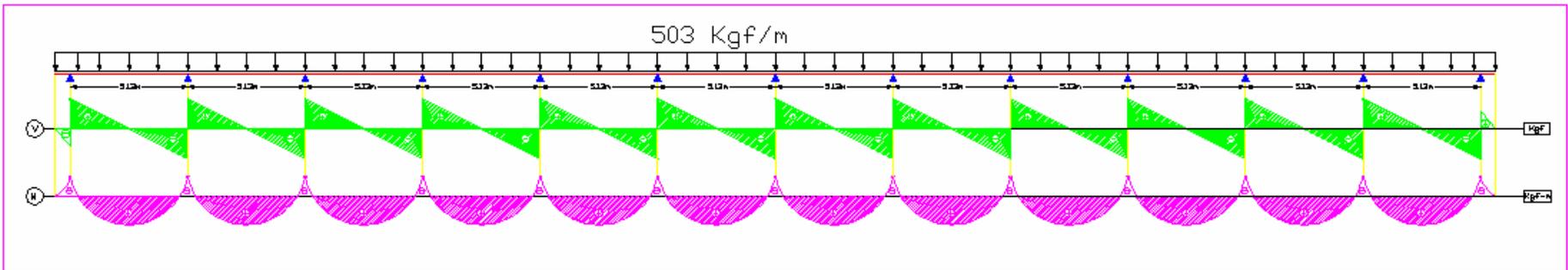
$$A_s = \frac{480 \cdot 100}{0.9 \cdot 2800 \cdot 0.9882 \cdot 17.5} = 1.10\text{cm}^2$$

$$A_s \text{ en c/nervio} = 2 \phi 1/2'' = 2.53\text{cm}^2$$

Solicitaciones a Momento = OK.

Losa de Nivel 1. Nervada de Espesor 25cm, Momento⁺=690Kgf-m.

Losa e=25cm, Mmax(+)=690Kg-m, Max(-)=1200Kg-m



Datos:

$f'_c=180\text{Kg/cm}^2$, $r_c=2.50\text{cm}$, $f_y=2800\text{Kg/cm}^2$, $\emptyset=0.9$, $\beta_1=\beta_3=0.85$, $\beta_2=\beta_1/2=0.425$, $E=2.1 \times 10^6$, $\xi_u=0.003$

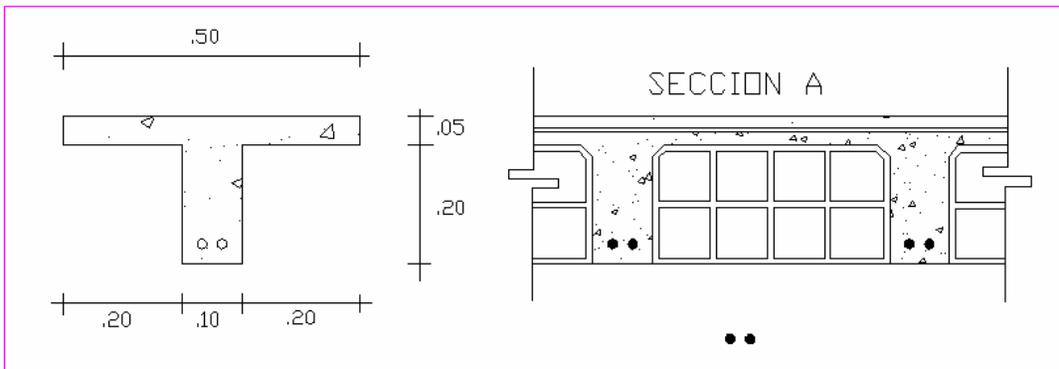
$\xi_s = f_y/E=0.00133$, $d=22.5\text{cm}$, $b=50\text{cm}$, $W_{bal}=\beta_1 \times \beta_3 \times \xi_u / (\xi_u + \xi_s)=0.504$, $W_{max}=0.75 \times W_{bal} = 0.369$

Tablas pág. 77 Flujograma de Concreto: $Miu_{max}=0.26$, $J_{u\ max}=0.7829$, luego:

$Miu_{act} = 0.0265$, y del flujograma (p-77) tenemos: $W_{act}=0.017$, $J_{u\ act}=0.9900$, $K_u=0.041$

$\beta_1 \times K_u \times d=0.45\text{cm}$, Trabaja como Sección Rectangular. $Miu_{max} > Miu_{act} \rightarrow$ Falla en Tracción

Dimensiones y Sección Transversal de Losa 25cm



$$A_s = \frac{690 \cdot 100}{0.9 \cdot 2800 \cdot 0.9900 \cdot 22.5} = 1.23\text{cm}^2$$

As en planos = 2 Ø5/8”=3.95cm²
Solicitaciones a momento= OK