

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DEL INSTITUTO BOTÁNICO “DR. TOBÍAS LASSER”, UBICADO EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE CARACAS.

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por la Br.:

Osuna Sórsen, Melanie Alexandra

Para optar el Título de

Ingeniero Civil.

Caracas, 2015

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DEL INSTITUTO BOTÁNICO “DR. TOBÍAS LASSER”, UBICADO EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE CARACAS.

TUTOR ACADÉMICO: Prof. María Eugenia Korody

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por la Br.:

Osuna Sórsen, Melanie Alexandra

Para optar el Título de

Ingeniero Civil.

Caracas, 2015

ACTA

El día 28 de octubre de 2015 se reunió el jurado formado por los profesores:

María Eugenia Korody

Budimir Spasic

Norberto Fernández

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DEL INSTITUTO BOTÁNICO "DR. TOBIÁS LASSER", UBICADO EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE CARACAS."

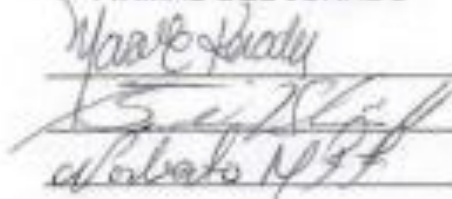
Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de INGENIERO CIVIL.

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

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Melanie A. Osuna S.	20	VEINTE

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO



Caracas, 28 de octubre de 2015

DEDICATORIA

A mis padres, por ser un ejemplo a seguir, por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de los años. Por darme todas las herramientas necesarias para convertirme en quien soy hoy. Por el sacrificio que han hecho por siempre querer un mejor futuro para mí.

A mis tíos por convertirse en unos segundos padres para mí, por la paciencia que me han tenido (sé que no es fácil) y por todo el apoyo que me han dado en los momentos que más los he necesitado.

A mi hermano, que a pesar de que ahora nos separan miles de kilómetros sé que siempre cuento con su apoyo incondicional, además de ser mi ejemplo de constancia y esfuerzo.

A quienes hoy por hoy ya no me acompañan en este mundo pero que desde el cielo cuidan de mí y son mi guía. ¡Abuelo ya no falta casi nada!

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen, por acompañarme en todo momento, guiar mis pasos y darme la fuerza que necesité en los momentos más difíciles.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, por ser un segundo hogar durante los años de carrera, porque en sus pasillos, jardines y salones viví experiencias que estarán presentes por siempre; a todos sus profesores, por darme los conocimientos necesarios para formarme como mejor persona y profesional.

A la profesora María Eugenia Korody por la confianza brindada, por su empeño incansable en hacer las cosas bien y hacer de nuestra Universidad un lugar mejor, y por supuesto por todo el apoyo y los conocimientos brindados no sólo durante la realización de este Trabajo Especial de Grado sino durante toda la carrera.

Al personal que labora en la Casona Ibarra, por su buena disposición y el apoyo brindado durante la realización de este Trabajo Especial de Grado.

Al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, en especial al profesor Cesar Peñuela y a Roberto Burgos por su colaboración en la realización de los ensayos necesarios.

Al personal que labora en el Instituto Botánico, por ser siempre tan receptivos y atentos, por toda la colaboración y el apoyo brindado siempre que fue necesitado.

A los profesores Norberto Fernández y Budimir Spasic, por su ayuda y por responder a mis inquietudes siempre con la mejor disposición.

A mis compañeros y amigos: Antonio, Jenessis, Mariana, Anyela, Redescar y José Ricardo, por su apoyo en todo momento, por su ayuda en los innumerables retos en estos últimos años y en especial durante la realización de este Trabajo Especial de Grado.

A mi novio, Hector, por su paciencia, apoyo y comprensión a lo largo de los años. Gracias por ser ese apoyo incondicional siempre, por escucharme, entenderme y ayudarme en cada momento que lo necesito. Por acompañarme y ayudarme en cada etapa de la realización de este Trabajo Especial de Grado. ¡Mil Gracias!

Finalmente quiero agradecerle a mi familia, pieza fundamental en mi desarrollo personal y profesional.

A mis padres, sin ustedes no lo habría logrado, gracias por darme los valores y la educación para convertirme en la persona que soy hoy, por ser un apoyo fundamental a lo largo de los años, por presionarme cuando hacía falta y por todo el amor que me dan.

A mis tíos Sigrid y Gomes, mis segundos papas, gracias por todo el apoyo brindado desde siempre, por su cariño y comprensión.

A mi hermano, por siempre estar. ¡Manito ya somos casi colegas!

Osuna S, Melanie A.

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL
EDIFICIO DEL INSTITUTO BOTANICO “DR. TOBÍAS LASSER”,
UBICADO EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE CARACAS.**

Tutor Académico: Prof. María Eugenia Korody.

Proyecto del Trabajo Especial de Grado.

**Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.
Escuela de Ingeniería Civil. 2015, n° pág. 167**

Palabras Clave: Patrimonio Mundial, Universidad Central de Venezuela, Jardín Botánico, sismorresistencia, evaluación estructural, Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser”, COPRED, Ciudad Universitaria de Caracas.

RESUMEN

Esta investigación plantea la necesidad de conocer el posible comportamiento estructural de los edificios que conforman el Instituto Botánico de Caracas “Dr. Tobías Lasser” ante un evento sísmico, y si cumple con los requerimientos que exigen las normas COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes” y FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”. El Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser” es de gran importancia, ya que forma parte fundamental de la declaración de la Ciudad Universitaria de Caracas como Patrimonio Mundial de la Humanidad y es necesario velar por su conservación.

Para llevar a cabo el análisis estructural, se realizó una inspección visual de la edificación para determinar daños y elementos estructurales no contemplados en el diseño original (basado en los planos suministrados por el Consejo de Preservación y Desarrollo); posteriormente, se propuso un modelo estructural de la edificación en estudio en el programa ETABS para así poder estimar el comportamiento sísmico del edificio según las normas COVENIN 1756:2001-1 y FONDONORMA 1753:2006. Dicho comportamiento se pudo contrastar con los requerimientos de la normativa nacional.

A partir de los resultados de la inspección visual de los elementos y daños estructurales de la edificación, se pudo observar que los módulos estudiados no presentan elementos estructurales adicionales que no estuvieran concebidos en el diseño original, pero si existe la presencia de grietas y humedad en algunos de ellos. Los ensayos no destructivos permitieron concluir que las columnas y vigas

estudiadas cumplen en su mayoría con lo establecido en los planos, incluso algunas de ellas presentan separaciones menores en sus aceros transversales. Acorde al detallado de la estructura se observó que no se satisfacen los requisitos normativos de incidencia sismorresistente contemplados en la norma FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” para el nivel de diseño ND1.

Se comprobó que para todos los modelos analizados aproximadamente el 4.2% de las vigas verificadas presentan una sección insuficiente en al menos una de las zonas evaluadas de cada una de ellas, el 17.5% cumplen con el área de acero requerida, mientras que el 78.3% restante presenta una falta de acero en al menos una de las zonas evaluadas. Ninguna de las columnas estudiadas son capaces de resistir las solicitaciones a las cuales estarían sometidas en caso de la ocurrencia de un sismo como el de diseño, ya que en todas ellas se constató que el factor de resistencia (demanda/capacidad) excede a la unidad (1.00).

Del análisis sismorresistente se puede concluir que los edificios que conforman el Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser” ubicado en el Jardín Botánico de Caracas y parte fundamental de la declaración como Patrimonio Mundial de la Humanidad de la Ciudad Universitaria de Caracas, no cumplen con los requerimientos mínimos exigidos por las Normas de Venezuela. Adicionalmente, se presume que los elementos estructurales no están en condiciones de resistir las solicitaciones generadas por un sismo como el establecido en la Norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN	2
I.1. Planteamiento del problema	2
I.2. Objetivos.....	4
I.2.1. Objetivo General	4
I.2.2. Objetivos Específicos	4
I.3. Justificación	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	6
II.1. Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura (UNESCO).....	6
II.2. Patrimonio de la Humanidad.....	7
II.2.1. Patrimonio Cultural.....	7
II.2.2. Patrimonio Natural.....	8
II.3. Criterios para la declaración de Patrimonio Mundial Cultural	8
II.4. Consejo de preservación y desarrollo de la Universidad Central de Venezuela (COPRED)	10
II.5. Historia de la Ciudad Universitaria de Caracas	11
II.6. Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser”	13
II.7. Sismos	15
II.7.1. Origen	15
II.7.2. Características	16
II.7.2.1. Hipocentro	16
II.7.2.2. Epicentro	17
II.7.2.3. Falla.....	17

II.7.3. Intensidad y Magnitud	18
II.7.4. Principales fallas en Venezuela.....	19
II.7.5. Sismos más resaltantes de Venezuela.	20
II.8. Criterios para la determinación del estado de los elementos estructurales	21
II.8.1. Porosidad del concreto.....	22
II.8.2. Humedad.....	22
II.8.3. Pérdida de Recubrimiento.....	22
II.8.4. Corrosión.....	22
II.8.5. Grietas y / o fisuras	22
II.8.6. Desprendimiento de mosaicos	24
II.9. Ensayo no destructivo.....	25
II.10. Programas de computación para el análisis estructural.....	26
II.11. Normativa	26
CAPÍTULO III MÉTODO.....	29
III.1. Fase I Recopilación Bibliográfica.....	29
III.2. Fase II Compilación de los planos del edificio en estudio.....	29
III.3. Fase III Identificación del estado la estructura.....	30
III.4. Fase IV Modelado de la estructura	30
III.5. Fase V Comparación de la estructura modelada con las normas vigentes.	31
CAPÍTULO IV INFORMACIÓN PLANIMÉTRICA DE LA ESTRUCTURA	32
IV.1. Descripción general de la estructura	32
IV.2. Características de los elementos estructurales	38
IV.2.1. Losas	38

IV.2.2. Vigas.....	38
IV.2.3. Columnas.....	55
CAPÍTULO V IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA	58
V.1. Elementos no concebidos en el diseño original.....	58
V.2. Identificación de daños.....	58
V.2.1. Módulo de Aulas	59
V.2.2. Módulo de Dirección	62
V.2.3. Módulo del Herbario.....	66
V.2.4. Sistema de corredores.....	70
V.3. Ensayo no destructivo a vigas y columnas.....	76
CAPÍTULO VI RECÁLCULO DE LA ESTRUCTURA	80
VI.1. Determinación del método de análisis estructural	80
VI.2. Tipo de sistema estructural	82
VI.3. Cargas gravitacionales consideradas en el diseño	83
VI.3.1. Módulo de Aulas	83
VI.3.2. Módulo de Dirección	84
VI.3.3. Módulo del Herbario.....	85
VI.3.4. Sistema de Corredores.....	85
VI.4. Cargas accidentales.....	87
VI.4.1. Zonificación sísmica y coeficiente de aceleración horizontal	87
VI.4.2. Forma espectral y factor de corrección.....	88
VI.4.3. Clasificación según el uso de la edificación.....	89
VI.4.4. Nivel de Diseño.....	89
VI.4.5. Factor de reducción de respuesta (R).....	90

VI.4.5.1. Verificación de cuantías mínimas.....	91
VI.4.5.2. Verificación de diámetro mínimo de ligaduras.....	91
VI.4.5.3. Verificación de separación mínima de ligaduras	92
VI.4.6. Espectro de diseño	93
VI.5. Combinaciones de carga.....	95
VI.6. Modelado de la estructura	96
CAPÍTULO VII RESULTADOS DEL ANÁLISIS.....	102
VII.1. Peso de la estructura.....	102
VII.2. Corte Basal.....	103
VII.3. Derivas	108
VII.4. Análisis Modal	113
VII.5. Factor de resistencia de las columnas	114
VII.6. Acero longitudinal de las vigas	122
CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
VIII.1. Conclusiones.....	146
VIII.2. Recomendaciones.....	149
REFERENCIAS.....	150
ANEXOS	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Posibles causas de grietas y fisuras. Fuente: Astorga & Rivero (2009). Adaptado por: Melanie Osuna.....	23
Tabla 2. Clasificación de daños. Fuente: Arrieche (2014). Adaptado por: Melanie Osuna.....	24
Tabla 3. Disposición del acero longitudinal y transversal de las vigas - Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración Propia.	39
Tabla 4. Disposición del acero longitudinal y transversal de las vigas - Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración Propia.	42
Tabla 5. Disposición del acero longitudinal y transversal de las vigas - Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración Propia.	45
Tabla 6. Disposición del acero longitudinal y transversal de las vigas - Corredor inferior. Fuente: Elaboración Propia	50
Tabla 7. Disposición del acero longitudinal y transversal de las vigas - Corredor superior. Fuente: Elaboración Propia	52
Tabla 8. Información de tipos de columnas existentes. Fuente: Elaboración propia.	55
Tabla 9. Tipos de columna y ubicación. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 10. Daños observados en el módulo de Aulas. Losas. Fuente: Elaboración Propia.....	59
Tabla 11. Daños observados en el módulo de Aulas. Columnas. Fuente: Elaboración Propia.....	59

Tabla 12. Daños observados en el módulo de Aulas. Paredes. Fuente: Elaboración Propia.....	60
Tabla 13. Daños observados en el módulo de Dirección. Losas. Fuente: Elaboración propia.....	63
Tabla 14. Daños observados en el módulo de Dirección. Columnas. Fuente: Elaboración propia.....	63
Tabla 15. Daños observados en el módulo de Dirección. Paredes. Fuente: Elaboración propia.....	64
Tabla 16. Daños observados en el módulo del Herbario. Losas. Fuente: Elaboración propia.....	66
Tabla 17. Daños observados en el módulo del Herbario. Columnas. Fuente: Elaboración propia.....	67
Tabla 18. Daños observados en el módulo del Herbario. Paredes. Fuente: Elaboración propia.....	68
Tabla 19. Daños observados en el sistema de corredores. Losas. Fuente: Elaboración Propia.....	70
Tabla 20. Daños observados en el sistema de corredores. Columnas. Fuente: Elaboración propia.....	72
Tabla 21. Daños observados en el sistema de corredores. Paredes y Vigas. Fuente: Elaboración propia.....	72
Tabla 22. Resultado del ensayo no destructivo a columnas. Fuente: Elaboración propia.....	76
Tabla 23. Resultado del ensayo no destructivo a vigas. Fuente: Elaboración propia.....	79

Tabla 24. Selección del método de análisis para edificios de estructura regular. Fuente: Norma COVENIN 1756:2001-1.	81
Tabla 25. Selección del método de análisis para edificios de estructura irregular. Fuente: Norma COVENIN 1756:2001-1.	81
Tabla 26. Cargas en losas. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	83
Tabla 27. Cargas distribuidas en vigas. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	84
Tabla 28. Cargas en losas. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	84
Tabla 29. Cargas distribuidas en vigas. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	84
Tabla 30. Cargas en losas. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	85
Tabla 31. Cargas distribuidas en vigas. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	85
Tabla 32. Cargas en losas. Sistema de corredores. Fuente: Elaboración propia. .	86
Tabla 33. Cargas distribuidas en vigas. Sistema de corredores. Fuente: Elaboración propia.	86
Tabla 34. Formas Espectrales y Factor de Corrección presentes en los suelos de la CUC. Fuente: Acero y Domínguez (2005).....	88
Tabla 35. Orientación para la selección de los niveles de diseño presentes. Fuente: COVENIN 1756:2001-1.....	89
Tabla 36. Requisitos normativos de Incidencia Sismorresistente. Fuente: Norma COVENIN 1756:2001-1.....	90

Tabla 37. Cuantía geométricas en columnas. Fuente: Elaboración propia.	91
Tabla 38. Verificación de diámetros mínimos de ligaduras. Fuente: Elaboración propia.	92
Tabla 39. Verificación de separación de ligaduras. Fuente: Elaboración propia. ...	93
Tabla 40. Valores de T^* , β , ρ para un espectro S2. Fuente: COVENIN 1756:2001-1.	94
Tabla 41. Datos para la elaboración del espectro de diseño. Fuente: Elaboración propia.	94
Tabla 42. Calidad de los materiales. Fuente: Elaboración propia.	97
Tabla 43. Peso del módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	102
Tabla 44. Peso del módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	102
Tabla 45. Peso del módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	102
Tabla 46. Peso del corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	102
Tabla 47. Peso del corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.	103
Tabla 48. Verificación del cortante basal. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	104
Tabla 49. Verificación del cortante basal. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	104
Tabla 50. Verificación del cortante basal. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	104
Tabla 51. Verificación del cortante basal. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	105

Tabla 52. Verificación del cortante basal. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.	105
Tabla 53. Verificación V_o/W . Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.....	107
Tabla 54. Verificación V_o/W . Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	107
Tabla 55. Verificación V_o/W . Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	108
Tabla 56. Verificación V_o/W . Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	108
Tabla 57. Verificación V_o/W . Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.	108
Tabla 58. Valores límites de deriva inelástica. Fuente: COVENIN 1756-2001-1.	109
Tabla 59. Valores límites recomendados de Deriva Normalizada. Fuente: Proyecto SismoCaracas.....	109
Tabla 60. Verificación de la deriva máxima. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	110
Tabla 61. Verificación de la deriva máxima. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	110
Tabla 62. Verificación de la deriva máxima. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	110
Tabla 63. Verificación de la deriva máxima. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	111
Tabla 64. Verificación de la deriva máxima. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.	111

Tabla 65. Verificación de separación de junta en corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	112
Tabla 66. Análisis modal del módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	113
Tabla 67. Análisis modal del módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	113
Tabla 68. Análisis modal del módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	113
Tabla 69. Análisis modal del corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	114
Tabla 70. Análisis modal del corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.	114
Tabla 71. Factor de resistencia de las columnas. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	115
Tabla 72. Factor de resistencia de las columnas. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	116
Tabla 73. Factor de resistencia de las columnas. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	117
Tabla 74. Factor de resistencia de las columnas. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	118
Tabla 75. Factor de resistencia de las columnas. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.	118
Tabla 76. Tabla resumen de factores de resistencia. Fuente: Elaboración propia.	120
Tabla 77. Resumen de factores de resistencia para cargas de servicio- Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración Propia.	121

Tabla 78. Factores de resistencia para distintas acciones sísmicas. Fuente: Elaboración propia.	122
Tabla 79. Verificación de áreas de acero. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	123
Tabla 80. Verificación de áreas de acero. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	125
Tabla 81. Verificación de áreas de acero. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	128
Tabla 82. Verificación de áreas de acero. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	134
Tabla 83. Verificación de áreas de acero. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.	135
Tabla 84. Verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	140
Tabla 85. Resumen de verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	140
Tabla 86. Verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	141
Tabla 87. Resumen de verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	141
Tabla 88. Verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	142
Tabla 89. Resumen de verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	142

Tabla 90. Verificación de acero longitudinal según dirección. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	143
Tabla 91. Resumen de verificación de acero longitudinal según dirección. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	143
Tabla 92. Verificación de acero longitudinal según dirección. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.	144
Tabla 93. Resumen de verificación de acero longitudinal según dirección. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.....	144
Tabla 94. Validación total de las vigas del Instituto Botánico. Fuente: Elaboración propia.	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Instituto Botánico "Dr. Tobías Lasser". Fuente: UCV (2009). Adaptación: Melanie Osuna.	13
Figura 2. Módulos del edificio del Instituto Botánico "Dr. Tobías Lasser". Fuente: (UCV, 1999). Adaptación: Melanie Osuna	14
Figura 3. Placas tectónicas en su configuración actual. Fuente: Alonso G., (2012)	16
Figura 4. Clasificación de las fallas según su geometría. Fuente: Alonso G. (2012)	18
Figura 5. Sistemas de fallas más importantes en Venezuela. Fuente: Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS (2015). Adaptado por: Melanie Osuna.	20
Figura 6. Ubicación de los sismos de mayor relevancia en Venezuela. Fuente: Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS (2005).	21
Figura 7. Módulos y sistema de corredores del edificio del Instituto Botánico "Dr. Tobías Lasser". Fuente: (UCV, 1999). Adaptado por: Melanie Osuna	32
Figura 8. Corredor inferior y junta de construcción. Distribución en planta. Fuente: Elaboración Propia	33
Figura 9. Módulo de Aulas. Distribución en planta. Fuente: Elaboración Propia. ...	34
Figura 10. Módulo de Dirección. Distribución en planta Fuente: Elaboración Propia.	34
Figura 11. Módulo del Herbario. Distribución en planta Fuente: Elaboración Propia.	35

Figura 12. Corredor inferior (Parte 1). Distribución en planta. Fuente: Elaboración Propia.....	35
Figura 13. Corredor inferior (Parte 2). Distribución en planta. Fuente: Elaboración Propia.....	36
Figura 14. Corredor superior. Distribución en planta Fuente: Elaboración Propia.	36
Figura 15.Vista Eje 10 - Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración Propia.	37
Figura 16. Vista Eje C - Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración Propia.	37
Figura 17. Sección Transversal - Losa nervada. Fuente: Elaboración Propia.....	38
Figura 18. Viga acartelada - Pórticos 10, 9, 8, 4 y 2. Entre ejes (M-L) – Módulo del Herbario. Fuente: Colección CUC-ICU COPRED/UCV.....	39
Figura 19. Viga acartelada - Eje 6 (M-L') – Módulo del Herbario. Fuente: Colección CUC-ICU COPRED/UCV.	39
Figura 20. Mapa de daños - Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración Propia.	61
Figura 21. Grieta separación pared-columna y pared-viga. Fuente: Fotografía capturada el día 26-05-2015.	62
Figura 22. Mapa de daños - Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia. ...	65
Figura 23. Separación Parasol-Columna y Parasol-Techo. Fuente: Fotografía capturada el día 16-06-2015.	66
Figura 24. Mapa de daños - Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia. ...	70
Figura 25. Mapa de daños. Sistema de corredores - Corredor inferior (Parte 1). Fuente: Elaboración propia	73

Figura 26. Mapa de daños. Sistema de corredores - Corredor inferior (Parte 2). Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 27. Mapa de daños. Sistema de corredores - Corredor superior. Fuente: Elaboración propia.	75
Figura 28. Grieta por separación pared-columna. Fuente: Fotografía capturada el día 26-05-2015.....	77
Figura 29. Armado de la columna L18. Fuente: Imagen capturada por el Ferroskan en ensayo del día 28-07-2015.....	78
Figura 30. Irregularidad en planta - Corredor inferior (Parte 1). Fuente: Elaboración propia.	80
Figura 31. Irregularidad en planta - Corredor inferior (Parte 2). Fuente: Elaboración propia.	81
Figura 32. Mapa de zonificación sísmica. Fuente: COVENIN 1756:2001-1. Adaptado por: Melanie Osuna.	88
Figura 33. Espectro de diseño y de respuesta elástica. Fuente: Elaboración Propia.	95
Figura 34. Vista 3D, en planta y corte del eje F. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.	99
Figura 35. Vista 3D, en planta y corte del eje L. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.	99
Figura 36. Vista 3D, en planta y corte del eje 8. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.	100
Figura 37. Vista 3D, en planta y corte del eje G. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.	100

Figura 38. Vista 3D, en planta y corte del eje I. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.	101
Figura 39. Diagrama de cortantes de piso. Corredor inferior y superior. Fuente: ETABS v.2015.....	106
Figura 40. Diagramas de cortantes de piso corregidos. Fuente: ETABS v.2015.	106

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Especial de Grado surge por la necesidad de conocer el posible comportamiento estructural de los edificios que conforman el Instituto Botánico de Caracas ante un evento sísmico, y si el mismo cumple con los requerimientos que exigen las normas COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes” y FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”.

El Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser” es de gran importancia, ya que forma parte fundamental de la declaración de la Ciudad Universitaria de Caracas como Patrimonio Mundial de la Humanidad y es necesario velar por su conservación.

Para llevar a cabo el análisis estructural, primero se realizó una inspección visual de la edificación para determinar daños y elementos estructurales no contemplados en el diseño original (basado en los planos suministrados por el Consejo de Preservación y Desarrollo). Posteriormente, se propuso un modelo estructural de la edificación en estudio en el programa ETABS para así poder estimar el comportamiento sísmico del edificio según las normas COVENIN 1756:2001-1 y FONDONORMA 1753:2006. Dicho comportamiento se contrastó con los requerimientos de la normativa nacional.

Los resultados de este trabajo permitirán posteriormente realizar investigaciones y tomar acciones para reducir la vulnerabilidad de la estructura ante un evento sísmico así como acometer acciones en pro de su mantenimiento y conservación.

CAPÍTULO I FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN

I.1. Planteamiento del problema

La Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) es la máxima obra del Arquitecto Carlos Raúl Villanueva, y ha sido reconocida mundialmente por su alto valor arquitectónico. Se comenzó a construir a principios de la década de los años 40 con el objeto de ser la nueva sede de la Universidad Central de Venezuela (UCV) y se convirtió en el único Campus universitario a nivel mundial diseñado en el siglo XX por un solo Arquitecto. Por ser considerada una obra maestra y un ejemplo excelente de realización coherente de los ideales urbanos, arquitectónicos y artísticos del siglo XX; fue declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad, por la UNESCO en el año 2000.

El Jardín Botánico de Caracas, formó parte del proyecto original de la Ciudad Universitaria de Caracas y actualmente es sede de la Fundación Instituto Botánico de Venezuela “Dr. Tobías Lasser”. Inició su construcción en 1945 y abrió sus puertas en 1958. En el año 1969 la UCV fue objeto de un allanamiento militar y el Jardín Botánico pasó a ser dependiente del Ministerio del Ambiente; y no es sino hasta el año 2000 que se devuelve el control del mismo a la Universidad Central de Venezuela. El Jardín Botánico representa una pieza fundamental y de gran importancia en la declaración de Patrimonio Cultural de la Humanidad, debido a que la UNESCO luego de una evaluación realizada a la Ciudad Universitaria de Caracas solicitó su inclusión.

En Venezuela, la actividad sísmológica representa uno de los mayores riesgos de pérdidas humanas y económicas. La sismicidad en Venezuela está relacionada con la actividad en las fallas que cruzan el país, generando zonas de alta amenaza sísmica. Para la época en que la CUC fue construida, no se contaba con los conocimientos exhaustivos ni las herramientas necesarias para el diseño sismorresistente de estructuras, apenas en el año 1982 entra en vigencia la norma COVENIN 1756 “Edificaciones antisísmicas”, la cual surge a raíz del terremoto de Caracas en el año 1967. Dicha norma es mejorada en el año 1998 y revisada en el año 2001, para entrar en vigencia como la norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”, la

cual es la que actualmente rige el diseño de estructuras sismorresistentes a nivel nacional.

El mapa de zonificación sísmica de la norma COVENIN 1756:2001-1, contempla varias zonas de distinto peligro sísmico en todo el país, la Zona 0 es la zona de menor peligro y la Zona 7 la de mayor; Caracas se encuentra en la Zona 5, lo cual representa un elevado peligro sísmico.

Considerado lo expuesto anteriormente, surge la necesidad de conocer cómo podría ser el comportamiento estructural de los edificios que conforman el Instituto Botánico de Caracas ante un evento sísmico, y si cumple con los requerimientos que exigen las normas COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes” y FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”.

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo General

Analizar el comportamiento estructural del Edificio del Instituto Botánico "Dr. Tobías Lasser", ubicado en el Jardín Botánico de Caracas.

I.2.2. Objetivos Específicos

- I.2.2.1 Identificar los elementos estructurales no contemplados en el diseño original.
- I.2.2.2 Identificar el estado actual de los elementos estructurales.
- I.2.2.3 Proponer un modelo estructural de la edificación en estudio en el programa ETABS.
- I.2.2.4 Estimar el comportamiento sísmico del edificio según las normas COVENIN 1756:2001-1 y FONDONORMA 1753:2006 en base al modelo generado.
- I.2.2.5 Contrastar el comportamiento modelado del edificio con los requerimientos vigentes de las normas COVENIN 1756:2001-1 y FONDONORMA 1753:2006.

I.3. Justificación

Este Trabajo Especial de Grado nace de la necesidad de conocer el posible comportamiento estructural de los edificios que conforman el Instituto Botánico de Caracas ante un evento sísmico, y si el mismo cumple con los requerimientos que exigen las normas de Venezuela.

En la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela se ha creado la línea de investigación “EVALUACIÓN SISMORRESISTENTE DE EDIFICACIONES”, ejecutada a través del departamento de Ingeniería Estructural, la cual tiene como finalidad, entre otras cosas, estudiar el comportamiento estructural de las edificaciones que conforman la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC).

El edificio del Instituto Botánico "Dr. Tobías Lasser" es de uso educacional, de investigación y extensión, y una falla estructural en el mismo podría acarrear pérdida de vidas y cuantiosos recursos informativos. Este trabajo de investigación es de gran importancia, ya que proveerá de conocimiento relevante para proteger a las personas que circulan dentro de la edificación diariamente, así como las valiosas colecciones botánicas que conserva.

A partir de los resultados del análisis sismorresistente se podrá conocer el comportamiento de las edificaciones ante un sismo, posteriormente se podrán realizar investigaciones y tomar acciones para reducir la vulnerabilidad de la estructura.

Este edificio además es de gran importancia, ya que forma parte fundamental de la declaración de la Ciudad Universitaria de Caracas como Patrimonio Mundial de la Humanidad y es necesario velar por su conservación. Este Trabajo Especial de Grado representa un aporte en cuanto a identificar el estado actual de la estructura y su posible vulnerabilidad para idear posibles planes de recuperación.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

II.1. Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura (UNESCO)

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) se fundó el 16 de noviembre de 1945, sin embargo, su constitución entra en vigor en el año 1946. La organización tiene 195 miembros y ocho miembros asociados, su sede principal se encuentra en París y cuenta además con 50 oficinas fuera de la sede. (UNESCO, 2009)

La misión de la UNESCO consiste en contribuir a la consolidación de la paz, la erradicación de la pobreza, el desarrollo sostenible y el diálogo intercultural mediante la educación, las ciencias, la cultura, la comunicación y la información. La UNESCO obra por preservar la insustituible riqueza de la humanidad: su diversidad y patrimonio común. La organización ha adoptado un conjunto de convenciones para garantizar la protección y salvaguardia del patrimonio común de la humanidad en sus formas material e inmaterial: (UNESCO, 2009)

- II.1.1. La Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial: aprobada en 2003, trata de las expresiones culturales que se transmiten en el seno de las comunidades. En la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad, establecida por la Convención, figuran docenas de ejemplos de cultura tradicional y folclore.
- II.1.2. La Convención sobre la Protección del Patrimonio Cultural Subacuático: entró en vigor en enero de 2009. Aspira a proteger del saqueo y la destrucción los bienes culturales de sitios arqueológicos subacuáticos.
- II.1.3. La Convención para la Protección de los Bienes Culturales en caso de Conflicto Armado: aprobada en 1954, y su Segundo Protocolo, de 1999, ayudan a reconstruir comunidades devastadas, restablecer sus identidades y vincular su pasado con su presente y futuro.

II.1.4. La Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural: aprobada en 1972, condujo a la creación de la Lista del Patrimonio Mundial que, en junio de 2009, comprendía 890 sitios del patrimonio cultural y natural de valor excepcional.

II.2. Patrimonio de la Humanidad

La declaración de bienes como Patrimonio Mundial es un reconocimiento que otorga la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) a los sitios que poseen un valor universal excepcional. Por medio de esta distinción se califican estos bienes como universales, y su disfrute, protección y cuidado pasa a ser reconocido por todos los pueblos del mundo, independientemente del territorio en el que estén localizados. Gracias a esta convención se ha podido proteger sitios con valor cultural o valor natural que se hubieran deteriorado o desaparecido debido a la falta de recursos para preservarlos. (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Gobierno de España, s/f)

En el artículo 1 y 2 de la convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, celebrada por la UNESCO en 1972 se definen dos tipos de patrimonio: (UNESCO, 1972)

II.2.1. Patrimonio Cultural

II.2.1.1 *Los monumentos:* obras arquitectónicas, de escultura o de pinturas 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.

II.2.1.2 *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.

II.2.1.3 *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.

II.2.2. Patrimonio Natural

- II.2.2.1 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.
- II.2.2.2 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.
- II.2.2.3 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.

Actualmente hay 1007 bienes declarados Patrimonio Mundial, distribuidos en 161 países, 779 son bienes de carácter cultural, 197 de carácter natural y 31 mixtos (poseen valores naturales y culturales). La Ciudad Universitaria de Caracas, es declarada Patrimonio Mundial Cultural en el año 2000. (UNESCO, 2015)

II.3. Criterios para la declaración de Patrimonio Mundial Cultural

Para ser incluidos en la Lista del Patrimonio Mundial Cultural, los bienes deben tener un valor universal excepcional y cumplir por lo menos, con uno de los seis criterios de selección: (UNESCO, 2005)

- II.3.I. Representar una obra de arte del genio creador humano.
- II.3.II. Atestiguar un intercambio de influencias considerable, durante un período concreto o en un área cultural o determinada, en los ámbitos de la arquitectura o la tecnología, las artes monumentales, la planificación urbana o la creación de paisajes.
- II.3.III. Aportar un testimonio único, o al menos excepcional, sobre una tradición cultural o una civilización viva o desaparecida.
- II.3.IV. Constituir un ejemplo eminentemente representativo de un tipo de construcción o de conjunto arquitectónico o tecnológico, o de paisaje que ilustre uno o varios períodos significativos de la historia humana.

- II.3.V. Ser un ejemplo eminente de formas tradicionales de asentamiento humano o de utilización tradicional de las tierras o del mar, representativas de una cultura (o de culturas), o de la interacción entre el hombre y su entorno natural, especialmente cuando son vulnerables debido a mutaciones irreversibles.
- II.3.VI. Estar directa o materialmente asociado con acontecimientos o tradiciones vivas, con ideas, creencias u obras artísticas y literarias que tengan un significado universal excepcional. (El Comité considera que este criterio debería ser utilizado preferiblemente de manera concomitante con otros criterios).

En junio de 1997, un grupo de profesores e investigadores de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV, junto a un equipo multidisciplinario, constituyen el Proyecto “Ciudad Universitaria de Caracas - Patrimonio”, bajo la coordinación de la Arquitecto Ana María Marín y cuya misión era elaborar el expediente de postulación de la CUC ante el Comité de Patrimonio Mundial de la UNESCO. (UCV, 2009)

Dicho expediente se consigna el 1 de julio de 1999 en el Centro de Patrimonio Mundial de UNESCO, en París. En enero de 2000 la UNESCO envía a la experta mexicana Louise Noelle Gras, para que realizara una evaluación in situ del bien postulado, de esa visita se recomienda la creación de un organismo centralizado que garantice un plan de gestión y la toma de decisiones, así como incluir al Jardín Botánico en la solicitud de postulación. El punto más vulnerable de la postulación es demostrar la voluntad y capacidad para preservar el bien. Por ello, el Consejo Universitario de la UCV creó en octubre, el Consejo de Preservación y Desarrollo (COPRED); para ese momento aún inoperante y sin presupuesto. Por otro lado, la Presidencia de la República restituye la propiedad del Jardín Botánico nuevamente a la UCV, lo que permite su inclusión en la solicitud. (UCV, 2009)

El 30 de noviembre de 2000, en la ciudad de Cairns, Australia, concluye el proceso de evaluación del Comité de Patrimonio Mundial, en su XXIV edición, inscribiendo a la CUC en la lista de Patrimonio Mundial, de conformidad con los términos de la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la UNESCO. (UCV, 2009)

La Ciudad Universitaria de Caracas queda formalmente inscrita como Patrimonio Mundial el 2 de diciembre de 2000 en base a los siguientes criterios: (UNESCO, 2001)

Criterio I: Representar una obra de arte del genio creador humano.

Criterio IV: Constituir un ejemplo eminentemente representativo de un tipo de construcción o de conjunto arquitectónico o tecnológico, o de paisaje que ilustre uno o varios períodos significativos de la historia humana.

II.4. Consejo de preservación y desarrollo de la Universidad Central de Venezuela (COPRED)

Gestado por los reconocimientos nacionales de la Ciudad Universitaria de Caracas y por requerimiento de la UNESCO a fines de la Declaratoria Mundial de este bien, se creó el Consejo de Preservación y Desarrollo (COPRED), producto de la necesidad de reorganizar funciones, actividades y atribuciones que en materia de planta física se encontraban fragmentadas y dispersas. Entra en operación en el 2001 y su misión es preservar y desarrollar todo el patrimonio edificado, artístico y natural de la Universidad Central de Venezuela, así como difundir sus valores culturales en concordancia de su propia dinámica. Igualmente, está orientado a garantizar a las generaciones, presentes y futuras, el aprovechamiento y disfrute del patrimonio cultural de la UCV, así como la transmisión y conservación de los valores tangibles en él representados mediante una gestión institucional orientada al largo plazo y vinculada a criterios de sostenibilidad para reglamentar y fomentar procesos de recuperación y adecuación de la planta física con una visión integral de su problemática y administración. (UCV, 2009)

El COPRED tiene a su cargo velar por la preservación, valorización, apropiación social, difusión y desarrollo del patrimonio cultural de la UCV, con especial énfasis en la Ciudad Universitaria de Caracas, dado su carácter de Patrimonio Mundial. El COPRED cuenta con diez (10) programas permanentes orientados hacia tres (3) áreas estratégicas de acción: Preservación y desarrollo; Promoción y apropiación social; y mantenimiento integral. Estas líneas de trabajo las dirige el COPRED con el afán de involucrar estudiantes, profesores y/o profesionales especializados en un área para trabajar a

través de pasantía, asistencias técnicas o proyectos multidisciplinarios en conjunto: (UCV, 2009).

- Programa de Desarrollo Institucional.
- Programa de Gestión del Capital Humano.
- Programa de Captación de Recursos Económicos.
- Programa de Promoción y Difusión.
- Programa Apropiación Social.
- Programa de Conservación de Bienes Patrimoniales.
- Programa de Mantenimiento Integral.
- Programa de Reducción de Vulnerabilidad.
- Programa de Consolidación del Borde.
- Programa de Asesoramiento y Asistencia Técnica.

Es en el programa de reducción de vulnerabilidad en donde están enmarcados los trabajos de grado, que al igual que el presente, siguen esta línea de investigación.

II.5. Historia de la Ciudad Universitaria de Caracas

El origen de la Universidad Central de Venezuela (UCV), se remonta a la fundación de la Real y Pontificia Universidad de Caracas por decreto del Rey de España, Felipe V, en 1721, esta tenía como sede el Seminario de Santa Rosa de Lima. Para el año 1856 la Universidad se independizó del Seminario, al trasladar sus dependencias al viejo edificio que había ocupado en tiempos de la Colonia el Convento de San Francisco. (FAU-UCV, s/f)

El acelerado incremento en el número de la población estudiantil, el problema de la dispersión de sus dependencias y sus consecuencias en 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 Caracas.

En 1942 comenzaron los estudios para la nueva Ciudad Universitaria de Caracas y para su principal elemento ordenador, el Hospital Clínico Universitario. 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, por considerar que reunía ésta las mejores condiciones topográficas y una futura localización como centro geográfico de la ciudad. (FAU-UCV, s/f)

En 1944 se inició la construcción del urbanismo de la Ciudad Universitaria. El proyecto original para su construcción se dividió en once (11) zonificaciones fundamentales, las cuales se describen a continuación: (FAU-UCV, s/f)

Zona 1: Construida entre los años 1952 y 1953, comprende las edificaciones del Centro Directivo-Cultural, y la plaza aérea (Tierra de nadie).

Zona 2: Construida entre los años 1945 y 1960, comprende las edificaciones de la Facultad de Medicina, Facultad de Farmacia y la Facultad de Odontología.

Zona 3: Construida entre los años 1949 y 1979, comprende las edificaciones de la Facultad de Humanidades, Facultad de Ingeniería y la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.

Zona 4: Construida entre los años 1948 y 1952, comprende las edificaciones de vivienda, que actualmente son utilizados con fines educacionales.

Zona 5: Construida entre los años 1945 y 1957, comprende la edificación del Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser” y el Jardín Botánico.

Zona 6: Construida entre los años 1954 y 1956, comprende la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Zona 7: Construida entre los años 1949 y 1960, comprende las instalaciones deportivas (estadios, piscina, dirección de deporte, gimnasio de entrenamiento).

Zona 8: Construida entre los años 1946 y 1956, comprende las edificaciones de la Escuela Técnica Industrial, actualmente la Facultad de Ciencias.

Zona 9: Construida en 1963, comprende el área de servicios, actualmente Escuela de Ingeniería Mecánica.

Zona 10: Construida entre los años 1949 y 1956, comprende el sistema de circulación peatonal (pasillos cubiertos, pasillos de unión, conchas de acceso).

Zona 11: Nunca fue construida, comprendía una unidad residencial en zona rental, y un edificio central de uso administrativo.

II.6. Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser”

La edificación del Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser” se encuentra en el Jardín Botánico de Caracas, en el extremo norte de la CUC (Ver Figura 1). Su proyecto data de los años 1949 – 1952, su construcción se inició en el año 1952, para finalmente ser inaugurado en el año 1958. Este edificio alberga salones de clases, laboratorios, oficinas, una biblioteca y un patio acuático interno para el cultivo y estudio de plantas acuáticas. (UCV, 1999)

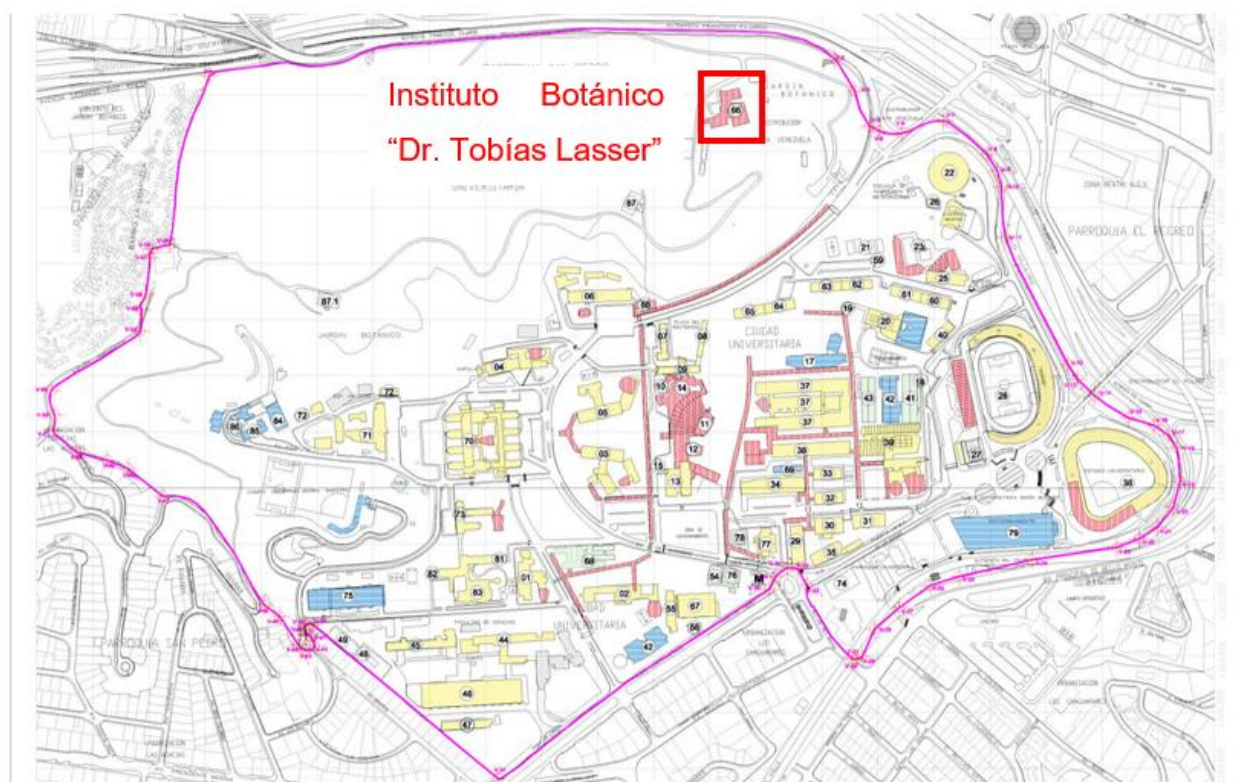


Figura 1. Ubicación del Instituto Botánico "Dr. Tobías Lasser". Fuente: UCV (2009). Adaptación: Melanie Osuna.

La edificación es una estructura realizada en concreto armado, su construcción está dividida en cuatro módulos, tres de ellos con un sistema constructivo de pórticos en ambas

direcciones, mientras que el cuarto módulo representa el auditorio; todos los módulos se conectan entre sí mediante corredores techados. (Ver Figura 2)

Para el momento de la postulación como Patrimonio Mundial de la Humanidad, los daños más frecuentes evidenciados en la estructura fueron de origen fisicoquímico, como la humedad (causada por infiltraciones), la corrosión y oxidación. Se evidenciaron también daños de origen mecánico, como fisuras en el piso del patio interno y en distintas fachadas. Entre todos los daños observados en esa revisión, aquellos de origen físico-químico no afectan la estructura significativamente, caso contrario a las fallas mecánicas observadas, las cuales están relacionadas con un problema mayor como lo es el asentamiento diferencial. La estructura para el momento del estudio fue calificada como una estructura en progresivo deterioro ya que la integridad de la misma se encuentra en riesgo. (UCV, 1999)

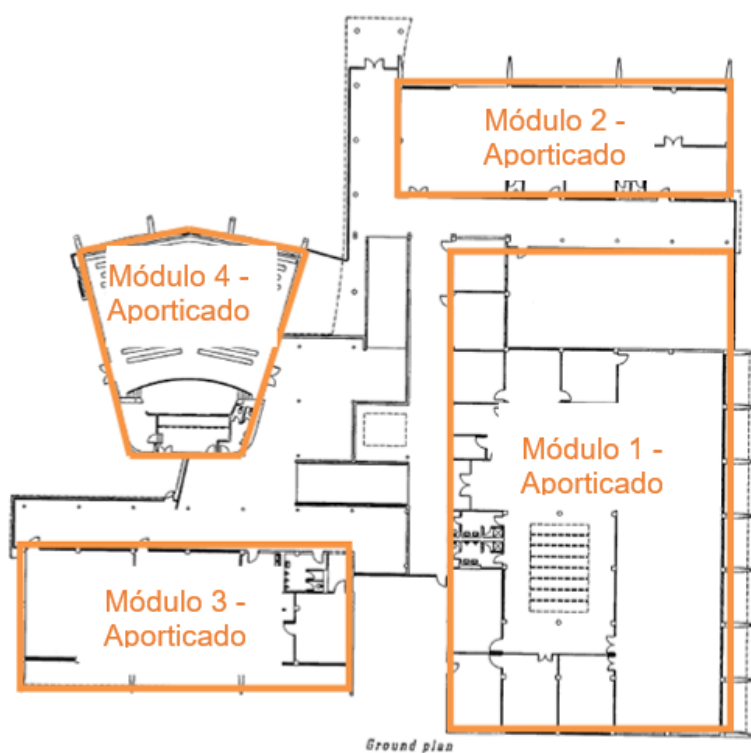


Figura 2. Módulos del edificio del Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser”. Fuente: (UCV, 1999).
Adaptación: Melanie Osuna

II.7. Sismos

Los sismos son vibraciones de la corteza terrestre, generadas por distintos fenómenos, como la actividad volcánica, la caída de techos de cavernas subterráneas y hasta por explosiones. Sin embargo, los sismos más severos y más importantes desde el punto de vista de la ingeniería son los de origen tectónico, que se deben a desplazamientos bruscos de las grandes placas en que está dividida la corteza terrestre. (Bazan & Meli, s/f)

II.7.1. Origen

Durante las décadas de los años cincuenta y sesenta, los grandes avances tecnológicos permitieron cartografiar en detalle el suelo oceánico. Estos estudios pusieron en evidencia la existencia de dorsales oceánicas que se caracterizan por un intenso volcanismo y por la presencia de actividad tectónica a grandes profundidades. (Alonso G., 2012)

La litósfera es la capa externa rígida de la tierra y está dividida en numerosos fragmentos denominados placas que están en constante movimiento y cuyas formas y tamaño cambian continuamente. (Alonso G., 2012).

La corteza de la tierra está dividida en 7 placas continentales y 14 placas de tamaño intermedio. Así las placas Africana, Sudamericana, Norteamericana, Euroasiática, Indo-Australiana, la placa Antártica y la placa del Pacífico son las continentales. Las placas del Caribe, Nazca, Cocos son sólo algunas de las placas de tamaño intermedio. (Alonso G., 2012) (Ver Figura 3)

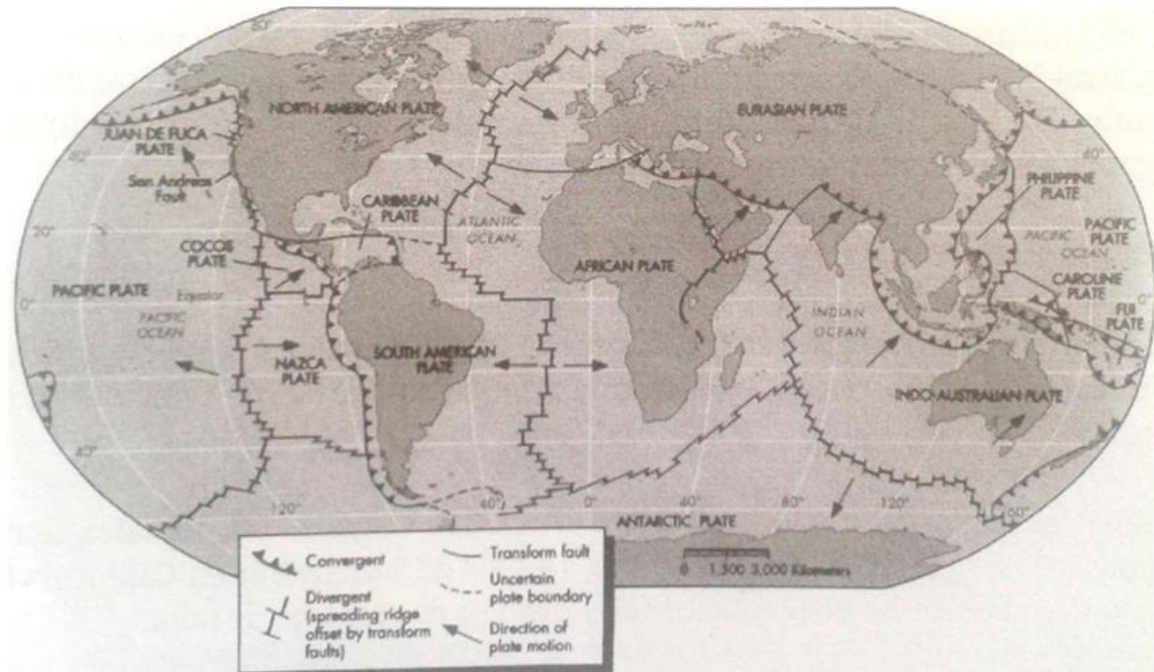


Figura 3. Placas tectónicas en su configuración actual. Fuente: Alonso G., (2012)

En los sismos de origen tectónico, las presiones que se generan en la corteza por los flujos de magma desde el interior de la tierra llegan a vencer la fricción que mantiene en contacto los bordes de las placas y producen caídas de esfuerzos y liberación de enormes cantidades de energía almacenada en la roca. Esta energía se libera principalmente en forma de ondas vibratorias que se propagan a grandes distancias a través de la roca de la corteza. (Bazan & Meli, s/f)

Es esta vibración de la corteza terrestre la que pone en peligro las edificaciones que sobre ella se desplantan, al ser éstas solicitadas por el movimiento de su base. Por los movimientos vibratorios de las masas de los edificios, se generan fuerzas de inercia que inducen esfuerzos importantes en los elementos de la estructura y que pueden conducir a la falla. (Bazan & Meli, s/f)

II.7.2. Características

II.7.2.1. Hipocentro

El punto en el plano de falla donde se origina la ruptura y se da inicio a la liberación de energía mediante la propagación de ondas sísmicas recibe el nombre de foco o

hipocentro. Su ubicación se define mediante las coordenadas de latitud, longitud y profundidad focal. (Alonso G., 2012)

II.7.2.2. Epicentro

El epicentro es el punto sobre la superficie terrestre ubicado directamente sobre el foco o hipocentro. También se le define como la proyección vertical del foco sobre la superficie terrestre. (Alonso G., 2012)

II.7.2.3. Falla

Según Alonso G. (2012) a nivel local, el movimiento entre dos porciones de la corteza de la tierra suele ocurrir a lo largo de algún desplazamiento horizontal ya existente o quizás a lo largo de distintas estructuras geológicas de la corteza conocidas como fallas.

Una falla se define como el plano de rotura en una masa rocosa a lo largo de la cual se produce movimiento, las fallas pueden ser clasificadas acorde a su geometría en: (Alonso G., 2012) (Ver Figura 4)

II.7.2.3.1 Falla de desplazamiento lateral o transcurrente: Desplazamientos laterales de roca en la dirección paralela a su rumbo.

II.7.2.3.2 Falla normal: La roca por encima del plano de falla inclinado se desliza hacia abajo en relación a la roca situada por debajo, que le sirve de soporte.

II.7.2.3.3 Falla Inversa: El material situado encima del plano de falla asciende con respecto al material situado debajo.

II.7.2.3.4 Falla Oblicua: Aquellas fallas donde se experimenta movimiento vertical y horizontal combinado.

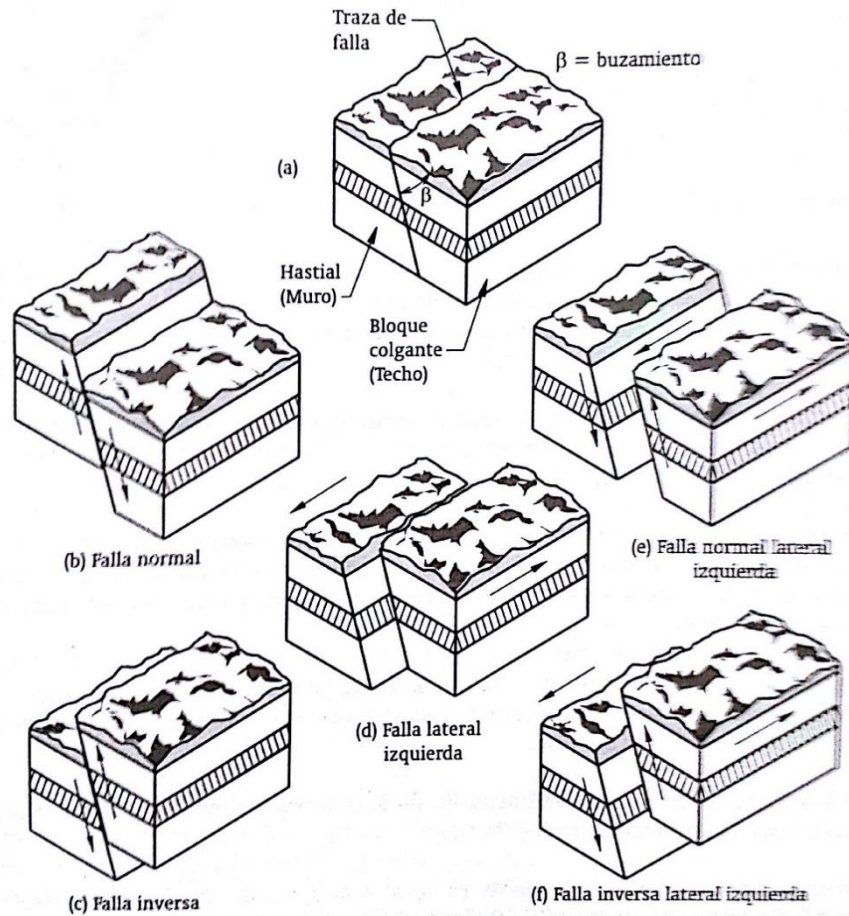


Figura 4. Clasificación de las fallas según su geometría. Fuente: Alonso G. (2012)

II.7.3. Intensidad y Magnitud

Tanto en la sismología como en la ingeniería sismorresistente la evaluación cuantitativa del tamaño de un terremoto representa un aspecto de gran importancia. De allí surge la necesidad de aclarar las diferencias conceptuales que existen entre la intensidad y la magnitud.

El termino intensidad es comúnmente empleado para denotar la severidad de un terremoto en un área determinada. El termino magnitud es una medida de la cantidad de energía liberada. (Alonso G., 2012)

La magnitud se calcula directamente a partir del registro obtenido durante un terremoto en un sismómetro torsional calibrado. La intensidad se determina a partir de observaciones personales de los daños causados por un terremoto a personas,

construcciones y a la topografía del terreno. La primera es una medida objetiva (instrumental) mientras que la segunda es una medida subjetiva. (Alonso G., 2012)

La intensidad, a diferencia de la magnitud, puede tomar diferentes valores para un mismo terremoto. La medida de la intensidad está afectada por muchos factores, entre ellos: la distancia epicentral, la profundidad del foco, la magnitud del terremoto, la geología y condiciones del suelo local, la proximidad o no a zonas pobladas y el tipo de construcción existente.

II.7.4. Principales fallas en Venezuela

La sismicidad en Venezuela está relacionada con la actividad de las fallas que entrecruzan el país. El principal sistema de fallas sismogénicas está formado por las fallas de Boconó, San Sebastián y el Pilar, las cuales forman el límite principal entre la Placa del Caribe y la Placa de Sur América, hecho causante de los sismos más severos ocurridos en el territorio nacional. Además de las fallas antes mencionadas, existen otras fallas menores tales como: Oca-Ancón, La Victoria, Urica, entre otras, capaces de producir sismos importantes en nuestro país. (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS, 2005). En la Figura 5 se muestra un mapa del territorio nacional con la ubicación de dichas fallas sismogénicas.



Figura 5. Sistemas de fallas más importantes en Venezuela. Fuente: Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS (2015). Adaptado por: Melanie Osuna.

II.7.5. Sismos más resaltantes de Venezuela.

Los eventos sísmicos representan uno de los mayores riesgos potenciales en Venezuela en cuanto a pérdidas humanas y económicas. En la actualidad, aproximadamente un 80% de la población vive en zonas de alta amenaza sísmica, variable que aumenta el nivel de riesgo, haciéndolo cada vez mayor a medida que la población crece. (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS, 2005)

La historia sísmica de Venezuela revela que durante el período 1530-2004, han ocurrido más de 130 eventos sísmicos, los cuales han provocado algún tipo de daño en varias poblaciones venezolanas. En la Figura 6 se muestran los eventos de mayor relevancia.

Es importante destacar que no es sino hasta el año 1901 que se cuentan con los primeros equipos de medición en el país, por lo que muchos de los sismos presentes en la Figura 6 fueron registrados a partir de la recopilación de documentos (cartas, telegramas,

manuscritos, cronologías, entre otros) llevado a cabo por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS.

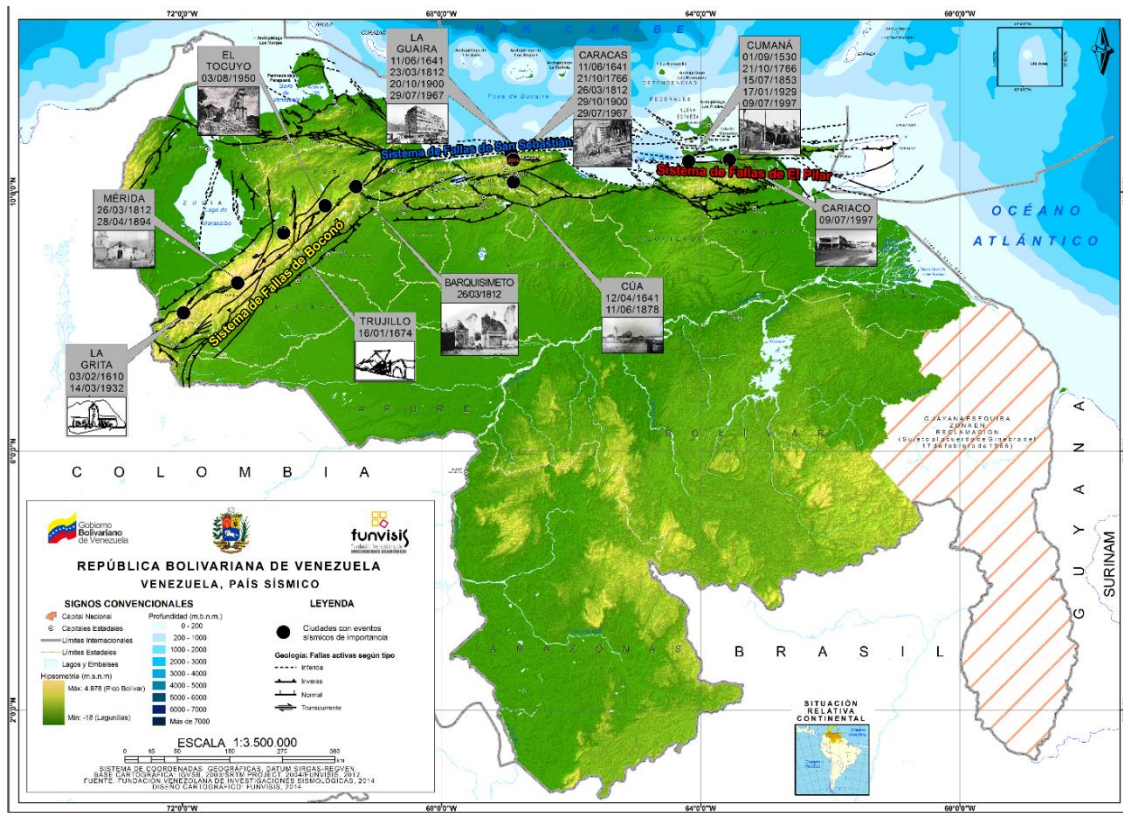


Figura 6. Ubicación de los sismos de mayor relevancia en Venezuela. Fuente: Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS (2005).

II.8. Criterios para la determinación del estado de los elementos estructurales

Para la evaluación del estado actual del edificio, es necesario realizar una inspección visual, con el fin de determinar qué tipos de daños presenta la estructura. Los daños pueden apreciarse en las estructuras por diversas causas: debido a eventos naturales, como sismos e inundaciones; por accidentes como incendios; por usos inadecuados de la misma, como por ejemplo efectos de sobrecarga en la estructura o simplemente el deterioro, ya que generalmente las edificaciones se diseñan para un tiempo de vida útil. (Arrieche, 2014) Los problemas más comunes que podrían presentarse en una edificación son los siguientes:

II.8.1. Porosidad del concreto

Los poros son pequeños agujeros, a través de los cuales pueden pasar los fluidos, la luz, y/o el aire. Estos agujeros se atan entre sí creando lo que se llama porosidad. Frecuentemente los poros crean unas quebraduras finísimas dentro del concreto, debilitándolo. (López, 2004)

II.8.2. Humedad

Es la infiltración del agua dentro de los elementos que componen a la estructura, generada en su mayoría por el agua de lluvia y ocurre cuando los materiales empleados para evitar la penetración del agua no son los adecuados o requieren ser renovados. (Rojas & Tovar, 2014)

II.8.3. Pérdida de Recubrimiento

Problema que puede ser ocasionado por un mal encofrado, por desprendimiento del concreto de la superficie del elemento o por factores referentes a la mezcla del concreto o al estado del acero. Cuando no existe el recubrimiento, las barras de acero quedan expuestas a la intemperie y a los agentes que puedan causar la corrosión de las mismas. (Arrieche, 2014)

II.8.4. Corrosión

Es la oxidación del acero de refuerzo presente en la sección, da como resultado la pérdida de sus propiedades mecánicas, así como descascaramientos y vacíos en la superficie del acero, reduciendo la capacidad resistente como resultado de la reducción de la sección transversal. (National Ready Mixed Concrete Association, s/f)

II.8.5. Grietas y / o fisuras

Las fisuras son roturas de distintas longitudes, espesores y profundidades, que aparecen en los elementos de concreto armado, y se manifiestan externamente con un desarrollo lineal. Cuando presenta espesores menores a 0.05mm se denominan micro fisuras, si su

espesor es variable entre 0.05mm y 0.20mm se denominan fisuras y cuando su espesor excede los 0.20mm se denominan grietas. (Astorga & Rivero, 2009)

Las grietas y fisuras pueden generarse por: retracción plástica, colocación de juntas inapropiadas, falta de junta de aislamiento, por cambios de temperatura, asentamientos, o simplemente cuando no se han tomado las medidas necesarias en el diseño. (National Ready Mixed Concrete Association, s/f).

Según la forma en la que se manifiestas estas grietas y fisuras puede determinarse su causa, en la Tabla 1 se presenta un resumen de algunos tipos de fisura y sus posibles causas. (Astorga & Rivero, 2009)

Tabla 1. Posibles causas de grietas y fisuras. Fuente: Astorga & Rivero (2009). Adaptado por: Melanie Osuna

CAUSA	FORMA
Secado superficial del concreto. Acción del aire seco y/o del sol sobre el concreto mientras se seca.	Fisuras pequeñas, de 2 a 4 centímetros de longitud. Generalmente aparecen en grupos, pueden formar como especies de nidos.
La retracción.	Pueden tener formas de polígono irregular, pero también pueden aparecer paralelas unas a otras. Su longitud varía entre pocos milímetros y más de un metro, y su separación puede ser de pocos milímetros o de hasta 3 metros. Comienzan como fisuras de poca profundidad, pero pueden convertirse en fisuras cuya profundidad sea importante.
Los cambios de temperatura, ciclos de lluvia y secado, de frío y calor.	Se manifiestan como grietas en forma de telaraña. Se forma una especie de red de grietas muy delgadas y de poca profundidad (rara vez superior a 3mm) con poca separación entre ellas.
Fisuras por flexión	Inicialmente aparecen en la parte inferior de las vigas, luego evolucionan casi verticalmente y cuando llegan al centro de la viga, se curvean.
Fisuras por cortante.	Generalmente son grietas que forman un ángulo de 45°
Fisuras de compresión	Varias fisuras agrupadas y en sentido vertical.
Pandeo	Cuando ocurre pandeo de la columna, aparecen algunas fisuras horizontales y al lado de ellas, otras verticales.

CAUSA	FORMA
Fisuras por torsión.	Se parecen a las fisuras por cortante. Se pueden distinguir por el sentido de inclinación que presenten en dos caras opuestas del elemento. Estas grietas se generan en un sentido en una cara de la viga, y en la cara opuesta se manifiestan en el sentido opuesto.
Fisuras por tracción.	En las losas de entrepiso se pueden observar largas grietas a lo largo o ancho de la losa. En paredes se manifiestan como grietas inclinadas a partir de esquinas de dinteles de puertas y ventanas
Fisuras por asentamientos del terreno.	Se forman grietas cercanas a la columna cuyo apoyo se ha asentado, son fisuras inclinadas que apuntan hacia el lado del terreno que no se ha deformado.

II.8.6. Desprendimiento de mosaicos

Para el caso de los edificios que integran la Ciudad Universitaria de Caracas el uso de mosaicos o taquitos vidriados es frecuente en el recubrimiento de sus paredes. Estos elementos por ser muy frágiles y delicados representan un papel fundamental en la detección de agrietamiento de las paredes o elementos estructurales que recubre.

En la Tabla 2 se muestra una orientación para la clasificación de los daños, así como una medida de los mismos en base a una inspección visual.

Tabla 2. Clasificación de daños. Fuente: Arrieche (2014). Adaptado por: Melanie Osuna

Nivel		0	1	2	3	4
TIPO DE DAÑO	Poros	No se observa daño	Casi imperceptible. Muy escasos, con $d < 1\text{mm}$	Se observan agrupados o espaciados, $d < 4\text{mm}$	Abundantes en todas las caras, con $d < 6\text{mm}$. Se presentan en menos del 75% del miembro	Presentes en todas las caras. En grupos o espaciados a lo largo de todo el miembro, con $d < 8\text{mm}$
	Humedad		Se observa presencia de humedad en menos del 25% de la superficie	Se observa presencia de humedad en menos del 50% de la superficie	Se observa presencia de humedad en más del 50% de la superficie	Se observan desgastes o daños causados por la humedad en zonas localizadas
	Recubrimiento		Entre 1 y 30cm. de acero sin recubrimiento en todo el elemento	Entre 30 y 50cm. de acero sin recubrimiento en todo el elemento	Entre 50 y 80cm. de acero sin recubrimiento en todo el elemento	Más de 80cm. de acero sin recubrimiento en todo el elemento

Nivel		0	1	2	3	4
TIPO DE DAÑO	Desprendimiento de mosaicos	No se observa daño	Se observa caída de pocos mosaicos, individuales	Se observan áreas con mosaicos desprendidos en distintas zonas de la pared, que alcanzan hasta un 25% de la superficie.	Se observan áreas con mosaicos desprendidos que alcanzan hasta un 50% de la superficie.	Se observan áreas con mosaicos desprendidos que sobrepasan el 50% de la superficie.
	Corrosión		Acero sin recubrimiento con corrosión apreciable	Acero sin recubrimiento totalmente corroído en la zona expuesta	Acero corroído en el interior del elemento, pequeñas grietas en el concreto alrededor de la barra	Acero corroído en el interior del elemento, grandes grietas en el concreto alrededor de la barra
	Grietas y/o fisuras		Presencia de grietas y/o fisuras entre el 1%al 25% del elemento	Presencia de grietas y/o fisuras entre el 25%al 50% del elemento	Presencia de grietas y/o fisuras entre el 50%al 75% del elemento	Presencia de grietas y/o fisuras entre el 75%al 100% del elemento

II.9. Ensayo no destructivo

Los Ensayos No Destructivos (END) consisten en ciertas pruebas a las que se somete un objeto para verificar su calidad o el estado del mismo, sin que éste resulte dañado o inutilizado, una vez efectuados aquellos. Los END están basados en principios físicos como por ejemplo: ondas electromagnéticas, acústicas, emisión de partículas subatómicas, elásticas, capilaridad, absorción y de su aplicación se obtienen los resultados necesarios para establecer un diagnóstico del estado de la calidad del objeto inspeccionado. (Asociación Española de Ensayos No Destructivos, 2002)

En general, los END sirven para medir, caracterizar y poner de manifiesto discontinuidades en los materiales, permiten en muchos casos caracterizar el estado y naturaleza de los mismos, detectando variaciones locales de alguna propiedad física intrínseca al material; ponen de manifiesto la presencia de heterogeneidades, establecen su tamaño, forma, situación y naturaleza y, de acuerdo con criterios de aceptación establecidos por la ingeniería del proyecto y recogidos en una especificación, determinan la bondad de aquello que está sometido a ensayo. (Asociación Española de Ensayos No Destructivos, 2002)

Por el carácter patrimonial de la edificación en estudio, se hace necesaria la implementación de este tipo de ensayos, para determinar fundamentalmente el armado de los elementos estructurales del edificio, sin que los mismos resulten afectados.

El Ferroskan es un equipo utilizado principalmente en inspecciones no destructivas. Cuenta con un sistema que permite detectar de manera sonora y visual la armadura de acero dentro del concreto. Permite además determinar la profundidad y estimar el diámetro de las barras de acero de dicha armadura.

A medida que el escáner se desplaza directamente sobre la superficie de interés, la posición y profundidad de las barras de acero se pueden definir y marcar sobre la superficie. Sin embargo, los datos se registran mientras el escáner se desplaza sobre la superficie, para luego ser transferidos al monitor, desde donde se pueden evaluar y visualizar. Este equipo también permite la obtención de imágenes de la disposición de los aceros dentro de los elementos. (Química Suiza Industrial, s/f)

II.10. Programas de computación para el análisis estructural.

Dentro del mundo de la ingeniería civil se pueden encontrar una amplia variedad de programas de computación que facilitan el modelado de estructuras y su posterior análisis, entre ellos destaca el Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems (ETABS).

ETABS es un programa de análisis y diseño de sistemas de Edificaciones que desde hace más de 30 años ha estado en continuo desarrollo, para brindarle al ingeniero una herramienta confiable, sofisticada y fácil de usar. ETABS es un sistema completamente integrado. Detrás de una interfaz intuitiva y simple, se encajan poderosos métodos numéricos, procedimientos de diseño y códigos internacionales de diseño, que funcionan juntos desde una base de datos comprensiva. (Hernández, s/f)

II.11. Normativa

Las Normas Sismorresistentes requieren una renovación permanente, estimulada por el continuo aprendizaje acerca del comportamiento de las edificaciones y demás construcciones bajo solicitaciones sísmicas.

Un rápido vistazo a la evolución de la normativa sísmica venezolana nos muestra que la actitud dominante ha ido evolucionando favorablemente hacia la importancia de la

previsión, a pesar de tener un comienzo caracterizado más bien por la respuesta a las desgracias.

La normativa vigente al momento de la construcción de la Ciudad Universitaria de Caracas fue la “Norma para el Cálculo de Edificios” (1947) del Ministerio de Obras Públicas (M.O.P.), la cual era la única que regulaba el diseño y cálculo estructural de edificaciones de concreto armado para la época. Esta Norma era muy limitada e incluso aplicaba las fuerzas uniformemente en elevación. Posteriormente en el año 1955, en vista de los daños producidos por el sismo de El Tocuyo se le incorpora un artículo referente a la acción de los movimientos sísmicos.

En 1967 se da origen a la “Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas.” en virtud de los daños provocados y las innumerables pérdidas humanas tenidas como consecuencia del sismo de Caracas. En ese momento afortunadamente quedó el propósito de desarrollar una Norma más completa, lo cual vino a concretarse en 1982 cuando entra en vigencia la Norma COVENIN 1756 "Edificaciones Antisísmicas", patrocinada por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), mediante una Comisión Redactora específica.

Se puede observar que históricamente hubo preocupación por disponer de medidas sismorresistentes, pero insuficientes al punto de que no pudieron evitar fuertes daños estructurales en unos 40 edificios altos en Caracas, incluyendo el colapso total de 4 de ellos. La omisión de medidas adecuadas de estructuración, análisis y diseño, como fueron la frecuencia de plantas libres, la asignación de nervios de losas en función de "vigas sísmicas", la falta de control de desplazamientos, la falta de confinamiento de los nodos de los pórticos y deficiencias constructivas condujo a gran parte de las fallas.

Con el objetivo general de lograr la reducción de los riesgos sísmicos en el país, FUNVISIS desarrollo la evaluación y mejoramiento de la Norma, el trabajo se repartió entre tres Subcomisiones, en las áreas de Amenaza Sísmica, Suelos y Fundaciones, y Estructuras, respectivamente. En el año 1997 ocurre el sismo de Cariaco, lo cual impulsa a una nueva publicación de la Norma en el año 1998 denominada COVENIN 1756:1998 “Edificaciones Sismorresistentes”.

Esta última norma es revisada y mejorada en el año 2001, incluyendo nuevos parámetros y la actualización del mapa de zonificación sísmica, para dar paso a la norma vigente COVENIN 1756:2001-1. “Edificaciones Sismorresistentes”.

A lo largo del tiempo, la Norma sísmica no ha sido la única que ha evolucionado, bien se puede mencionar que desde el año 1947 la Norma para construcción de edificaciones en concreto armado, también ha mejorado técnicamente. Como ya se conoce, para el año 1947 la única Norma que regulaba el diseño y cálculo estructural de edificaciones de concreto armado era la “Norma para el Cálculo de Edificios”. Para el año 1981 esta Norma pierde vigencia y se publica la “Norma Venezolana para el Análisis y Diseño del Concreto Armado COVENIN 1753:1981”, la cual es revisada y actualizada en 1987, dando paso a la norma COVENIN 1753:1987 “Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño”, esta Norma sigue en vigencia, sin embargo, para el año 2006 ya se contaba con una actualización de la misma. Esta actualización y publicación no pudo ser concretada, sin embargo, se publicó bajo el nombre de Norma FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”, y es esta norma la que actualmente sirve de guía para el diseño de edificaciones en concreto armado en el territorio nacional.

Para efectos de esta investigación, se aplicara la normativa antes mencionada: COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes” y la Norma FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”.

CAPÍTULO III MÉTODO

El método utilizado para analizar el comportamiento estructural de los edificios que conforman el Instituto Botánico "Dr. Tobías Lasser", ubicado en el Jardín Botánico de Caracas se dividió en cinco fases, que van desde la recopilación bibliográfica, pasando por la compilación de planos, la identificación de la estructura, el modelado de la misma y finalmente, la comparación del análisis sísmico obtenido con lo requerido por la normativa nacional.

Se trata de un trabajo analítico que busca conocer cómo será el comportamiento estructural de los edificios que conforman el Instituto Botánico de Caracas ante un evento sísmico, y si el mismo cumple con los requerimientos que exigen las normas COVENIN 1756:2001-1 "Edificaciones Sismorresistentes" y FONDONORMA 1753:2006 "Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural". A continuación se describe que contempla cada una de estas fases.

III.1. Fase I Recopilación Bibliográfica

Esta fase comprende la recolección de todos los datos de la Ciudad Universitaria de Caracas (reseña histórica, declaración como Patrimonio Mundial por parte de la UNESCO); datos de la edificación en estudio (fechas de proyecto y construcción, reseña histórica, ubicación y uso), así como también la revisión de las Normas COVENIN 1756:2001-1 "Edificaciones Sismorresistentes", FONDONORMA 1753:2006 "Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Armado". Esta fase se realizó con el fin de tener los conocimientos necesarios para llevar a cabo las siguientes fases de la investigación.

III.2. Fase II Compilación de los planos del edificio en estudio.

Por ser Patrimonio Mundial, todos los planos de las estructuras presentes dentro de la Ciudad Universitaria de Caracas, se encuentran protegidos por el Consejo de Preservación y Desarrollo (COPRED), lo que hizo necesario tramitar la permisología ante esta dependencia para poder obtener los planos de la estructura. Los planos fueron de gran importancia para poder determinar el diseño original contemplado, determinar los

elementos estructurales no contemplados en el mismo, así como identificar el tipo de estructura.

III.3. Fase III Identificación del estado la estructura.

Esta fase se realizó con el fin de identificar el estado actual de los elementos estructurales de la edificación. Se llevó a cabo mediante dos métodos: por inspección visual, donde se determinaron y clasificaron los daños presenciados en cada uno de los elementos estructurales; y mediante la realización de ensayos no destructivos como el escaneo de los elementos estructurales para determinar su armado y verificar que sea el indicado en los planos. Fue una fase de gran importancia, ya que dio a conocer las condiciones actuales de la estructura y permitió verificar si la estructura cumple con lo establecido en los planos del proyecto original.

III.4. Fase IV Modelado de la estructura

En base a la información obtenida de los planos originales y de la fase anterior, se realizó un modelo de la edificación en el programa “Extended Three Dimensional of Building System” (ETABS) V.2015, intentando reflejar en el mismo la realidad de la estructura, con el fin de realizar un recálculo de la misma aplicando los parámetros exigidos por las Normas venezolanas:

- III.4.1. FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”
- III.4.2. COVENIN 1756:2001 “Edificaciones Sismorresistentes”
- III.4.3. COVENIN 2002:1988 “Criterios y Acciones Mínimas para el proyecto de Edificaciones”

El recálculo de la estructura se realizó con la finalidad de obtener el área de acero requerida por las vigas para soportar las solicitaciones a las que están sometidas. Se determinó además si el factor demanda/capacidad en columnas es menor a 1. Adicionalmente se realizó el análisis sísmico para estimar el posible comportamiento de la estructura ante un evento de este tipo.

III.5. Fase V Comparación de la estructura modelada con las normas vigentes.

Con la data suministrada luego del análisis del modelo estructural por parte del programa ETABS, se compararon los resultados obtenidos del modelo con los requeridos por las Normas con el fin de poder determinar si la estructura cumple con los valores normativos. Algunos aspectos básicos que se analizaron fueron: desplazamientos máximos, masas participativas, coeficientes sísmicos, esfuerzos cortantes basales, entre otros.

CAPÍTULO IV INFORMACIÓN PLANIMÉTRICA DE LA ESTRUCTURA

IV.1. Descripción general de la estructura

El edificio del Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser”, es una estructura de concreto armado, con vigas en dos direcciones ortogonales. La estructura posee un solo nivel y está compuesto por 4 módulos (Aulas, Dirección, Herbario y Auditorio) y un sistema de corredores techados en dos diferentes alturas que los conectan entre sí (Ver Figura 7). La edificación presenta una junta de construcción de una separación de 2 cm. (Ver Figura 8) separando el módulo de Dirección y una porción del corredor inferior del resto de la estructura. Acorde a la disposición del acero longitudinal de las vigas de los corredores, estos se encuentran simplemente apoyados en los módulos cercanos, permitiendo analizarlos como elementos independientes. Para los alcances de este trabajo especial de grado solo serán evaluadas las estructuras aporticadas, sin tomar en cuenta el auditorio.

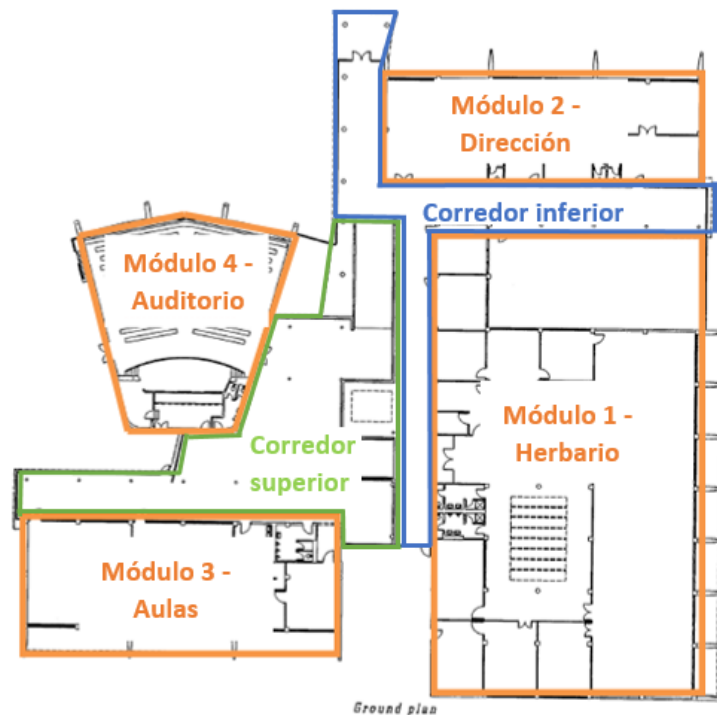


Figura 7. Módulos y sistema de corredores del edificio del Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser”. Fuente: (UCV, 1999). Adaptado por: Melanie Osuna

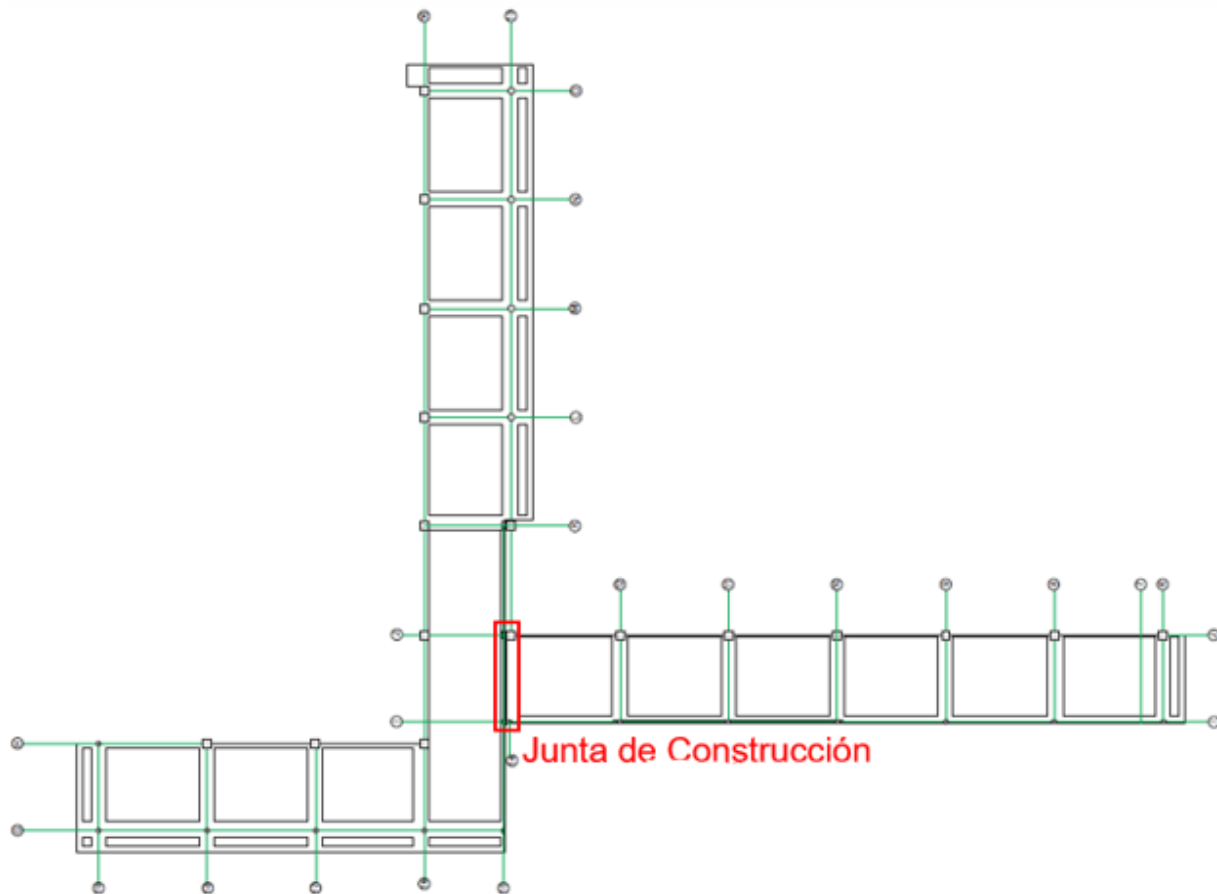


Figura 8. Corredor inferior y junta de construcción. Distribución en planta. Fuente: Elaboración Propia

El sistema resistente a cargas verticales empleado son losas nervadas en una sola dirección con espesores variables de 20 y 25 cm. El módulo de Aulas presenta una disposición regular en planta similar al módulo de Dirección (Ver Figura 9 y Figura 10). En el módulo del Herbario se encuentra una pérgola sobre un patio interno, esta abertura no representa un porcentaje significativo ya que es menor al 20% del área de la planta, valor mínimo que establece la norma COVENIN 1756:2001-1 para considerarlo como una irregularidad (Ver Figura 11). Los corredores tanto superior e inferior presentan una forma irregular en planta ya que se observa la presencia de entrantes cuya relación de longitud con la estructura supera el valor límite establecido en la norma COVENIN 1756:2001-1. (Ver Figura 12 hasta la Figura 14)

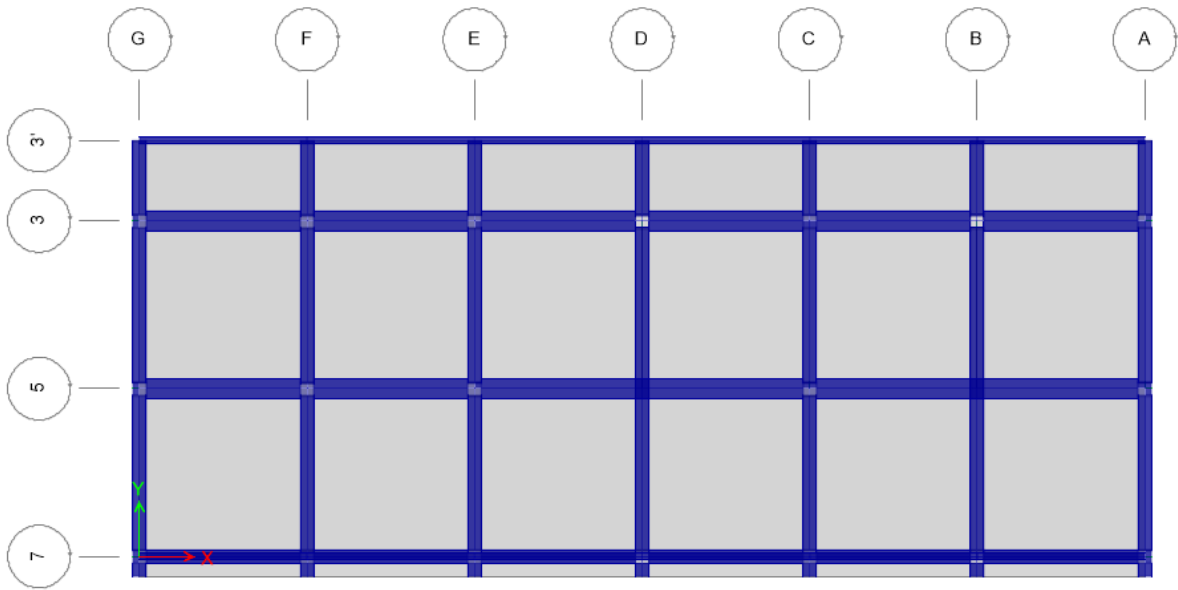


Figura 9. Módulo de Aulas. Distribución en planta. Fuente: Elaboración Propia.

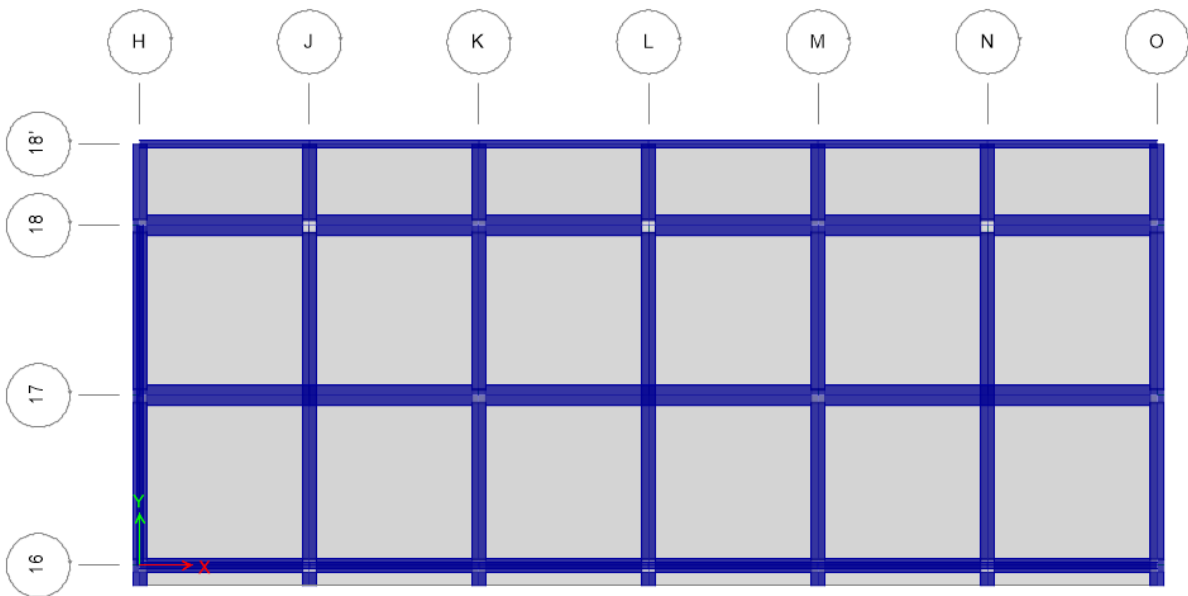


Figura 10. Módulo de Dirección. Distribución en planta Fuente: Elaboración Propia.

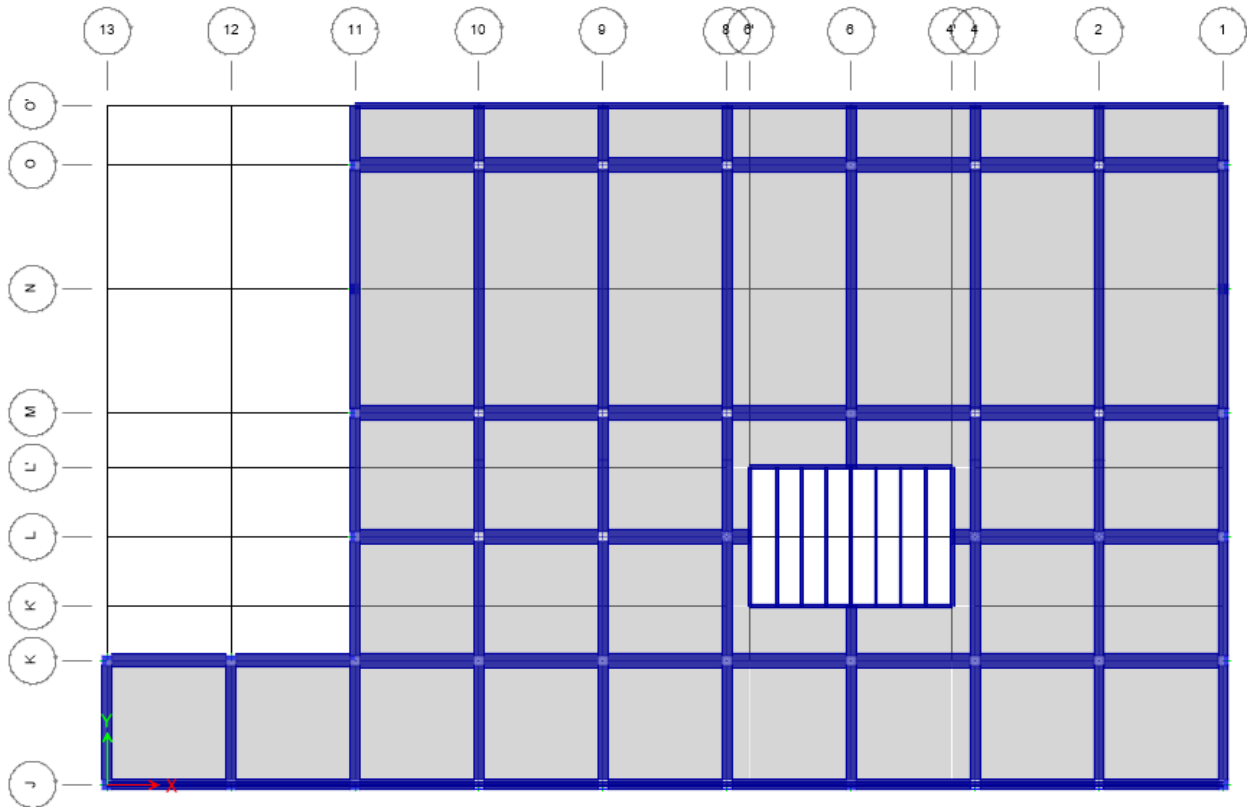


Figura 11. Módulo del Herbario. Distribución en planta Fuente: Elaboración Propia.

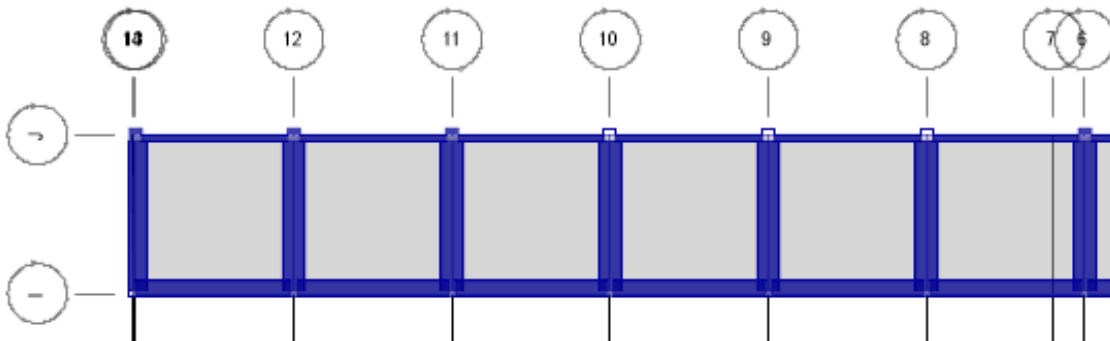


Figura 12. Corredor inferior (Parte 1). Distribución en planta. Fuente: Elaboración Propia.

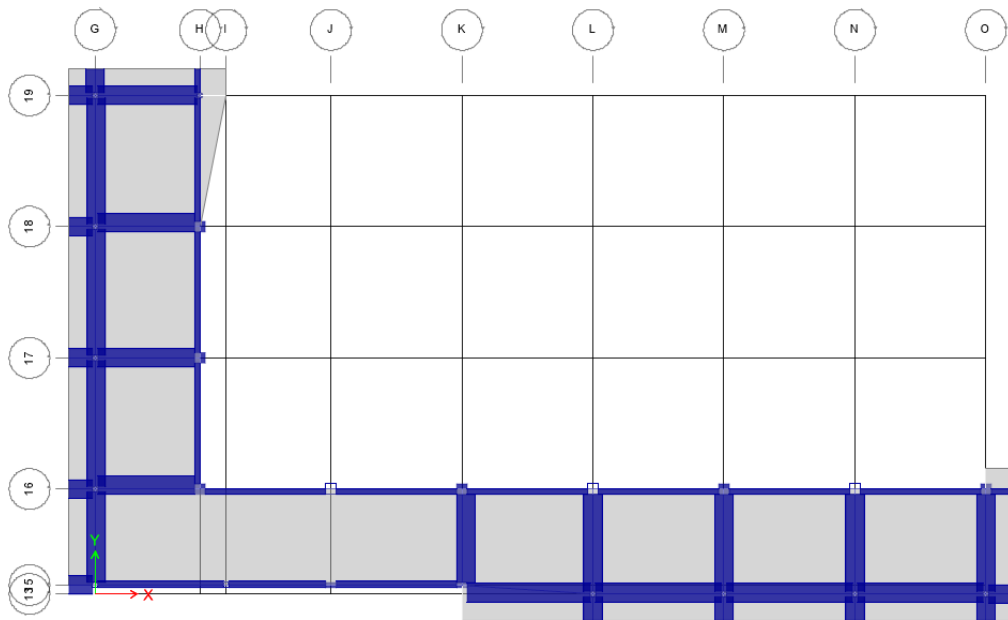


Figura 13. Corredor inferior (Parte 2). Distribución en planta. Fuente: Elaboración Propia.

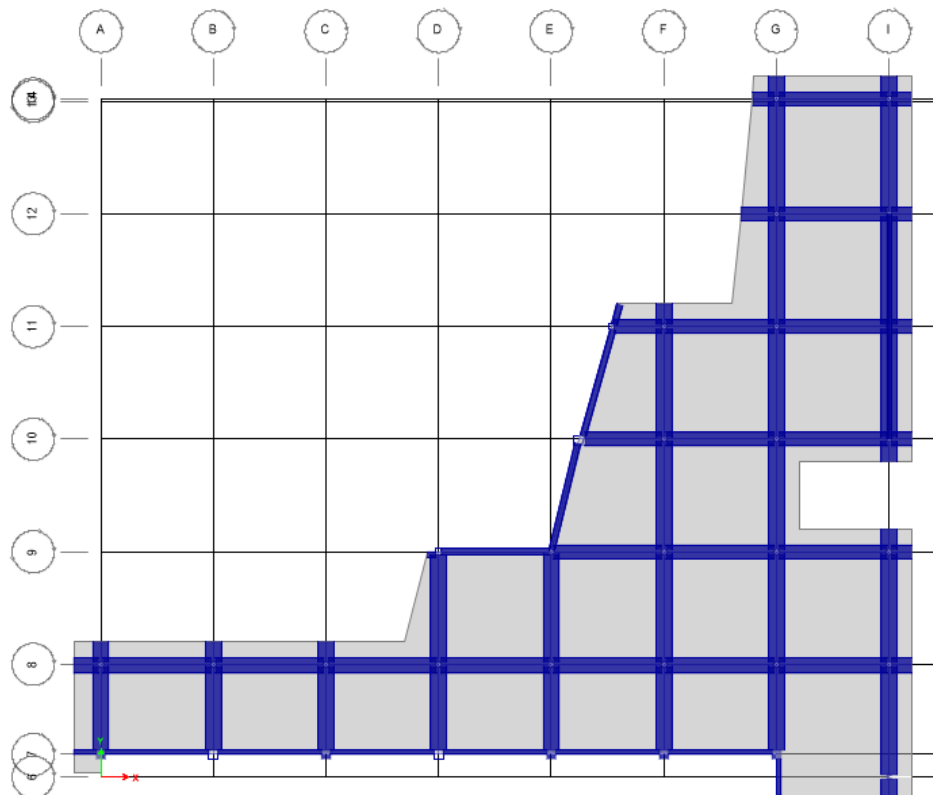


Figura 14. Corredor superior. Distribución en planta Fuente: Elaboración Propia.

El piso acabado de las áreas del corredor superior y el edificio de Aulas esta 1.25 m por encima del piso acabado de las áreas del corredor inferior, Herbario y Dirección. La altura

de entrepiso libre en corredores es de 2.45 m mientras que la misma varía entre 3.34 m y 4.34 m en los módulos de Aulas, Dirección y Herbario, presentando una pendiente de 10% donde se requiere el cambio de altura (Ver Figura 15 y Figura 16).

En general, se observa la presencia de vigas planas, en especial en aquellas vigas que no reciben directamente las cargas de las losas. En los corredores, todas las vigas en ambas direcciones son planas. La cara inferior de todas las vigas esta al mismo nivel que la cara inferior de la losa, es decir, la altura de la vigas es visible solo desde la parte superior del techo.

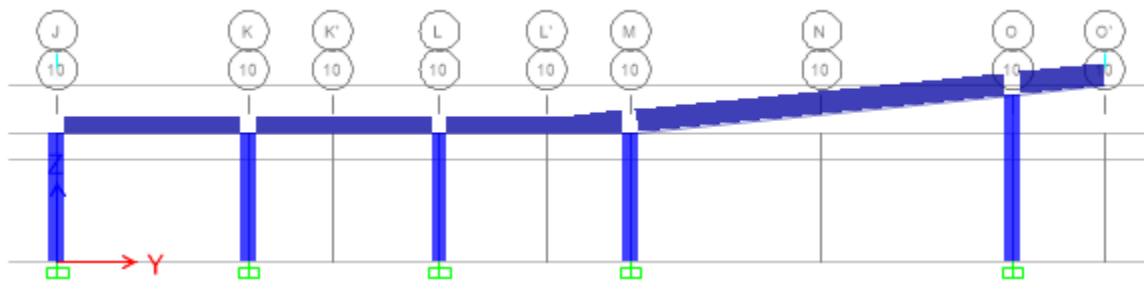


Figura 15. Vista Eje 10 - Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración Propia.

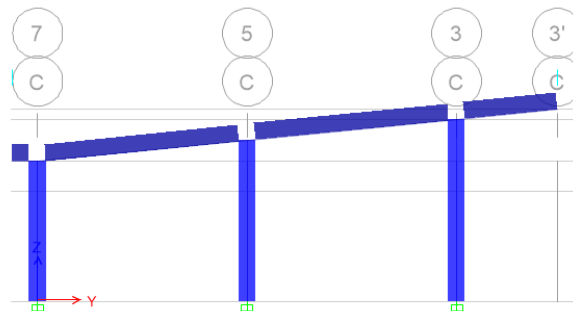


Figura 16. Vista Eje C - Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración Propia.

En el exterior de los módulos de Aulas, Dirección y Herbario, se evidencia la existencia de parasoles, los cuales son elementos arquitectónicos no estructurales que brindan protección a las partes internas más cercanas a la fachada de la incidencia directa del sol y la lluvia. Estos elementos no presentan ningún tipo de unión estructural con las columnas adyacentes quedando soportados por sí mismos.

IV.2. Características de los elementos estructurales

IV.2.1. Losas

Acorde con los planos estructurales suministradas por el Consejo de Preservación y Desarrollo de la Universidad Central de Venezuela (COPRED) todas las losas son nervadas armadas en una sola dirección. Los módulos de Aulas, Dirección y Herbario tienen un espesor de losa de 20 cm, mientras que para el sistema de corredores tanto superior como inferior, el espesor es de 25 cm.

Los nervios son de 10 cm de espesor y su separación entre ejes es de 50 cm, mientras que la loseta tiene un espesor de 5 cm (Ver Figura 17). En la mayoría de los tramos se evidencia un nervio transversal ubicado aproximadamente en la mitad de la luz.

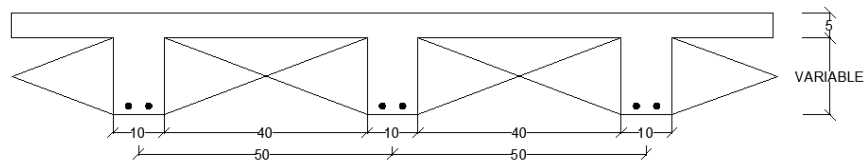


Figura 17. Sección Transversal - Losa nervada. Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a la resistencia del concreto empleado en las losas, para los módulos de Aulas, Dirección y Herbario se empleó un concreto con una resistencia de cálculo a los 28 días ($f'c_{28}$) de 200 kgf/cm²; mientras que para las losas de los corredores la misma es igual a 150 kgf/cm².

IV.2.2. Vigas

Las vigas que presenta la estructura son de forma rectangular/cuadrada con doble armadura de acero, y la resistencia del concreto a los 28 días ($f'c_{28}$) empleado en los módulos de Aulas, Dirección y Herbario es de 200 kgf/cm² mientras que para las vigas del sistema de corredores es de 150 kgf/cm². En el módulo del Herbario existen dos casos de vigas acarteladas mostradas en la Figura 18 y la Figura 19.

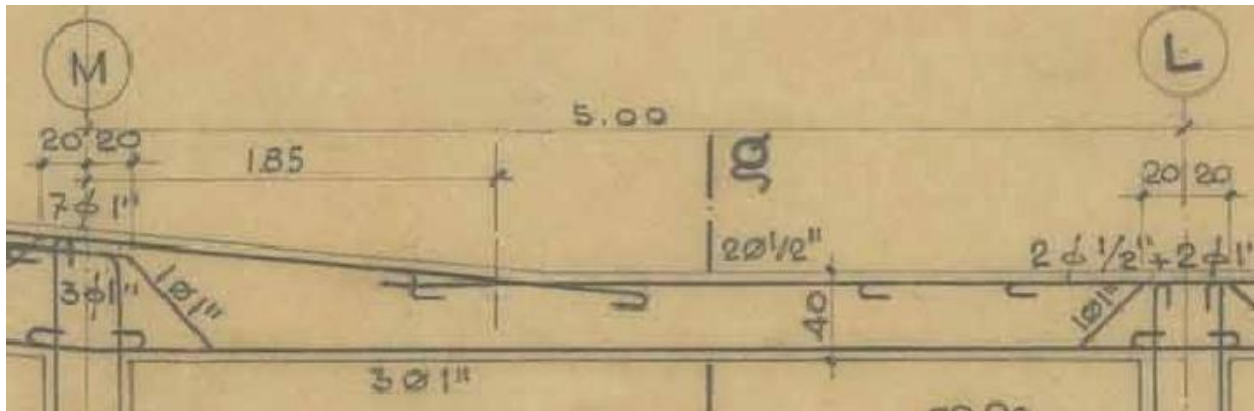


Figura 18. Viga acartelada - Pórticos 10, 9, 8, 4 y 2. Entre ejes (M-L) – Módulo del Herbario. Fuente: Colección CUC-ICU COPRED/UCV.

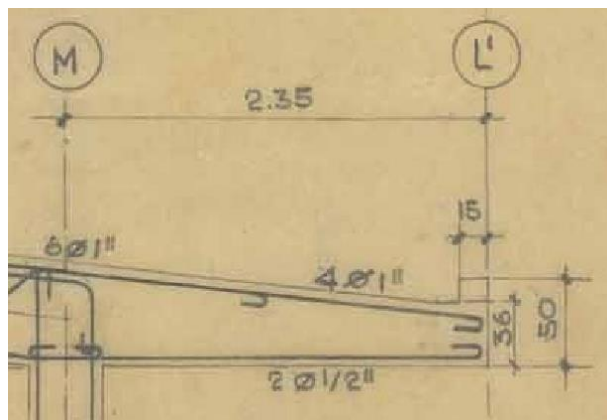


Figura 19. Viga acartelada - Eje 6 (M-L') – Módulo del Herbario. Fuente: Colección CUC-ICU COPRED/UCV.

A continuación se presentan la distribución de los aceros en cada una de las vigas de los distintos módulos y corredores (Ver desde la Tabla 3 a la Tabla 7). Es importante destacar la distribución asimétrica de las barras de acero dentro de los elementos, lo que puede ocasionar un cierto efecto torsional en los mismos.

Tabla 3. Disposición del acero longitudinal y transversal de las vigas - Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración Propia.

MÓDULO DE AULAS									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
V7a	A - B	20 x 50	4 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm
V7a	B - C	20 x 50	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm
V7a	C - D	20 x 50	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm

MÓDULO DE AULAS									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
V7a	D - E	20 x 50	3φ1/2"	2φ1/2"	4φ1/2"	2φ1/2"	3φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
V7a	E - F	20 x 50	4φ1/2"	2φ1/2"	1φ7/8" + 1φ5/8" + 3φ1/2"	2φ1/2"	3φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
V7a	F - G	20 x 50	1φ7/8" + 1φ5/8" + 3φ1/2"	2φ1/2"	1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	3φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/20cm
VA	3' - 3	40 x 30	1φ5/8" + 2φ1/2"	1φ5/8" + 2φ1/2"	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VA	3 - 5	40 x 30	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	3φ5/8"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VA	5 - 7	40 x 30	3φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ3/4"	3φ3/4"	2φ3/4"	φ 1/4 c/30cm
PB	3' - 3	40 x 60	6φ1"	6φ1"	8φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
PB	3 - 7	40 x 60	8φ1"	7φ1"	6φ1"	7φ1"	9φ1"	7φ1"	φ 3/8 c/20cm
VC	3' - 3	40 x 40	2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1" + 1φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
VC	3 - 5	40 x 40	2φ1" + 1φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	1φ1" + 2φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	4φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/20cm
VC	5 - 7	40 x 40	1φ1" + 2φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4"	5φ3/4"	4φ3/4"	φ 1/4 c/20cm
PD	3' - 3	40 x 60	5φ1"	5φ1"	7φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
PD	3 - 7	40 x 60	7φ1"	6φ1"	5φ1"	6φ1"	8φ1"	6φ1"	φ 3/8 c/20cm
VE	3' - 3	40 x 40	2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1" + 1φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
VE	3 - 5	40 x 40	2φ1" + 1φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	1φ1" + 2φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	4φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/20cm

MÓDULO DE AULAS									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
VE	5 - 7	40 x 40	1φ1" + 2φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4"	5φ3/4"	4φ3/4"	φ 1/4 c/20cm
VF	3' - 3	40 x 60	1φ5/8" + 2φ1/2"	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VF	3 - 5	40 x 60	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	3φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VF	5 - 7	40 x 60	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	1φ3/4" + 2φ1/2"	2φ3/4"	4φ3/4"	3φ3/4"	φ 1/4 c/25cm
VG	3'-3	40 x 30	1φ5/8" + 2φ1/2"	1φ5/8" + 2φ1/2"	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VG	3 - 5	40 x 30	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	3φ5/8"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VG	5 - 7	40 x 30	3φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ3/4"	3φ3/4"	2φ3/4"	φ 1/4 c/30cm
V7	A - B	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V7	B - C	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V7	C - D	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V7	D - E	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V7	E - F	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V7	F - G	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V5	A - C	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V5	C - E	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V5	E - F	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V5	F - G	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V3	A - B	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V3	B - C	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm

MÓDULO DE AULAS									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
V3	C - D	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V3	D - E	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V3	E - F	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V3	F - G	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V3'	A - B	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V3'	B - C	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V3'	C - D	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V3'	D - E	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V3'	E - F	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V3'	F - G	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm

Tabla 4. Disposición del acero longitudinal y transversal de las vigas - Módulo de Dirección.
Fuente: Elaboración Propia.

MÓDULO DE DIRECCIÓN									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
V16a	O - N	20 x 50	4φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
V16a	N - M	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
V16a	M - L	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	3φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
V16a	L - K	20 x 50	3φ1/2"	2φ1/2"	4φ1/2"	2φ1/2"	3φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
V16a	K - J	20 x 50	4φ1/2"	2φ1/2"	1φ7/8" + 1φ5/8" + 3φ1/2"	2φ1/2"	3φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
V16a	J - H	20 x 50	1φ7/8" + 1φ5/8" + 3φ1/2"	2φ1/2"	1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	3φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/20cm
VO	18' - 18	40 x 30	1φ5/8" + 2φ1/2"	1φ5/8" + 2φ1/2"	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm

MÓDULO DE DIRECCIÓN									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
VO	18 - 17	40 x 30	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	3φ5/8"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VO	17 - 16	40 x 30	3φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ3/4"	3φ3/4"	2φ3/4"	φ 1/4 c/30cm
PN	18' - 18	40 x 60	6φ1"	6φ1"	8φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
PN	18-16	40 x 60	8φ1"	7φ1"	6φ1"	7φ1"	9φ1"	7φ1"	φ 3/8 c/20cm
VM	18' - 18	40 x 40	2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1" + 1φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
VM	18 - 17	40 x 40	2φ1" + 1φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	1φ1" + 2φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	4φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/20cm
VM	17 - 16	40 x 40	1φ1" + 2φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4"	5φ3/4"	4φ3/4"	φ 1/4 c/20cm
PL	18' - 18	40 x 60	5φ1"	5φ1"	7φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
PL	18 - 16	40 x 60	7φ1"	6φ1"	5φ1"	6φ1"	8φ1"	6φ1"	φ 3/8 c/20cm
VK	18' - 18	40 x 40	2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1" + 1φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
VK	18 - 17	40 x 40	2φ1" + 1φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	1φ1" + 2φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	4φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/20cm
VK	17 - 16	40 x 40	1φ1" + 2φ3/4" + 2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4"	5φ3/4"	4φ3/4"	φ 1/4 c/20cm
PJ	18' - 18	40 x 60	6φ1"	6φ1"	8φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
PJ	18-16	40 x 60	8φ1"	7φ1"	6φ1"	7φ1"	9φ1"	7φ1"	φ 3/8 c/20cm
VH	18' - 18	40 x 30	1φ5/8" + 2φ1/2"	1φ5/8" + 2φ1/2"	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm

MÓDULO DE DIRECCIÓN									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
VH	18 - 17	40 x 30	4φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ5/8"	3φ5/8"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VH	17 - 16	40 x 30	3φ3/4" + 1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ3/4"	3φ3/4"	2φ3/4"	φ 1/4 c/30cm
V16	O - N	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V16	N - M	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V16	M - L	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V16	L - K	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V16	K - J	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V16	J - H	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V17	O - M	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V17	M - K	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V17	K - H	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V18	O - N	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V18	N - M	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V18	M - L	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V18	L - K	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V18	K - J	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V18	J - H	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
V18'	O - N	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V18'	N - M	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V18'	M - L	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V18'	L - K	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V18'	K - J	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm

MÓDULO DE DIRECCIÓN									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
V18'	J - H	20 x 20	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/25cm
VHa	19 - 18	20 x 25	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm
VHa	18 - 17	20 x 25	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm
VHa	17 - 16	20 x 25	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm

Tabla 5. Disposición del acero longitudinal y transversal de las vigas - Módulo del Herbario.
Fuente: Elaboración Propia.

MÓDULO DEL HERBARIO									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
V1	J - K	40 x 40	1 ϕ 3/4" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	1 ϕ 3/4" + 3 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 3/4"	3 ϕ 3/4"	2 ϕ 3/4"	ϕ 1/4 c/25cm
V1	K - L	40 x 40	1 ϕ 3/4" + 3 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	3 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	1 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/25cm
V1	L - M	40 x 40	3 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	3 ϕ 5/8" + 3 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	1 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/25cm
V1	M - N	40 x 40	3 ϕ 5/8" + 3 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	5 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/25cm
V1	N - O	40 x 40	5 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 5/8" + 5 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/25cm
V1	O - O'	40 x 40	2 ϕ 5/8" + 5 ϕ 1/2"	2 ϕ 5/8" + 5 ϕ 1/2"	2 ϕ 5/8" + 5 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/25cm
V6	J - K	40 x 40	1 ϕ 1" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	9 ϕ 1"	2 ϕ 3/4"	1 ϕ 1" + 2 ϕ 3/4"	2 ϕ 3/4"	ϕ 3/8 c/20cm
V6	K - K'	40 x 40	9 ϕ 1"	7 ϕ 1"	7 ϕ 1"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 3/8 c/20cm
V11	J - K	40 x 40	1 ϕ 3/4" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	1 ϕ 3/4" + 3 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 3/4"	3 ϕ 3/4"	2 ϕ 3/4"	ϕ 1/4 c/25cm
V11	K - L	40 x 40	1 ϕ 3/4" + 3 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	3 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	1 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/25cm
V11	L - M	40 x 40	3 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	3 ϕ 5/8" + 3 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	1 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/25cm
V11	M - N	40 x 40	3 ϕ 5/8" + 3 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	5 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/25cm

MÓDULO DEL HERBARIO									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
V11	N - O	40 x 40	5φ1/2"	2φ1/2"	2φ5/8" + 5φ1/2"	2φ1/2"	3φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V11	O - O'	40 x 40	2φ5/8" + 5φ1/2"	2φ5/8" + 5φ1/2"	2φ5/8" + 5φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
V12	J - K	40 x 40	7φ1"	5φ1"	7φ1"	4φ1"	6φ1"	4φ1"	φ 1/4 c/20cm
V13	J - K	40 x 40	1φ1" + 2φ1/2"	2φ1/2"	1φ1" + 2φ1/2"	2φ7/8"	1φ1" + 2φ7/8"	2φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VJ	13 - 12	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VJ	12 - 11	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VJ	11 - 10	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VJ	10 - 9	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VJ	9 - 8	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VJ	8 - 6	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VJ	6 - 4	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VJ	4 - 2	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VJ	2 - 1	40 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VJa	13 - 12	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VJa	12 - 11	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VJa	11 - 10	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VJa	10 - 9	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VJa	9 - 8	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VJa	8 - 6	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VJa	6 - 4	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VJa	4 - 2	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VJa	2 - 1	20 x 50	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm

MÓDULO DEL HERBARIO									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
VK	11 - 10	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VK	10 - 9	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VK	9 - 8	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VK	8 - 6	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VK	6 - 4	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VK	4 - 2	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VK	2 - 1	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VK	13 - 12	50 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VK	12 - 11	50 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VL	4' - 4	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VL	4 - 2	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VL	2 - 1	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VL	11 - 10	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VL	10 - 9	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VL	9 - 8	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VL	8 - 6'	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VM	4 - 2	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8" + 1φ1/2"	2φ5/8" + 1φ1/2"	2φ5/8" + 1φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VM	2 - 1	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8" + 1φ1/2"	2φ5/8" + 1φ1/2"	2φ5/8" + 1φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VM	8 - 6	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VM	6 - 4	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VM	11 - 10	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8" + 1φ1/2"	2φ5/8" + 1φ1/2"	2φ5/8" + 1φ1/2"	φ 1/4 c/25cm

MÓDULO DEL HERBARIO									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
VM	10 - 9	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8" + 1φ1/2"	2φ5/8" + 1φ1/2"	2φ5/8" + 1φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VM	9 - 8	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8" + 1φ1/2"	2φ5/8" + 1φ1/2"	2φ5/8" + 1φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VO	11 - 10	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VO	10 - 9	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VO	9 - 8	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VO	8 - 6	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VO	6 - 4	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VO	4 - 2	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VO	2 - 1	60 x 20	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/25cm
VO'	11 - 10	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VO'	10 - 9	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VO'	9 - 8	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VO'	8 - 6	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VO'	6 - 4	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VO'	4 - 2	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
VO'	2 - 1	20 x 20	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/25cm
P2	O' - O	40 x 60	4φ1"	4φ1"	7φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
P2	O - M	40 x 60	7φ1"	4φ1"	8φ1"	5φ1"	8φ1"	5φ1"	φ 3/8 c/20cm
P2	M - L	40 x 40	8φ1"	2φ1/2"	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P2	L - K	40 x 40	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm

MÓDULO DEL HERBARIO									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
P2	K - J	40 x 40	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	3φ1" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P4	O' - O	40 x 60	4φ1"	4φ1"	7φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
P4	O - M	40 x 60	7φ1"	4φ1"	8φ1"	5φ1"	8φ1"	5φ1"	φ 3/8 c/20cm
P4	M - L	40 x 40	8φ1"	2φ1/2"	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P4	L - K	40 x 40	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P4	K - J	40 x 40	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	3φ1" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P6	O' - O	40 x 60	3φ1"	3φ1"	5φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
P6	O - M	40 x 60	5φ1"	3φ1"	6φ1"	5φ1"	7φ1"	5φ1"	φ 3/8 c/20cm
P6	M - L'	40 x 60	6φ1"	4φ1"	4φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
P8	O' - O	40 x 60	4φ1"	4φ1"	7φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
P8	O - M	40 x 60	7φ1"	4φ1"	8φ1"	5φ1"	8φ1"	5φ1"	φ 3/8 c/20cm
P8	M - L	40 x 40	8φ1"	2φ1/2"	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P8	L - K	40 x 40	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P8	K - J	40 x 40	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	3φ1" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P9	O' - O	40 x 60	4φ1"	4φ1"	7φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
P9	O - M	40 x 60	7φ1"	4φ1"	8φ1"	5φ1"	8φ1"	5φ1"	φ 3/8 c/20cm
P9	M - L	40 x 40	8φ1"	2φ1/2"	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P9	L - K	40 x 40	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm

MÓDULO DEL HERBARIO									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
P9	K - J	40 x 40	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	3φ1" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P10	O' - O	40 x 60	4φ1"	4φ1"	7φ1"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 3/8 c/20cm
P10	O - M	40 x 60	7φ1"	4φ1"	8φ1"	5φ1"	8φ1"	5φ1"	φ 3/8 c/20cm
P10	M - L	40 x 40	8φ1"	2φ1/2"	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P10	L - K	40 x 40	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm
P10	K - J	40 x 40	2φ1" + 3φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	3φ1" + 2φ1/2"	2φ1"	3φ1"	2φ1"	φ 3/8 c/20cm

Tabla 6. Disposición del acero longitudinal y transversal de las vigas - Corredor inferior. Fuente: Elaboración Propia

CORREDOR INFERIOR									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
V6	I - J	70 x 25	5φ5/8"	5φ5/8"	5φ5/8"	7φ3/4"	7φ3/4"	7φ3/4"	φ 1/4 c/30cm
V8	I - J	70 x 25	6φ1" + 3φ3/4"	6φ1"	6φ1" + 3φ3/4"	6φ7/8"	6φ7/8" + 3φ3/4"	6φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V9	I - J	70 x 25	6φ1" + 3φ3/4"	6φ1"	6φ1" + 3φ3/4"	6φ7/8"	6φ7/8" + 3φ3/4"	6φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V10	I - J	70 x 25	6φ1" + 3φ3/4"	6φ1"	6φ1" + 3φ3/4"	6φ7/8"	6φ7/8" + 3φ3/4"	6φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V11	I - J	70 x 25	6φ1" + 3φ3/4"	6φ1"	6φ1" + 3φ3/4"	6φ7/8"	6φ7/8" + 3φ3/4"	6φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V12	I - J	70 x 25	6φ1" + 3φ3/4"	6φ1"	6φ1" + 3φ3/4"	6φ7/8"	6φ7/8" + 3φ3/4"	6φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V13	I - J	55 x 25	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	6φ5/8"	6φ5/8"	6φ5/8"	φ 1/4 c/30cm
V13	K - L	70 x 25	2φ1/2"	3φ1/2"	3φ3/4" + 7φ1/2"	2φ1/2"	6φ1/2"	4φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V13	L - M	70 x 25	3φ3/4" + 7φ1/2"	1φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm

CORREDOR INFERIOR									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
V13	M - N	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V13	N - O	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	4φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V15	BORDE - G	25 x 25	2φ1" + 1φ7/8"	2φ1" + 1φ7/8"	2φ1" + 1φ7/8"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V15	G - I	25 x 25	2φ1" + 1φ7/8"	2φ1"	2φ1" + 1φ7/8" + 1φ5/8"	2φ7/8"	3φ7/8"	2φ7/8" + 3φ5/8"	φ 1/4 c/30cm
V15	I - J	25 x 25	2φ1" + 1φ7/8" + 1φ5/8"	2φ1/2"	2φ1" + 1φ7/8" + 1φ5/8"	2φ7/8" + 3φ5/8"	3φ5/8"	3φ7/8" + 2φ5/8"	φ 1/4 c/30cm
V15	J - K	25 x 25	2φ1" + 1φ7/8" + 1φ5/8"	2φ1"	2φ1" + 1φ7/8"	3φ7/8" + 2φ5/8"	3φ7/8"	2φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V16	BORDE - G	70 x 25	5φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V16	G - H	70 x 25	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V17	BORDE - G	70 x 25	5φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V17	G - H	70 x 25	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V18	BORDE - G	70 x 25	5φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V18	G - H	70 x 25	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V19	BORDE - G	70 x 25	4φ5/8"	4φ5/8"	6φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	7φ5/8"	φ 1/4 c/30cm
V19	G - H	70 x 25	6φ5/8"	4φ5/8"	6φ5/8"	7φ5/8"	9φ5/8"	7φ5/8"	φ 1/4 c/30cm
VG	15 - 16	70 x 25	4φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VG	16 - 17	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	1φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VG	17 - 18	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VG	18 - 19	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	4φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
Vlb	6 - 8	50 x 25	2φ1/2"	2φ1/2"	6φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	φ 1/4 c/30cm

CORREDOR INFERIOR									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
Vlb	8 - 9	50 x 25	6φ1/2"	2φ1/2"	6φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
Vlb	9 - 10	50 x 25	6φ1/2"	2φ1/2"	6φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
Vlb	10 - 11	50 x 25	6φ1/2"	2φ1/2"	6φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
Vlb	11 - 12	50 x 25	6φ1/2"	2φ1/2"	6φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
Vlb	12 - 13	50 x 25	6φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	4φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
VK	15 - 16	70 x 25	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	6φ5/8"	6φ5/8"	6φ5/8"	φ 1/4 c/30cm
VL	BORDE - 13	70 x 25	5φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VL	13 - 16	70 x 25	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VM	BORDE - 13	70 x 25	5φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VM	13 - 16	70 x 25	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VN	BORDE - 13	70 x 25	5φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VN	13 - 16	70 x 25	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VO	BORDE - 13	70 x 25	4φ5/8"	4φ5/8"	6φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	7φ5/8"	φ 1/4 c/30cm
VO	13 - 16	70 x 25	6φ5/8"	4φ5/8"	6φ5/8"	7φ5/8"	9φ5/8"	7φ5/8"	φ 1/4 c/30cm

Tabla 7. Disposición del acero longitudinal y transversal de las vigas - Corredor superior.
Fuente: Elaboración Propia

CORREDOR SUPERIOR									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
VA	7 - 8	70 x 25	6φ5/8"	4φ5/8"	6φ5/8"	7φ5/8"	9φ5/8"	7φ5/8"	φ 1/4 c/30cm
VA	8 - BORDE	70 x 25	6φ5/8"	4φ5/8"	4φ5/8"	7φ5/8"	2φ5/8"	2φ5/8"	φ 1/4 c/30cm
VB	7 - 8	70 x 25	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VB	8 - BORDE	70 x 25	7φ7/8"	5φ7/8"	5φ7/8"	5φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VC	7 - 8	70 x 25	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm

CORREDOR SUPERIOR									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
VC	8 - BORDE	70 x 25	7φ7/8"	5φ7/8"	5φ7/8"	5φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VD	7 - 8	70 x 25	2φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	4φ1" + 2φ7/8" + 2φ5/8"	4φ5/8"	6φ5/8"	5φ7/8" + 4φ5/8"	φ 1/4 c/30cm
VD	8 - 9	70 x 25	4φ1" + 2φ7/8" + 2φ5/8"	4φ1"	4φ1" + 2φ7/8"	5φ7/8" + 4φ5/8"	7φ7/8"	5φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VE	7 - 8	70 x 25	2φ7/8" + 4φ1/2"	2φ1/2"	13φ7/8"	2φ7/8" + 2φ1/2"	4φ7/8"	11φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VE	8 - 9	70 x 25	13φ7/8"	7φ7/8"	9φ7/8"	11φ7/8"	8φ7/8"	6φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VF	7 - 8	70 x 25	2φ3/4" + 2φ1/2"	2φ1/2"	5φ1" + 2φ3/4" + 2φ1/2"	3φ3/4"	5φ3/4"	2φ1" + 3φ3/4"	φ 1/4 c/30cm
VF	8 - 9	70 x 25	5φ1" + 2φ3/4" + 2φ1/2"	2φ1/2"	3φ1" + 2φ3/4"	4φ1" + 1φ3/4"	3φ1"	4φ1"	φ 1/4 c/30cm
VF	9 - 10	70 x 25	3φ1" + 2φ3/4"	2φ3/4"	6φ1" + 2φ7/8" + 2φ3/4"	4φ1"	4φ1"	6φ1" + 1φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VF	10 - 11	70 x 25	6φ1" + 2φ7/8" + 2φ3/4"	2φ3/4"	2φ7/8" + 2φ3/4"	4φ1" + 3φ7/8"	5φ7/8"	3φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VF	11 - BORDE	70 x 25	2φ7/8" + 2φ3/4"	2φ7/8" + 2φ3/4"	2φ7/8" + 2φ3/4"	2φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VG	7 - 8	70 x 25	2φ1" + 2φ1/2"	2φ1/2"	6φ1" + 2φ1/2"	2φ1"	4φ1"	5φ1"	φ 1/4 c/30cm
VG	8 - 9	70 x 25	6φ1" + 2φ1/2"	2φ1/2"	1φ1" + 6φ7/8" + 2φ1/2"	5φ1"	3φ1"	6φ1"	φ 1/4 c/30cm
VG	9 - 10	70 x 25	1φ1" + 6φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	6φ1" + 2φ7/8" + 2φ1/2"	4φ1" + 2φ7/8"	4φ7/8"	4φ1" + 2φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VG	10 - 11	70 x 25	6φ1" + 2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	5φ1" + 2φ7/8" + 2φ1/2"	6φ1"	3φ1"	4φ1"	φ 1/4 c/30cm
VG	11 - 12	70 x 25	5φ1" + 2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	5φ1" + 2φ7/8"	2φ1" + 2φ7/8"	4φ7/8"	5φ1" + 2φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VG	12 - 14	70 x 25	5φ1" + 2φ7/8"	3φ1"	5φ1"	7φ1"	5φ1"	3φ1"	φ 1/4 c/30cm
VG	14 - BORDE	70 x 25	5φ1"	5φ1"	5φ1"	3φ1"	2φ1"	2φ1"	φ 1/4 c/30cm
VI	BORDE - 6	70 x 25	2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ7/8"	2φ7/8"	3φ7/8"	φ 1/4 c/30cm








CORREDOR SUPERIOR									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
VI	6 - 8	70 x 25	2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	5φ1" + 2φ7/8" + 2φ1/2"	3φ7/8"	5φ7/8"	3φ1" + 3φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VI	8 - 9	70 x 25	5φ1" + 2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1" + 2φ1/2"	5φ1" + 1φ7/8"	4φ1"	2φ1"	φ 1/4 c/30cm
VI	BORDE - 10	70 x 25	2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VI	10 - 11	70 x 25	2φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	6φ7/8" + 2φ1/2"	3φ7/8"	5φ7/8"	3φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VI	11 - 12	70 x 25	6φ7/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	3φ7/8"	3φ7/8"	3φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
VI	12 - 14	70 x 25	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ7/8"	2φ7/8"	2φ7/8"	φ 1/4 c/30cm
V1a	10 - 11	20 x 30	2φ1/2"	2φ1/2"	1φ5/8" + 2φ1/2"	3φ1/2"	3φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V1a	11 - 12	20 x 30	1φ5/8" + 2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	3φ1/2"	3φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V8	A - B	70 x 25	4φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V8	B - C	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V8	C - D	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V8	D - E	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V8	E - F	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V8	F - G	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V8	G - I	70 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	4φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V9	E - F	60 x 25	4φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V9	F - G	60 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V9	G - I	60 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	4φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V10	BORDE - F	60 x 25	2φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 4φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V10	F - G	60 x 25	3φ3/4" + 4φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 6φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V10	G - I	60 x 25	3φ3/4" + 6φ1/2"	2φ1/2"	4φ1/2"	3φ1/2"	5φ1/2"	3φ1/2"	φ 1/4 c/30cm
V11	BORDE - F	60 x 25	2φ1/2"	2φ1/2"	3φ3/4" + 4φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	2φ1/2"	φ 1/4 c/30cm






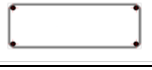


CORREDOR SUPERIOR									
VIGA	TRAMO	SECCIÓN	ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR			ESTRIBOS
			IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	
V11	F - G	60 x 25	3 ϕ 3/4" + 4 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	3 ϕ 3/4" + 6 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	5 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/30cm
V11	G - I	60 x 25	3 ϕ 3/4" + 6 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	4 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	5 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/30cm
V12	G - I	60 x 25	4 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	4 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	5 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/30cm
V14	G - I	60 x 25	4 ϕ 1/2"	2 ϕ 1/2"	4 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	5 ϕ 1/2"	3 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/30cm

IV.2.3. Columnas

Las columnas que presenta la estructura son de forma rectangular y circular, la resistencia del concreto a los 28 días ($f'c_{28}$) empleado en los módulos de Aulas y Dirección es de 100 kgf/cm², para el Herbario es de 200 kgf/cm², mientras que para las columnas del sistema de corredores es de 150 kgf/cm². Se tiene un total de 15 tipos de columnas entre todos los módulos, cuya información referente a su sección y armado tanto longitudinal como transversal se encuentra en la Tabla 8. La ubicación de cada tipo de columna en los distintos módulos se muestra en la Tabla 9.

Tabla 8. Información de tipos de columnas existentes. Fuente: Elaboración propia.

COLUMNA	SECCIÓN	DIMENSIÓN (cm)	ACERO LONGITUDINAL	LIGADURAS
T1		40 x 40	4 ϕ 3/4"	ϕ 1/4 c/30cm
T2		40 x 40	4 ϕ 7/8"	ϕ 1/4 c/20cm
T3		40 x 40	3 ϕ 7/8" + 3 ϕ 5/8"	ϕ 3/8 c/25cm
T4		40 x 40	6 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/30cm
T5		ϕ 40	6 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/30cm
T6		40 x 40	6 ϕ 1"	ϕ 3/8 c/25cm
T7		40 x 40	4 ϕ 1"	ϕ 1/4 c/20cm

COLUMNA	SECCIÓN	DIMENSIÓN (cm)	ACERO LONGITUDINAL	LIGADURAS
T8		40 x 40	8φ1"	φ 3/8 c/25cm
T9		40 x 40	4φ7/8"	φ 1/4 c/25cm
T10		40 x 40	12φ1"	φ 3/8 c/15cm
T11		40 x 40	10φ1"	φ 3/8 c/20cm
T12		20 x 20	4φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
T13		40 x 20	4φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
T14		20 x 20	6φ1/2"	φ 1/4 c/20cm
T15		φ 20	6φ1/2"	φ 1/4 c/20cm

Es importante destacar el armado poco común de algunos tipos de columnas (T3, T4, T6, T8, T10, T11) en las cuales la totalidad de las barras requeridas es distribuida equitativamente solo en dos caras de ellas. Acorde con lo establecido en los planos, estas caras armadas están orientadas perpendicularmente a las vigas que reciben la mayor carga gravitacional de las losas.

Tabla 9. Tipos de columna y ubicación. Fuente: Elaboración propia.

COLUMNA	EJES			
	AULAS	DIRECCION	CORREDORES	HERBARIO
T1	G5 F5 E5 G7 F7 E7 A5 C5 A7 C7	O17 M17 K17 O16 M16 K16 H17 H16	-	N1 N11 J1 J6 J13 MI M11 K1 K6 K13 L1 K11 K10 K9 K8 K2 J11 J12 K12 K4
T2	-	-	-	O1 O11
T3	-	-	-	J2 J4 J8 J9 J10
T4	-	-	-	L9 L10
T5	-	-	-	L2 L4 L8
T6	-	-	-	M2 M4 M8 M9 M10
T7	-	-	-	M6 O6
T8	D3 B3	N18 L18 J18	-	O2 O4 O8 O9 O10

COLUMNA	EJES			
	AULAS	DIRECCION	CORREDORES	HERBARIO
T9	G3 F3 E3 A3 C3	O18 M18 K18 H18	-	-
T10	B7	N16 J16	-	-
T11	D7	L16	-	-
T12		-	I6 I8 I10 I11 I12	-
T13	-	-	J15 K15	-
T14	-	-	G14 I14 G15 I15	-
T15	-	-	COLUMNA TIPO	-

Como se puede observar en la Tabla 9 la columna que más se repite en todo el conjunto en la columna tipo T1, estando presente en gran cantidad en todos los módulos. El otro tipo de columna presente en todos los módulos pero con menos frecuencia es el tipo T8. También puede observarse que las columnas empleadas en el sistema de corredores no están presentes en ninguno de los módulos.

CAPÍTULO V IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA

V.1. Elementos no concebidos en el diseño original

A través de la inspección visual realizada para verificar que los planos suministrados por COPRED coincidieran con la realidad de la edificación, se logró comprobar:

- V.1.1. En los módulos estudiados no existen elementos estructurales adicionales que no estuvieran concebidos en el diseño original.
- V.1.2. Se constató que la columna L2 del módulo del Herbario fue embonada para lograr la apariencia rectangular que actualmente posee, sin embargo la distribución de sus aceros longitudinales está hecha acorde a la disposición en los planos, es decir, de forma circular.
- V.1.3. Sobre las vigas VM (1-4) y VM (8-11) no existe ningún antepecho como se indica en los planos, por lo que esta carga no fue tomada en cuenta para el análisis.
- V.1.4. En los alrededores del sistema de corredores se observó la existencia de paredes de bloques de ventilación, las mismas están sostenidas por machones rectangulares de 20x30 cm, los cuales no tienen ningún tipo de conexión estructural con la losa de techo, ni con ningún elemento estructural.
- V.1.5. En la parte Oeste de la edificación, se observó la existencia de una estructura independiente a los módulos estudiados que cumple la función de comedor para el personal que labora en el Instituto. Esta estructura no tiene ningún tipo de conexión que pueda afectar el comportamiento estructural de los módulos adyacentes. Está construida con un sistema aporticado en dos direcciones ortogonales con columnas de 20x30cm. cuyo detallado se desconoce ya que no se contó con los planos estructurales de los mismos.

V.2. Identificación de daños

De la inspección visual realizada y en base a lo establecido en Tabla 2 se lograron identificar los daños presentes en la estructura, clasificarlos y asignarles un nivel de deterioro a los mismos. En el Anexo A se presentan las imágenes de algunos de los daños observados.

V.2.1. Módulo de Aulas

A continuación se presentan los daños observados en el módulo de Aulas. (Ver Tabla 10 hasta la Tabla 12). Se puede observar en la Figura 20 un mapa de daños, donde se aprecia de manera conjunta la ubicación de los daños y su grado. La clasificación de las columnas y paredes se basó en el criterio de grietas, mientras que para la losa de techo se presenta la ubicación de las manchas de humedad y las grietas observadas. En las vigas de la mencionada edificación no se observó ningún tipo de daño.

Tabla 10. Daños observados en el módulo de Aulas. Losas. Fuente: Elaboración Propia.

Módulo: Aulas - Losas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
Losa de techo entre ejes F-G y 3-5	Humedad	1	-
Losa de techo entre ejes B-C y 5-7	Humedad	1	Cercano a Aire Acondicionado.

Tabla 11. Daños observados en el módulo de Aulas. Columnas. Fuente: Elaboración Propia.

Módulo: Aulas - Columnas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
E7	Desprendimiento de Mosaicos	1	En la base del elemento.
	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento.
D7	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento, fisuras formando 45° a la altura de ventana-pared.
C7	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento.
B7	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento. Con mayor concentración en área de unión pared- ventana.
G5	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento.
F7	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento.
G7	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento.

Módulo: Aulas - Columnas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
	Humedad	2	A la altura de techo de corredores.
G3	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento.
A7	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento.
A5	Grietas	1	Fisuras Interconectadas a lo largo de todo el elemento.
A3	Poros	2	-
	Grietas	1	Fisuras Interconectadas a lo largo de todo el elemento.
F3	Humedad	1	En la base del elemento, a nivel del jardín.
E3	Grietas	1	Formado 45 °, en la base del elemento.
D3	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento.
C3	Grietas	1	Fisuras transversales a lo largo de todo el elemento.
B3	Poros	2	-
	Humedad	1	-
	Recubrimiento	1	En la base del elemento, cara Sur-Oeste.
	Corrosión	2	En la base del elemento, cara Sur-Oeste.

Tabla 12. Daños observados en el módulo de Aulas. Paredes. Fuente: Elaboración Propia.

Módulo: Aulas - Paredes			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
A (3-5)	Desprendimiento de Mosaicos	2	-
	Grietas	2	En la parte superior del elemento, a 45°.
A (7-5)	Desprendimiento de Mosaicos	1	-
	Grietas	2	Grieta horizontal a nivel de techo de corredores.
C (3-5)	Grietas	1	Cara Oeste. Desde esquina superior a 45°.
F (3-5)	Grietas	1	Cara Oeste. Grieta con inclinación.
PARASOL G3	Desprendimiento de Mosaicos	2	En extremo libre del parasol.
PARASOL E3	Desprendimiento de Mosaicos	2	En extremo libre del parasol.
PARASOL C3	Desprendimiento de Mosaicos	1	Cercano a columna.

Módulo: Aulas - Paredes			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
PARASOL A3	Desprendimiento de Mosaicos	2	En extremo libre del parasol.
	Grietas	1	Grieta horizontal en mosaico. Cara Este.

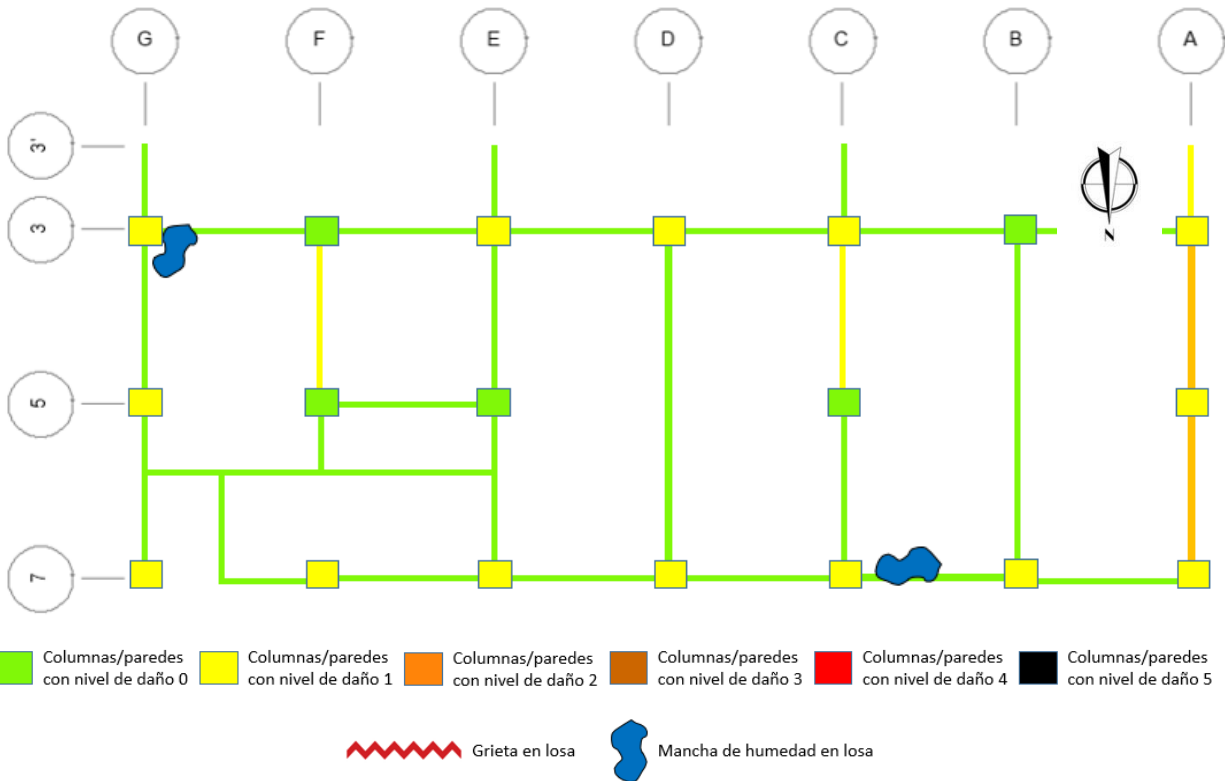


Figura 20. Mapa de daños - Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración Propia.

Es importante destacar que en las paredes ubicadas en los ejes de letras de este módulos, se hace notoria la presencia de grietas en las juntas pared-columna y pared-viga como las mostradas en la Figura 21.



Figura 21. Grieta separación pared-columna y pared-viga. Fuente: Fotografía capturada el día 26-05-2015.

Como se puede observar en el mapa de daños (Ver Figura 20) la zona que presenta mayor nivel de deterioro, es el ala Oeste del módulo, específicamente en las cercanías del eje A. Es importante destacar la existencia de grietas a 45° en algunas paredes de la edificación, indicando la posibilidad de algún asentamiento diferencial en algún apoyo, tal como se indica en la sección II.8.5.

V.2.2. Módulo de Dirección

A continuación se presentan los daños observados en el módulo de Dirección. (Ver Tabla 13 hasta la Tabla 15). Se puede observar en la Figura 22 un mapa de daños, donde se aprecia de manera conjunta la ubicación de los daños y su nivel de deterioro. La clasificación de las columnas y paredes se basó en el criterio de grietas, mientras que para la losa de techo se presenta la ubicación de las manchas de humedad y las grietas observadas. En las vigas de la mencionada edificación no se observó ningún tipo de daño.

Tabla 13. Daños observados en el módulo de Dirección. Losas. Fuente: Elaboración propia.

Módulo: Aulas - Losas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
Losa de techo entre ejes L-M y 17-18	Grietas	2	Extremo coincide con mancha por humedad.
	Humedad	1	-
Losa de techo entre ejes M-N y 17-18	Grietas	2	-
Losa de techo entre ejes O-N y 17-18	Grieta	2	Extremo coincide con mancha por humedad.
	Humedad	1	-
Losa de techo entre ejes M-N y 16-17	Grietas	1	-

Tabla 14. Daños observados en el módulo de Dirección. Columnas. Fuente: Elaboración propia.

Módulo: Dirección - Columnas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
H17	Grietas	2	Grieta transversal a 2/3 de la base (Cara Este). Fisuras Transversales a todo lo largo del elemento (Cara Oeste).
H16	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
J16	Grietas	1	Fisura a la altura de unión Pared-Ventana.
K18	Recubrimiento	1	Desprendimiento de recubrimiento en contacto con parasol.
L18	Grietas	1	Fisuras interconectadas a todo lo largo del elemento.
L16	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
M16	Grietas	1	Fisuras interconectadas en L/2.
N18	Grietas	1	Fisuras interconectadas en la base.
O18	Grietas	2	Grieta transversal importante a L/2 y fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
O17	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.

Módulo: Dirección - Columnas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
O16	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
K16	Grietas	2	Grietas transversales a todo lo largo del elemento.

Tabla 15. Daños observados en el módulo de Dirección. Paredes. Fuente: Elaboración propia.

Módulo: Dirección - Paredes			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
K (17-18)	Grietas	2	Grietas a 45°.
17 (M-O)	Grietas	2	Grieta casi vertical.
17 (K-M)	Grietas	2	Grieta horizontal que inicia en marco de puerta. Grieta vertical.
O (16-17)	Grietas	2	Grieta horizontal y vertical.
PARASOL H18	Grietas	1	Grieta horizontal en mosaicos.
PARASOL K18	Desprendimiento de Mosaicos	1	En extremo libre del parasol.
	Grietas	1	Grieta horizontal en mosaicos.
PARASOL M18	Grietas	1	Grieta horizontal en mosaicos.
PARASOL O18	Desprendimiento de Mosaicos	1	-
	Grietas	2	Grietas verticales y horizontales en mosaicos.

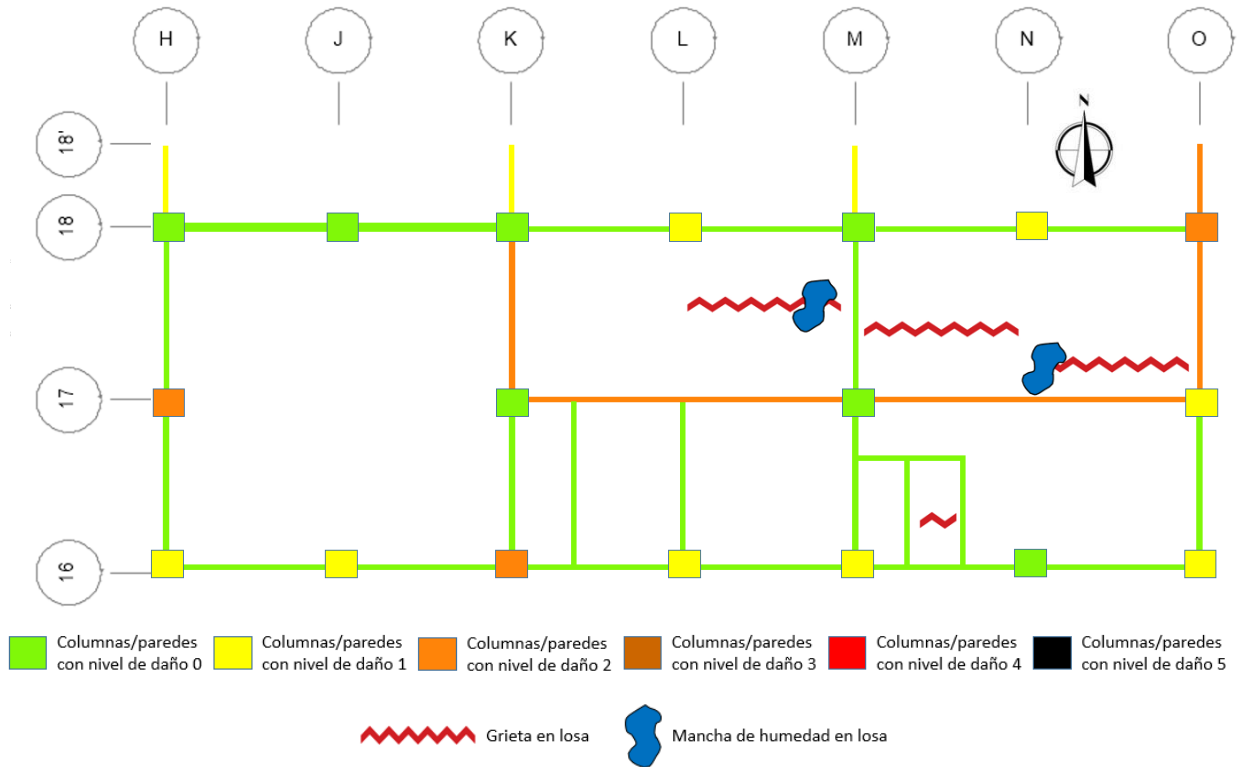


Figura 22. Mapa de daños - Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que en la mayoría de las paredes ubicadas en los ejes K, M y O de este módulo, se hace notoria la presencia de grietas en las juntas pared-columna. En todos los parasoles de este módulo se evidencia la separación del parasol de la columna cercana y de la losa de techo como se muestra en la Figura 23.

Como se puede observar en el mapa de daños (Ver Figura 22), la zona que se encuentra mayormente afectada es el área Noreste del módulo, específicamente el área comprendida entre los ejes K-O y 17-18. Según lo mostrado desde la Tabla 13 hasta la Tabla 15, el mayor tipo de daño observado en este módulo son grietas.



Figura 23. Separación Parasol-Columna y Parasol-Techo. Fuente: Fotografía capturada el día 16-06-2015.

V.2.3. Módulo del Herbario

A continuación se presentan los daños observados en el módulo del Herbario. (Ver Tabla 16 hasta la Tabla 18). Se puede observar en la Figura 24 un mapa de daños, donde se aprecia de manera conjunta la ubicación de los daños y su nivel de deterioro. La clasificación de las columnas y paredes se basó en el criterio de grietas, mientras que para la losa de techo se presenta la ubicación de las manchas de humedad y las grietas observadas. En las vigas de la mencionada edificación no se observó ningún tipo de daño.

Tabla 16. Daños observados en el módulo del Herbario. Losas. Fuente: Elaboración propia.

Módulo: Herbario - Losas.			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
Losa de techo entre ejes J-K y 12-13	Grieta	2	-
Losa de techo entre ejes M-L y 9-10	Humedad	1	-

Módulo: Herbario - Losas.			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
Losa de techo entre ejes J-K y 6-8	Humedad	1	Área de baños.
Losa de techo entre ejes J-K y 4-6	Humedad	1	Área de laboratorio.

Tabla 17. Daños observados en el módulo del Herbario. Columnas. Fuente: Elaboración propia.

Módulo: Herbario - Columnas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
O11	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
O10	Grietas	2	Fisuras interconectadas desde unión pared-ventana hasta el techo.
O9	Grietas	2	Fisuras interconectadas desde unión pared-ventana hasta el techo. Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
O8	Grietas	1	Fisuras interconectadas desde unión pared-ventana hasta el techo.
O6	Grietas	1	Fisuras interconectadas desde unión pared-ventana hasta el techo.
O4	Grietas	1	Fisuras interconectadas desde unión pared-ventana hasta el techo.
O2	Grietas	1	Fisuras interconectadas desde unión pared-ventana hasta el techo. Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
O1	Grietas	2	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
N1	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
M1	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
	Humedad	1	Cara Oeste. Por cercanía a pared afectada.
L1	Grietas	1	Fisuras interconectadas a todo lo largo del elemento.
M9	Humedad	1	En cercanía con ducto de Aire Acondicionado.

Módulo: Herbario - Columnas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
M11	Grietas	1	Fisuras interconectadas a todo lo largo del elemento.
L11	Grietas	1	Fisuras interconectadas a todo lo largo del elemento, con mayor concentración en longitud de ventana.
J10	Grietas	2	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento. Grieta cara Este a nivel de corredor inferior.
J11	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
J9	Grietas	2	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
J4	Grietas	2	Fisuras interconectadas a todo lo largo del elemento. Grietas en nodo.
N11	Grietas	1	Fisuras interconectadas a todo lo largo del elemento.
K1	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
J1	Recubrimiento	1	-
	Grietas	2	Fisuras transversales todo lo largo del elemento. Grietas en nodo.
J2	Grietas	2	Fisuras interconectadas a todo lo largo del elemento. Grietas en nodo.
K12	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
K13	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
J12	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
J13	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.

Tabla 18. Daños observados en el módulo del Herbario. Paredes. Fuente: Elaboración propia.

Módulo: Herbario - Paredes			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
L (1-2)	Grietas	2	Grieta a 45 °.
1 (M-L)	Humedad	1	Cercano a columna M1.
13 (J-K)	Grietas	2	Horizontal a nivel de techo de corredores.

Módulo: Herbario - Paredes			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
K (12-13)	Humedad	1	Cercanía a ventana.
PARASOL O11	Desprendimiento de Mosaicos	2	-
	Grietas	1	Grieta vertical en mosaicos.
PARASOL O10	Desprendimiento de Mosaicos	1	-
	Grietas	1	Grieta horizontal en mosaicos.
PARASOL O9	Desprendimiento de Mosaicos	1	-
	Grietas	1	Grieta vertical en mosaicos.
PARASOL O8	Desprendimiento de Mosaicos	2	-
	Grietas	1	Grieta vertical en mosaicos.
PARASOL O6	Desprendimiento de Mosaicos	2	-
	Grietas	1	Grieta vertical en mosaicos.
PARASOL O4	Desprendimiento de Mosaicos	2	-
	Grietas	1	Grieta horizontal en mosaicos.
PARASOL O2	Desprendimiento de Mosaicos	2	-
PARASOL O1	Desprendimiento de Mosaicos	1	-

En todos los parasoles de este módulo se evidencia la separación del mismo de la columna cercana y de la losa de techo. Como se observa en el mapa de daños (Ver Figura 24) las columnas más afectadas por grietas son las columnas perimetrales, y no existe un área específica que se pueda afirmar que sea de mayor afectación. La mayor afectación es por fisuras interconectadas cuya causa probablemente sea el cambio de temperatura, ya que se observaron en columnas expuestas a la intemperie que están sometidas a ciclos de lluvia y calor, como se indica en la sección II.8.5.

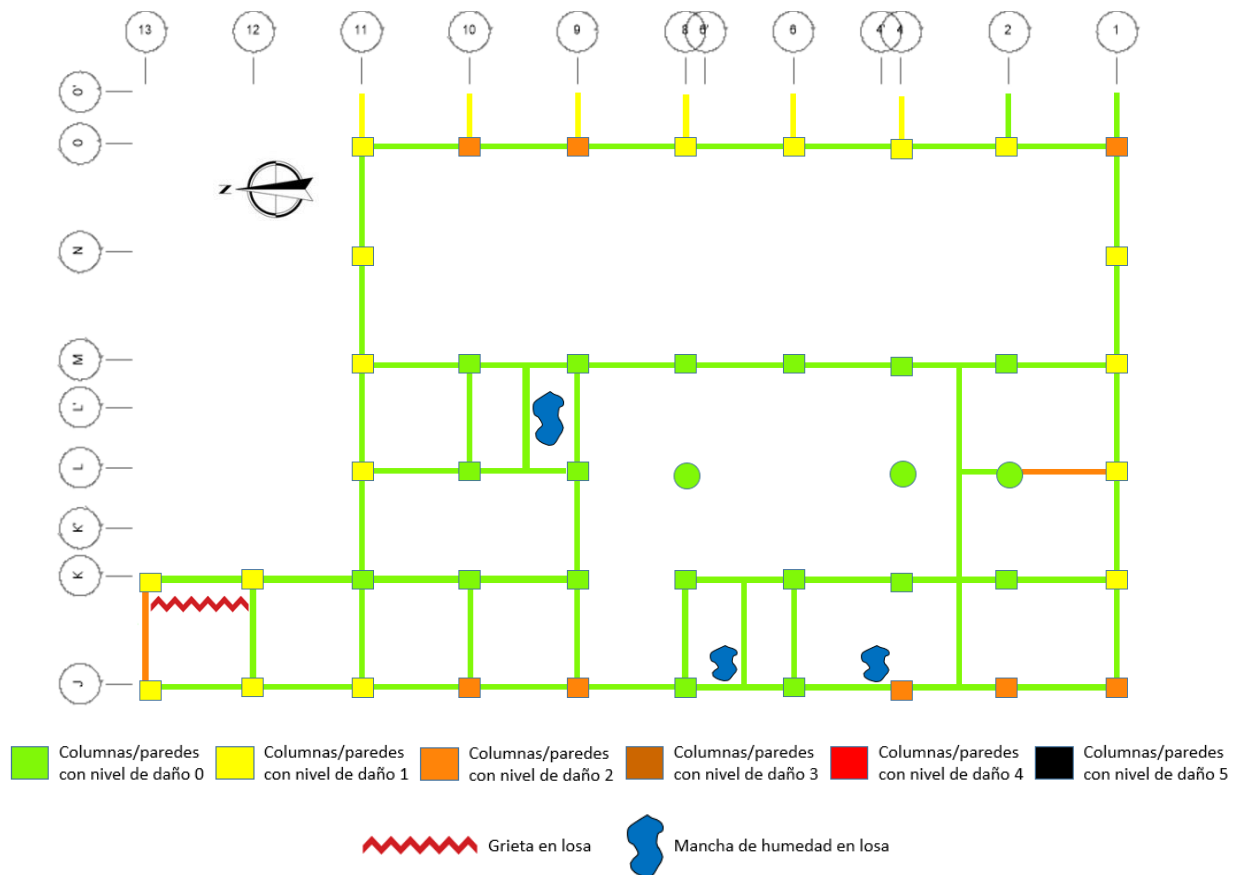


Figura 24. Mapa de daños - Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

V.2.4. Sistema de corredores

A continuación se presentan los daños observados en el sistema de corredores. (Ver Tabla 19 hasta la Tabla 21). Para una mejor visualización, el mapa de daños se presenta separado en tres (3) partes (Ver Figura 25 hasta la Figura 27). En estos mapas de daños se aprecia de manera conjunta la ubicación de los daños y su nivel de deterioro. La clasificación de las columnas se basó en el criterio de grietas, mientras que para la losa de techo se presenta la ubicación de las manchas de humedad y las grietas observadas.

Tabla 19. Daños observados en el sistema de corredores. Losas. Fuente: Elaboración Propia.

Módulo: Sistema de corredores - Losas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
Losa de techo entre ejes G-H y 17-18	Humedad	1	-

Módulo: Sistema de corredores - Losas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
Losa de techo entre ejes I-J y 15-16	Humedad	1	-
Losa de techo entre ejes J-K y 15-16	Humedad	1	Cercano a ubicación de compresores de A/A.
Losa de techo entre ejes L-M y 15-16	Humedad	1	Cercano a ubicación de compresores de A/A.
Losa de Techo en eje N entre 15-16	Humedad	1	Alrededor de bajante de aguas de lluvia.
Losa de techo entre ejes N-O y 15-16	Humedad	1	Cercano a ubicación de compresores de A/A.
Losa de techo entre ejes N-O y 15-16	Grieta	2	-
Losa de techo entre ejes I-J y 12-14	Humedad	1	Cercano a ubicación de compresores de A/A.
Losa de techo en eje 12 entre I-J	Humedad	1	Alrededor de bajante de aguas de lluvia.
Losa de techo en eje 10 entre I-J	Humedad	1	Alrededor de bajante de aguas de lluvia.
Losa de techo entre ejes I-J y 9-10	Humedad	1	Cercano a ubicación de compresores de A/A.
Losa de techo entre ejes E-F y 10-11	Humedad	1	-
Losa de techo entre ejes F-G y 10-11	Grieta	2	-
Losa de techo entre ejes G-I y 10-11	Grieta	2	-

Módulo: Sistema de corredores - Losas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
Losa de techo entre ejes G-I y 8-9	Humedad	1	-

Tabla 20. Daños observados en el sistema de corredores. Columnas. Fuente: Elaboración propia.

Módulo: Sistema de corredores - Columnas			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
G8	Humedad	1	En la base del elemento. Bajante a un lado.
G10	Recubrimiento	1	En donde se fijan las barandas.
G14	Humedad	1	En la base del elemento.
G15	Humedad	1	En la base del elemento.
J15	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento y una longitudinal.
K15	Grietas	1	Fisuras transversales a todo lo largo del elemento.
I12	Humedad	1	En el nodo.
	Grietas	2	Fisura longitudinal y transversales a todo lo largo del elemento. Grieta en nodo.
I11	Grietas	1	Grieta en mosaico, hacia el tope de la columna.
I10	Humedad	1	En el nodo.
	Grietas	2	Fisuras interconectadas y grieta a nivel de piso acabado del corredor superior
I8	Humedad	1	En el nodo.
I6	Grietas	2	En el nodo.

Tabla 21. Daños observados en el sistema de corredores. Paredes y Vigas. Fuente: Elaboración propia.

Módulo: Sistema de corredores - Paredes y Vigas.			
Elemento	Tipo de Daño	Nivel	Observación
Pared I (10-12)	Grietas	2	Grietas horizontales en mosaicos, a nivel de piso acabado de Corredor Superior.
VJa (9-10)	Grietas	1	Grieta a 45 ° cercano al apoyo 10.
VJa (6-8)	Grietas	1	Grieta a 45 ° cercano al apoyo 6.

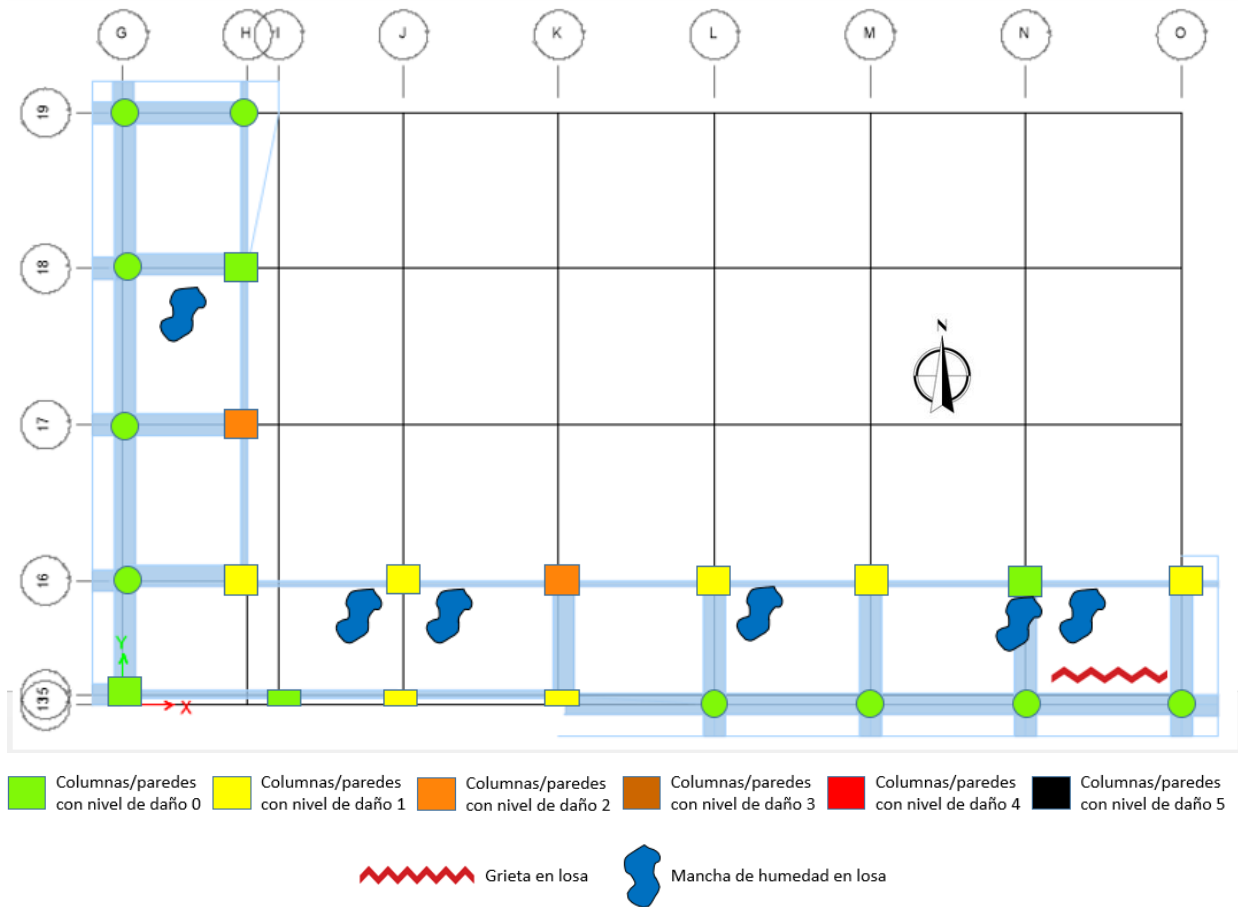


Figura 25. Mapa de daños. Sistema de corredores - Corredor inferior (Parte 1). Fuente: Elaboración propia

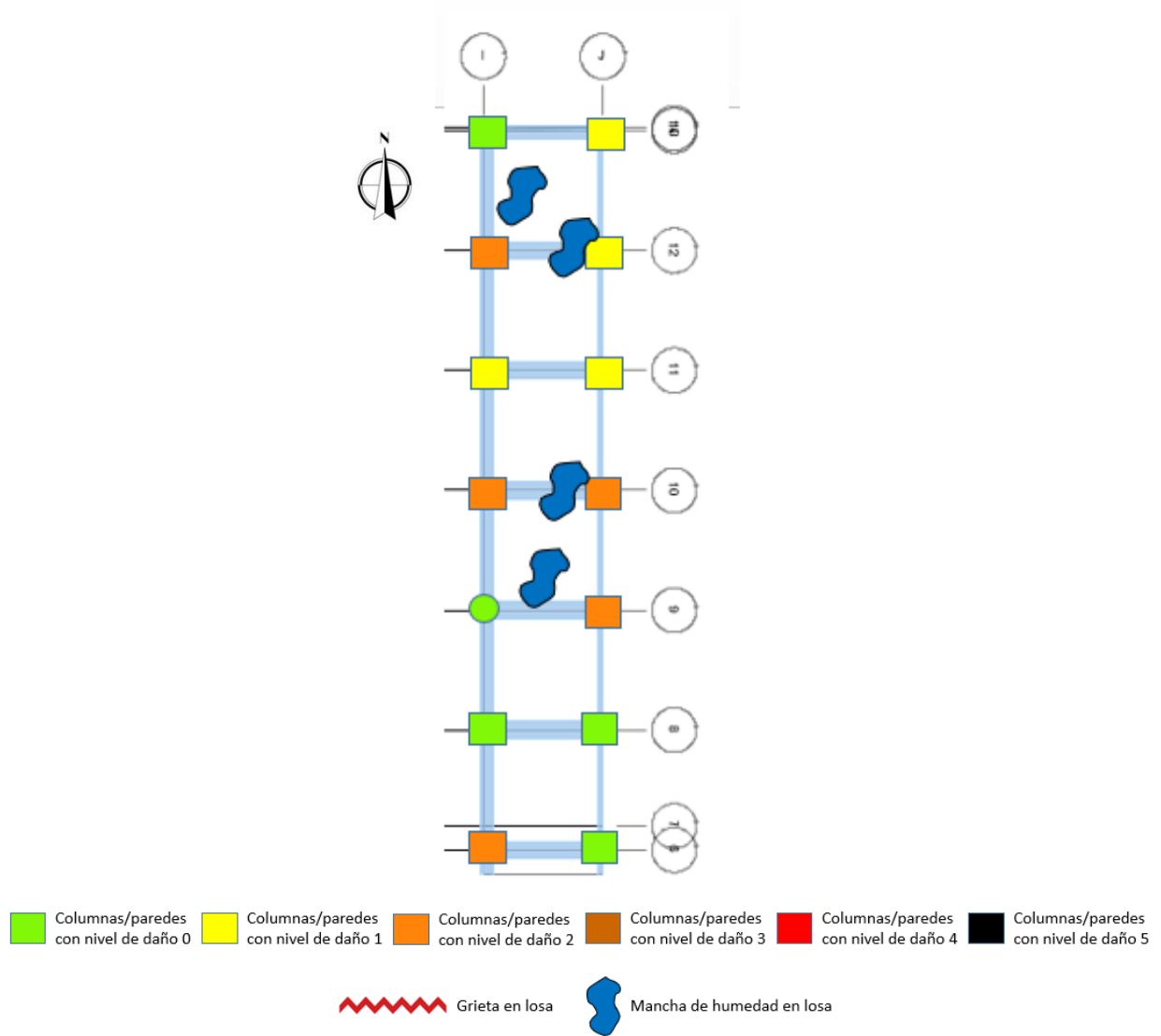


Figura 26. Mapa de daños. Sistema de corredores - Corredor inferior (Parte 2). Fuente: Elaboración propia.

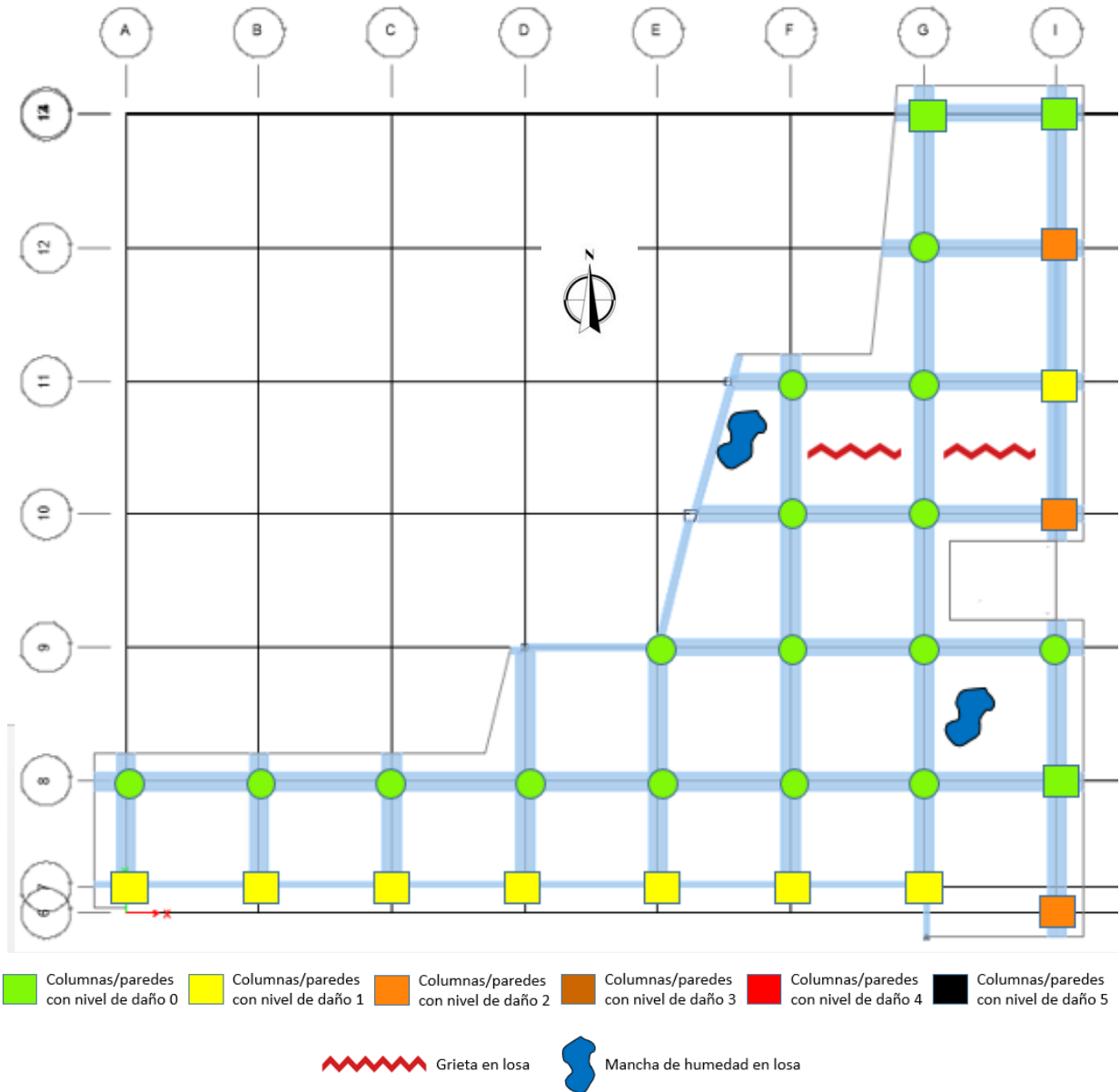


Figura 27. Mapa de daños. Sistema de corredores - Corredor superior. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en los mapas de daños presentados, se evidencia con bastante frecuencia en el sistema de corredores manchas por humedad en los elementos que lo constituyen, específicamente en la losa; este daño se presenta con mayor frecuencia que en los módulos evaluados (Aulas, Dirección y Herbario), probablemente por la mayor concentración de compresores de aires acondicionados sobre la losa de techo.

V.3. Ensayo no destructivo a vigas y columnas

El ensayo no destructivo realizado a vigas y columnas de la edificación fue realizado con el instrumento “Ferroskan PS 200” y con el apoyo del personal técnico del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la UCV. Este ensayo se realizó con el fin de conocer la cantidad de barras de acero longitudinal, el recubrimiento de las mismas y la separación del acero transversal presente en los elementos estudiados.

Para la selección de los elementos a ensayar se tomó en cuenta el número de caras visibles, la accesibilidad del elemento, y su representatividad dentro del conjunto. En el caso de las columnas, se tomó con mayor importancia aquellas columnas que como se mencionó anteriormente presentan un armado poco común y no equitativo entre sus caras, ya que la orientación de las barras juegan un papel importante dentro del comportamiento estructural de la edificación.

Se ensayaron un total de siete (7) columnas cuyos resultados se muestran en la Tabla 22. En la misma se resaltan en rojo las diferencias desfavorables con respecto a la información contenida en los planos, y en verde aquellas columnas que a pesar de que difieran de lo establecido en los planos, estas diferencias no influyen negativamente.

Tabla 22. Resultado del ensayo no destructivo a columnas. Fuente: Elaboración propia.

COLUMNA	TIPO	MODULO	CARA	Numero de barras longitudinales		Separación de ligaduras		Recubrimiento aproximado
				Ensayo	Plano	Ensayo	Plano	
C5	T1	Aulas	Oeste	2	2	c/25 cm.	c/30 cm.	4 cm.
			Este	Ver nota 1	2			Ver nota 1
E8	T15	Corredores	Circular	6	6	c/20 cm.	c/20 cm.	4 cm.
D7	T11	Aulas	Norte	4	5	c/25 cm.	c/20 cm.	5 cm.
G7	T1	Aulas	Oeste	3	2	c/20 cm.	c/30 cm.	5 cm.
			Este	3	2			5 cm.
			Norte	2	2			5 cm.
J4	T3	Herbario	Oeste	3	3	c/20 cm.	c/25 cm.	4 cm.
			Este	3	3			4 cm.
J9	T3	Herbario	Sur	3	3	c/15 cm.	c/25 cm.	5 cm.
			Oeste	3	3			5 cm.
L18	T8	Dirección	Sur	4	4	c/25 cm.	c/25 cm.	6 cm.
			Norte	4	4			6 cm.

Nota 1: El ensayo no pudo ser llevado a cabo ya que en esta cara del elemento se observó la presencia de una malla para frisar, la cual interfería con los aceros principales. Esta malla fue colocada probablemente con la finalidad de evitar la separación pared-columna que se muestra en la Figura 28.



Figura 28. Grieta por separación pared-columna. Fuente: Fotografía capturada el día 26-05-2015

En la Figura 29 se presenta una de las imágenes tomadas con el Ferroskan SP 200 a la columna L18 del módulo de Dirección

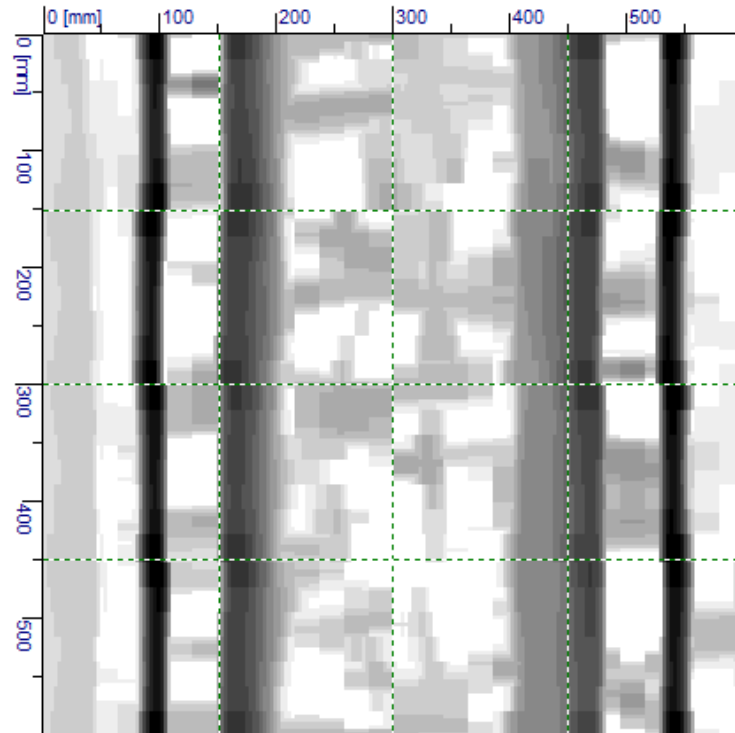


Figura 29. Armado de la columna L18. Fuente: Imagen capturada por el Ferroskan en ensayo del día 28-07-2015.

Como se puede observar en la Tabla 22, de las siete (7) columnas ensayadas, la mayoría (aproximadamente el 71%) cumplió con lo establecido en los planos en cuanto al número de barras longitudinales. Sólo el 28% de las columnas cumplen con la separación del acero transversal establecidas originalmente; sin embargo, la mayoría de ellas (57%) presentan separaciones del acero transversal menores a lo establecido en los planos, lo que finalmente mejora el comportamiento estructural ante un sismo. Hay que destacar que de las columnas ensayadas que están armadas atípicamente como lo son la T3, T8 y T11, solo la columna tipo T11 presentó diferencias en cuanto al número de barras presentes en las caras armadas y es la única columna ensayada cuya separación del acero transversal es mayor que lo establecido en los planos, esto afecta negativamente el comportamiento de la columna ya que probablemente no sea capaz de resistir las fuerzas cortantes para las cuales fue diseñada. La columna tipo T1 es la que se encuentra con mayor frecuencia dentro de los módulos estudiados y se pudo verificar que no presentan diferencias significativas con respecto a lo establecido en los planos.

Se ensayaron en total de tres (3) tramos de vigas, la altura de las vigas en los módulos representó un problema a la hora de tener acceso a la mayoría de ellas. Los resultados del ensayo se presentan en la Tabla 23 donde se resaltan en rojo las diferencias desfavorables con respecto a la información contenida en los planos, y en verde aquellas vigas que a pesar de que difieran de lo establecido en los planos, estas diferencias no influyen negativamente.

Tabla 23. Resultado del ensayo no destructivo a vigas. Fuente: Elaboración propia.

VIGA	MODULO	CARA	Numero de barras longitudinales		Separación de estribos		Recubrimiento aproximado
			Ensayo	Plano	Ensayo	Plano	
VE (8-9)	Corredores	Inferior	8	8	c/12 cm.	c/30cm.	5cm.
Vlb (6-8)	Corredores	Lateral	2	2	c/20 cm.	c/30cm.	4cm.
V10 (K-L)	Herbario	Inferior	5	3	c/20 cm.	c/20 cm.	5cm.

Como se puede observar en la Tabla 23, de las tres (3) vigas ensayadas, la mayoría (aproximadamente el 67%) cumplió con lo establecido en los planos en cuanto al número de barras longitudinales. Sólo el 33% de las vigas ensayadas cumplen con la separación del acero transversal establecidas originalmente, sin embargo, el 67% restante presentan separaciones del acero transversal menores a lo establecido, lo que finalmente mejora el comportamiento estructural ante un sismo. Solo la viga V10 (K-L) presenta una diferencia significativa ya que en el ensayo se apreciaron cinco (5) barras longitudinales y en el plano se indican que deben ser solo tres (3).

CAPÍTULO VI RECÁLULO DE LA ESTRUCTURA

VI.1. Determinación del método de análisis estructural

En la norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”, en su capítulo 6, aparte 6.5.2 se indican las características necesarias para la clasificación de una estructura como irregular. Al aplicar este capítulo a las estructuras en estudio se tiene que todas son regulares a excepción del sistema de corredores. En la Figura 30 y la Figura 31 se puede observar la vista en planta del sistema de corredores inferiores.

Según lo establecido en el aparte 6.5.2.b.4.ii cuando se presente plantas con entrantes cuya menor longitud exceda el 40% de la dimensión del menor rectángulo que inscribe a la planta medida paralelamente a la dirección del entrante será considerada una planta con diafragma flexible. Como se muestra en la Figura 30 una parte de los corredores inferiores se clasificaría con esta irregularidad.

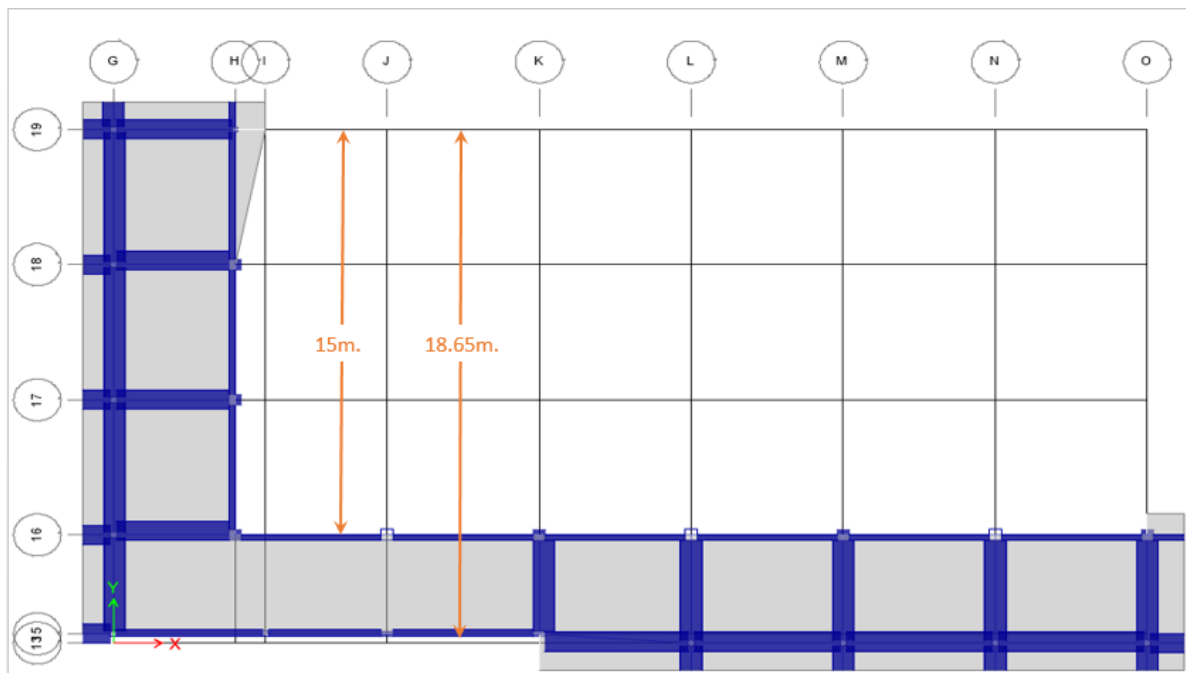


Figura 30. Irregularidad en planta - Corredor inferior (Parte 1). Fuente: Elaboración propia.

Acorde al aparte 6.5.2.b.4.v cuando en alguna planta el cociente largo/ancho del menor rectángulo que inscriba a dicha planta sea mayor que 5 será considerada una planta con

diafragma flexible. Como se muestra en la Figura 31 la otra parte de los corredores inferiores también se clasificaría con esta irregularidad.

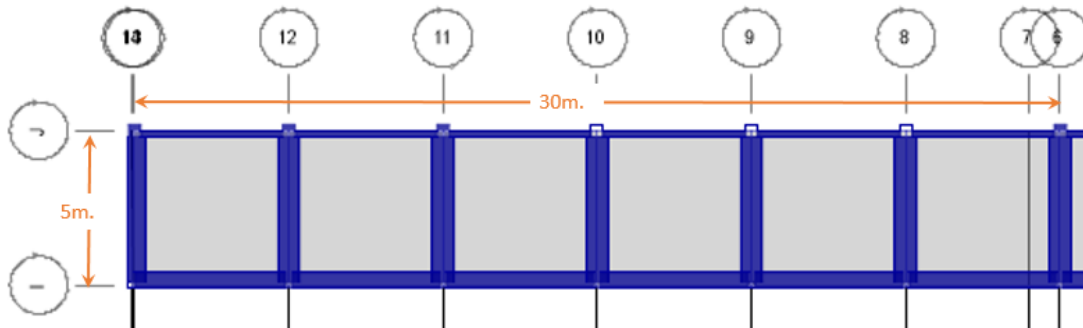


Figura 31. Irregularidad en planta - Corredor inferior (Parte 2). Fuente: Elaboración propia.

El corredor superior, a pesar de no presentar una forma en planta tipificable por la norma, se observa que es bastante irregular, por lo que también se consideró una planta con diafragma flexible.

En el capítulo 9 de la norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes” se establecen los métodos de análisis que como mínimo deben ser empleados para las edificaciones regulares (Ver Tabla 24) e irregulares (Ver Tabla 25), aclarando que los métodos especificados pueden sustituirse por otros más refinados.

Tabla 24. Selección del método de análisis para edificios de estructura regular. Fuente: Norma COVENIN 1756:2001-1.

ALTURA DE LA EDIFICACIÓN	REQUERIMIENTO MÍNIMO
No excede 10 pisos ni 30 metros	Análisis Estático
Excede 10 pisos o 30 metros	Análisis Dinámico Plano

Tabla 25. Selección del método de análisis para edificios de estructura irregular. Fuente: Norma COVENIN 1756:2001-1.

TIPO DE IRREGULARIDAD (SECCION 6.5.2)		REQUERIMIENTO MÍNIMO
VERTICAL	a.1; a.2; a.4; a.7; a.8	ANÁLISIS DINÁMICO ESPACIAL
	a.3; a.5; a.6	ANÁLISIS DINÁMICO PLANO
EN PLANTA	b.1; b.2; b.3	ANÁLISIS DINÁMICO ESPACIAL
	b.4	ANÁLISIS DINÁMICO ESPACIAL CON DIAFRAGMA FLEXIBLE

Para los módulos de Dirección, Aulas y Herbario se seleccionó el método de Análisis Dinámico Espacial, en el cual se emplea el Método de Superposición Modal con tres grados de Libertad por Nivel, ya que es este el método empleado por el programa de análisis seleccionado. Sin embargo, para el sistema de corredores, debido a su condición, se debe realizar un Análisis Dinámico Espacial con Diafragma Flexible.

Es importante destacar que en el análisis dinámico espacial se requiere la evaluación de la torsión adicional con el fin de considerar los efectos de excentricidades accidentales y de la componente rotacional del terreno. Para el caso de diafragmas rígidos se considera una excentricidad accidental del 6% de la dimensión de la planta, sin embargo, en el caso de diafragmas flexibles se hace necesario incluir cuatro (4) modelos adicionales, en los cuales se varia gradualmente la distribución de la masa de cada piso hasta desplazar el centro de masa una distancia dx en la dirección "X" y una distancia dy en la dirección "Y".

Acorde a comentarios de expertos, las diferencias en el diseño suelen ser muy pequeñas al momento de evaluar esta torsión adicional en plantas con diafragma flexible, considerando además la dificultad que representa variar la distribución de las masas en los modelos presentados se definió que para fines de este Trabajo Especial de Grado no se evaluará este punto. Sin embargo, las edificaciones con esta condición serán modeladas con diafragma flexible, quedando para futuras investigaciones la evaluación de los cuatro (4) modelos adicionales.

VI.2. Tipo de sistema estructural

Tomando en cuenta lo establecido en el capítulo 6 de la norma COVENIN 1756:2001-1 "Edificaciones Sismorresistentes" en su aparte 6.3.1, las estructuras en estudios son clasificadas como Tipo I ya que las mismas deben ser capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante las vigas y columnas existentes.

VI.3. Cargas gravitacionales consideradas en el diseño

Para la determinación de las solicitaciones actuantes en la estructura por acciones permanentes y variables se tomó en cuenta lo establecido en la norma COVENIN 2002:1998 “Criterios y acciones mínimas para el proyecto de Edificaciones”.

Se define como acciones permanentes aquellas que actúan continuamente sobre la edificación y cuya magnitud puede considerarse invariable en el tiempo, como las cargas debidas al peso propio de los componentes estructurales y no estructurales. Estas cargas fueron definidas en base a las dimensiones y características de los elementos estructurales y no estructurales acorde a lo establecido en los planos y lo observado en sitio.

Las acciones variables se definen como aquellas que actúan sobre la edificación con una magnitud variable en el tiempo y que se deben a su ocupación y uso habitual, estas cargas se determinaron en base al uso actual de la estructura.

VI.3.1. Módulo de Aulas

En la Tabla 26 y Tabla 27 se muestran las acciones tanto permanentes (CP) como variables (CV) que se consideraron en el recálculo del módulo de Aulas.

Tabla 26. Cargas en losas. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CARGA (kgf/m ²)
CP	Losa nervada en una dirección formada por loseta superior de 5 cm de espesor, nervios de 10 cm de ancho con separación de 50 cm de eje a eje y rellenos de bloques de arcilla. e=20cm	270*
CP	Manto asfáltico en una sola capa, reforzada interiormente y con acabado exterior. 5mm de espesor	6
CP	Friso inferior de cemento.	22
TOTAL CP		298
CV	Techos inaccesibles salvo con fines de mantenimiento con pendiente igual o menor del 15 %	100
TOTAL CV		100

* Al modelar la losa como losa nervada, el programa solo toma en cuenta una carga de 190 kgf/m², por lo que se añadió una carga uniformemente distribuida en la losa igual a 80 kgf/m²

Tabla 27. Cargas distribuidas en vigas. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

TIPO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CARGA (kgf/m)
CP	V3' (A-G), 7 (A-G)	Antepecho de concreto. Dimensiones: 0.10x0.40m.	100
CP	V7a (A-G)	Tabiquería. Bloques de concreto para ventilación. Altura: 0.45m	67.5

VI.3.2. Módulo de Dirección

En la Tabla 28 y Tabla 29 se muestran las acciones tanto permanentes (CP) como variables (CV) que se consideraron en el recálculo del módulo de Dirección.

Tabla 28. Cargas en losas. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CARGA (kgf/m ²)
CP	Losa nervada en una dirección formada por loseta superior de 5 cm de espesor, nervios de 10 cm de ancho con separación de 50 cm de eje a eje y rellenos de bloques de arcilla. e=20cm	270*
CP	Manto asfáltico en una sola capa, reforzada interiormente y con acabado exterior. 5mm de espesor	6
CP	Friso inferior de cemento.	22
TOTAL CP		298
CV	Techos inaccesibles salvo con fines de mantenimiento con pendiente igual o menor del 15 %	100
TOTAL CV		100

* Al modelar la losa como losa nervada, el programa solo toma en cuenta una carga de 190 kgf/m², por lo que se añadió una carga uniformemente distribuida en la losa igual a 80 kgf/m²

Tabla 29. Cargas distribuidas en vigas. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

TIPO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CARGA (kgf/m)
CP	V18' (H-O), 16 (H-O)	Antepecho de concreto. Dimensiones: 0.10x0.40m.	100
CP	V16a (H-O)	Tabiquería. Bloques de concreto para ventilación. Altura: 0.45m	67.5
CP	VHa (16-18)	Tabiquería: Bloques de arcilla de 20cm de espesor frisadas por ambas caras. Altura variable de 0.70 a 1.70m.	Trapezoidal de 196 a 476

VI.3.3. Módulo del Herbario

En la Tabla 30 y Tabla 31 se muestran las acciones tanto permanentes (CP) como variables (CV) que se consideraron en el recálculo del módulo de Herbario.

Tabla 30. Cargas en losas. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CARGA (kgf/m ²)
CP	Losa nervada en una dirección formada por loseta superior de 5 cm de espesor, nervios de 10 cm de ancho con separación de 50 cm de eje a eje y rellenos de bloques de arcilla. e=20cm	270*
CP	Manto asfáltico en una sola capa, reforzada interiormente y con acabado exterior. 5mm de espesor	6
CP	Friso inferior de cemento.	22
CP	Mortero de cemento de 3cm. de espesor para pendientes en techo. Aplicable solo en las áreas entre ejes J-M y 13-1 ya que no existe pendiente de techo.	60
TOTAL CP		358
CV	Techos inaccesibles salvo con fines de mantenimiento con pendiente igual o menor del 15 %	100
TOTAL CV		100

* Al modelar la losa como losa nervada, el programa solo toma en cuenta una carga de 190 kgf/m², por lo que se añadió una carga uniformemente distribuida en la losa igual a 80 kgf/m²

Tabla 31. Cargas distribuidas en vigas. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

TIPO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CARGA (kgf/m)
CP	VO' (1-11), J (13-1)	Antepecho de concreto. Dimensiones: 0.10x0.40m.	100
CP	V1 (J-O'), V11(K-O'), V13 (J-K),	Antepecho de concreto. Dimensiones: 0.10x0.20m.	50
CP	VK (13-11)	Antepecho de concreto. Dimensiones: 0.10x0.10m.	25
CP	VJa (13-1)	Tabiquería. Bloques de concreto para ventilación. Altura: 0.45m	67.5

VI.3.4. Sistema de Corredores.

En la Tabla 32 y Tabla 33 se muestran las acciones tanto permanentes (CP) como variables (CV) que se consideraron en el recálculo del sistema de corredores.

Tabla 32. Cargas en losas. Sistema de corredores. Fuente: Elaboración propia.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CARGA (kgf/m ²)
CP	Losas nervadas en una dirección formada por losetas superiores de 5 cm de espesor, nervios de 10 cm de ancho con separación de 50 cm de eje a eje y rellenos de bloques de arcilla. e=25cm	315*
CP	Manto asfáltico en una sola capa, reforzada interiormente y con acabado exterior. 5mm de espesor	6
CP	Friso inferior de cemento.	22
CP	Mortero de cemento de 3cm. de espesor para pendientes en techo.	60
TOTAL CP		403
CV	Techos inaccesibles salvo con fines de mantenimiento con pendiente igual o menor del 15 %	100
TOTAL CV		100

* Al modelar la losa como losa nervada, el programa solo toma en cuenta una carga de 285 kgf/m², por lo que se añadió una carga uniformemente distribuida en la losa igual a 30 kgf/m²

Tabla 33. Cargas distribuidas en vigas. Sistema de corredores. Fuente: Elaboración propia.

TIPO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CARGA (kgf/m)
CP	Corredor superior: A(6-8), 8(A-D), D(8-9), 11(F-G), G(11-13), 13(G-I), I (10-13), I(6-9), 10(G-I), 9(G-I), G(9-10), 6(G-I) Corredor inferior: 6(I-J), G(15-19), 19(G-I), I(18-19), 13(K-O), O(13-15)	Antepecho de concreto. Dimensiones: 0.07x0.15m.	26.25
CP	Corredor inferior: VJa (6-13), V16a (H-O), V15 (J-K). Corredor superior: V7a (A-G)	Tabiquería. Bloques de concreto para ventilación. Altura: 0.45m	67.5
CP	Corredor inferior: VIb (6-14)	Tabiquería. Bloques de concreto para ventilación. Altura: 1.00m.	150

TIPO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CARGA (kgf/m)
CP	Corredor inferior: VHa (16-18)	Tabiquería: Bloques de arcilla de 20cm de espesor frisadas por ambas caras. Altura variable de 0.70 a 1.70m.	Trapezoidal de 196 a 476

VI.4. Cargas accidentales

Las acciones accidentales están definidas según la norma COVENIN 2002:1998 “Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones” como aquellas acciones que en la vida útil de la edificación tienen una pequeña probabilidad de ocurrencia solo durante lapsos breves de tiempo; para el caso en estudio debe tomarse en cuenta las acciones sísmicas. Habitualmente estas acciones sísmicas se dan mediante sus espectros, y se determinan acorde a lo establecido en la norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”.

VI.4.1. Zonificación sísmica y coeficiente de aceleración horizontal

En la norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes” se divide el país en ocho (8) zonas acorde al peligro sísmico de cada una de ellas. Como se puede observar en la Figura 32 el área en estudio (ubicada en el Municipio Bolivariano Libertador del Distrito Capital) está localizada en la Zona 5, a la cual según la misma norma se le asigna un coeficiente de aceleración horizontal (A_0) igual a 0.30, correspondiente a un peligro sísmico elevado.

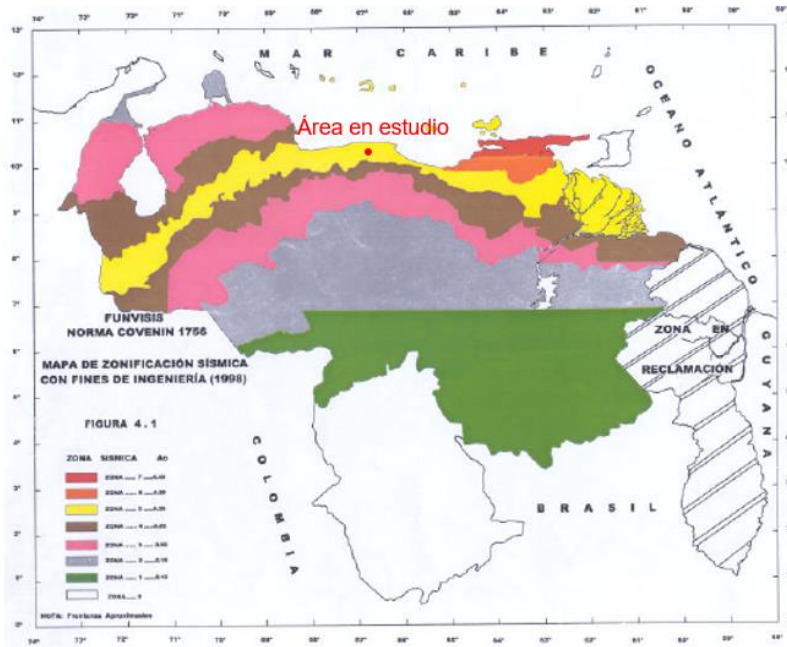


Figura 32. Mapa de zonificación sísmica. Fuente: COVENIN 1756:2001-1. Adaptado por: Melanie Osuna.

VI.4.2. Forma espectral y factor de corrección

En la Tabla 34 se resume las formas espectrales del suelo donde se encuentra fundada la Ciudad Universitaria de Caracas según Acero y Domínguez (2005).

Tabla 34. Formas Espectrales y Factor de Corrección presentes en los suelos de la CUC. Fuente: Acero y Domínguez (2005)

MATERIAL	FORMA ESPECTRAL	ϕ	H(m)
Suelo duro o denso	S1	1	<15
Suelo duro o denso	S2	0.9	15-50
Suelo firme/medio	S2	0.95	≤ 50

Según lo establecido en los planos, el esfuerzo admisible del suelo de fundación es de 1.5 kgf/cm^2 , este valor se corresponde según Terzagui y Peck (1973) con los valores de presión admisible presentados por suelos medios/firmes. Es importante destacar que esta simplificación se realiza ya que no se cuenta con más información detallada sobre el tipo de suelo.

Según lo establecido anteriormente se trabajó con una forma espectral S2, y un factor de corrección (φ) de 0.95.

VI.4.3. Clasificación según el uso de la edificación

Acorde con lo establecido en la norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes” el edificio del Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser” , un edificio de carácter educacional que además contiene objetos de valor excepcional como lo es el Herbario Nacional de Venezuela , se clasifica dentro del grupo A.

Para las edificaciones de este grupo, que albergan instalaciones esenciales, de funcionamiento vital en condiciones de emergencia o cuya falla pueda dar lugar a cuantiosas pérdidas humanas o económicas, se les asigna según lo establecido en el aparte 6.1.3 de la citada norma un factor de importancia (α) igual a 1.30.

VI.4.4. Nivel de Diseño

Debido a que se trata de una estructura existente y no una a diseñar, el nivel de diseño dependerá de la configuración del detallado de la misma. Para estos casos, se establece en la norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes” la aplicación del capítulo 12 donde se plantean los lineamientos necesarios para la evaluación de una edificación existente. En la sección de comentarios del mencionado capítulo se presenta una tabla a modo de orientación (ver Tabla 35), donde se puede observar acorde al año de construcción que nivel de diseño asignarle a las estructuras de concreto armado diseñadas y construidas de acuerdo a las normativas vigentes en Venezuela.

Tabla 35. Orientación para la selección de los niveles de diseño presentes. Fuente: COVENIN 1756:2001-1.

DESCRIPCION DEL SISTEMA RESISTENTE A SISMOS	NIVELES DE DISEÑO PRESENTES EN OBRAS CONSTRUIDAS EN ZONAS SISMICAS, EN LAPSO SEÑALADO			
	hasta 1955	1955-1967	1967-1982	>1982
Estructuras aporticadas de concreto armado de más de 3 a 4 pisos	ND1	ND1	ND2	ND3

DESCRIPCION DEL SISTEMA RESISTENTE A SISMOS	NIVELES DE DISEÑO PRESENTES EN OBRAS CONSTRUIDAS EN ZONAS SISMICAS, EN LAPSO SEÑALADO			
	hasta 1955	1955-1967	1967-1982	>1982
Estructuras de mampostería confinada con miembros de concreto armado	ND1	ND1	Depende del detallado	Depende del detallado

Como la edificación en estudio presenta pórticos en dos direcciones ortogonales e inicio su construcción en el año 1945, tomando en cuenta la orientación mencionada en la Tabla 35 se clasificara como una estructura con nivel de diseño ND1.

VI.4.5. Factor de reducción de respuesta (R)

Acorde con lo establecido en la norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”, en su capítulo 12 aplicable para la evaluación de edificaciones existentes, aparte 12.3.1, cuando no se satisfagan los requisitos normativos de incidencia sismorresistente para un nivel de diseño ND1, contemplados en las normas vigentes y anotados en la Tabla 36 se utilizará el valor $R=1.0$.

Tabla 36. Requisitos normativos de Incidencia Sismorresistente. Fuente: Norma COVENIN 1756:2001-1.

ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO
a) Las longitudes de desarrollo para anclaje empalme de las barras con resaltos de refuerzo. Para barras lisas duplicaran las longitudes exigidas en la norma COVENIN-MINDUR 1753
b) Las cuantías mínimas y máximas de refuerzo, para corte, flexión y flexocompresión.
c) Los diámetros mínimos y separaciones máximas de la armadura transversal para: resistir corte, arriostrar barras comprimidas y confinar el concreto.
d) Las limitaciones de los ensayos a tracción y de doblado en frio para las barras o mallas de refuerzo, establecido en las Normas COVENIN o COVENIN - MINDUR

Como se muestra más adelante (Ver desde la Tabla 37 hasta la Tabla 39) se puede verificar que las columnas evaluadas no cumplen con los requisitos de cuantías mínimas, diámetros mínimos y separaciones máximos de la armadura transversal, por lo tanto el factor de reducción de respuesta a emplear para el análisis será $R=1.0$.

VI.4.5.1. Verificación de cuantías mínimas

Acorde a lo establecido en el aparte 10.4.3.1 de la norma FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y construcción de obras en concreto estructural” en miembros comprimidos diseñados según el nivel de diseño ND1, el área de acero de refuerzo longitudinal no será menos que 0.01 ni más de 0.08 veces el área total de la sección. En la Tabla 37 se presentan las cuantías de cada tipo de columna presentes en el conjunto.

Tabla 37. Cuantía geométricas en columnas. Fuente: Elaboración propia.

COLUMNA	SECCIÓN	ÁREA DE LA COLUMNA (cm ²)	ACERO LONGITUDINAL	As (cm ²)	ρ (%)
T1	40 x 40	1600.00	4φ3/4"	11.4	0.71
T2	40 x 40	1600.00	4φ7/8"	15.52	0.97
T3	40 x 40	1600.00	3φ7/8" + 3φ5/8"	17.58	1.10
T4	40 x 40	1600.00	6φ1/2"	7.62	0.48
T5	φ 40	1256.64	6φ1/2"	7.62	0.61
T6	40 x 40	1600.00	6φ1"	30.42	1.90
T7	40 x 40	1600.00	4φ1"	20.28	1.27
T8	40 x 40	1600.00	8φ1"	40.56	2.54
T9	40 x 40	1600.00	4φ7/8"	15.52	0.97
T10	40 x 40	1600.00	12φ1"	60.84	3.80
T11	40 x 40	1600.00	10φ1"	50.7	3.17
T12	20 x 20	400.00	4φ1/2"	5.08	1.27
T13	40 x 20	800.00	4φ1/2"	5.08	0.64
T14	20 x 20	400.00	6φ1/2"	7.62	1.91
T15	φ 20	314.16	6φ1/2"	7.62	2.43

Como se puede observar en la Tabla 37 solo 6 tipos de columnas no cumplen con la cuantía mínima requerida por la norma, sin embargo, es importante mencionar que la mayor cantidad de columnas dentro de los módulos estudiados son de tipo T1 cuya cuantía geométrica es de 0.71.

VI.4.5.2. Verificación de diámetro mínimo de ligaduras

Acorde a lo establecido en el aparte 7.5.2 de la norma FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y construcción de obras en concreto estructural” todas las barras longitudinales deben cercarse con ligaduras transversales de por lo menos #3 para barras

longitudinales #10. En la Tabla 38 se presenta la verificación de este parámetro para cada tipo de columna evaluado.

Tabla 38. Verificación de diámetros mínimos de ligaduras. Fuente: Elaboración propia.

COLUMNA	SECCIÓN	ACERO LONGITUDINAL COLOCADO	ACERO TRANSVERSAL COLOCADO	DIÁMETRO MÍNIMO LIGADURA (")	VERIFICACIÓN DE DIÁMETRO DE LIGADURA
T1	40 x 40	4 ϕ 3/4"	ϕ 1/4 c/30cm	3/8	NO CUMPLE
T2	40 x 40	4 ϕ 7/8"	ϕ 1/4 c/20cm	3/8	NO CUMPLE
T3	40 x 40	3 ϕ 7/8" + 3 ϕ 5/8"	ϕ 3/8 c/25cm	3/8	CUMPLE
T4	40 x 40	6 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/30cm	3/8	NO CUMPLE
T5	ϕ 40	6 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/30cm	3/8	NO CUMPLE
T6	40 x 40	6 ϕ 1"	ϕ 3/8 c/25cm	3/8	CUMPLE
T7	40 x 40	4 ϕ 1"	ϕ 1/4 c/20cm	3/8	NO CUMPLE
T8	40 x 40	8 ϕ 1"	ϕ 3/8 c/25cm	3/8	CUMPLE
T9	40 x 40	4 ϕ 7/8"	ϕ 1/4 c/25cm	3/8	NO CUMPLE
T10	40 x 40	12 ϕ 1"	ϕ 3/8 c/15cm	3/8	CUMPLE
T11	40 x 40	10 ϕ 1"	ϕ 3/8 c/20cm	3/8	CUMPLE
T12	20 x 20	4 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm	3/8	NO CUMPLE
T13	40 x 20	4 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm	3/8	NO CUMPLE
T14	20 x 20	6 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm	3/8	NO CUMPLE
T15	ϕ 20	6 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm	3/8	NO CUMPLE

Como se puede observar en la Tabla 38 la mayoría de las columnas no cumplen con el diámetro mínimo requerido por la norma.

VI.4.5.3. Verificación de separación mínima de ligaduras

Acorde a lo establecido en el aparte 7.5.2 de la norma FONDONORMA 1753:2006 "Proyecto y construcción de obras en concreto estructural" la separación vertical de las ligaduras no excederá el menor de los siguientes valores: 16 veces el diámetro de la barra longitudinal, 48 veces el diámetro de la ligadura, o la menor dimensión de la columna. En la Tabla 39 se presenta la verificación de este parámetro para cada tipo de columna evaluado.

Tabla 39. Verificación de separación de ligaduras. Fuente: Elaboración propia.

COLUMNA	SECCIÓN	ACERO LONGITUDINAL COLOCADO	ACERO TRANSVERSAL COLOCADO	SEPARACIÓN MÍNIMA DE LIGADURAS (cm)	VERIFICACIÓN DE SEPARACIÓN DE LIGADURA
T1	40 x 40	4 ϕ 3/4"	ϕ 1/4 c/30cm	30.48	CUMPLE
T2	40 x 40	4 ϕ 7/8"	ϕ 1/4 c/20cm	30.48	CUMPLE
T3	40 x 40	3 ϕ 7/8" + 3 ϕ 5/8"	ϕ 3/8 c/25cm	25.4	CUMPLE
T4	40 x 40	6 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/30cm	20.32	NO CUMPLE
T5	ϕ 40	6 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/30cm	20.32	NO CUMPLE
T6	40 x 40	6 ϕ 1"	ϕ 3/8 c/25cm	40	CUMPLE
T7	40 x 40	4 ϕ 1"	ϕ 1/4 c/20cm	30.48	CUMPLE
T8	40 x 40	8 ϕ 1"	ϕ 3/8 c/25cm	40	CUMPLE
T9	40 x 40	4 ϕ 7/8"	ϕ 1/4 c/25cm	30.48	CUMPLE
T10	40 x 40	12 ϕ 1"	ϕ 3/8 c/15cm	40	CUMPLE
T11	40 x 40	10 ϕ 1"	ϕ 3/8 c/20cm	40	CUMPLE
T12	20 x 20	4 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm	20	CUMPLE
T13	40 x 20	4 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm	20	CUMPLE
T14	20 x 20	6 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm	20	CUMPLE
T15	ϕ 20	6 ϕ 1/2"	ϕ 1/4 c/20cm	20	CUMPLE

Como se puede observar en la Tabla 39 la mayoría de las columnas cumplen con la separación mínima requerida por la norma. A excepción de las columnas tipo T4 y T5 cuya separación mínima debe ser 20cm y están colocadas cada 30cm.

VI.4.6. Espectro de diseño

Acorde con lo establecido en el capítulo 7 de la norma COVENIN 1756:2001-1 "Edificaciones Sismorresistentes" las ordenadas Ad de los espectros de diseño quedan definidas en función de su período T, tal como se indican en las ecuaciones 1, 2 y 3.

$$T < T^+ \quad A_d = \frac{\alpha\varphi A_0 \left[1 + \frac{T}{T^+} (\beta - 1) \right]}{1 + \left(\frac{T}{T^+} \right)^{\sqrt[4]{R/\beta}} (R - 1)} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$T^+ \leq T \leq T^* \quad A_d = \frac{\alpha\varphi\beta A_0}{R} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$T > T^* \quad A_d = \frac{\alpha\varphi\beta A_0}{R} \left(\frac{T^*}{T} \right)^p \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde los valores de T^* , β , y p están definidos dentro del mismo capítulo de la norma y dependen de la forma espectral, para la forma espectral S2 se tienen los valores registrados en la Tabla 40.

Tabla 40. Valores de T^* , β , p para un espectro S2. Fuente: COVENIN 1756:2001-1.

FORMA ESPECTRAL: S2	
T* (s)	0.7
β	2.6
p	1.0

El valor del período característico de variación de respuesta dúctil (T^+) viene dado según el factor de reducción de respuesta (R) empleado. Para un factor de reducción de respuesta igual a 1, se tiene $T^+=0.175s$.

En resumen, con los datos presentados en la Tabla 41 se obtiene el espectro de diseño empleado (Ver Figura 33). Hay que mencionar, que como el factor de reducción de respuesta empleado es igual a 1, el espectro de diseño y el espectro de respuesta elástico coinciden.

Tabla 41. Datos para la elaboración del espectro de diseño. Fuente: Elaboración propia.

PARÁMETRO	VALOR
Zona Sísmica	5
Coeficiente de Aceleración Horizontal (A_o)	0.3
Forma Espectral	S2
Factor de corrección (φ)	0.95
Grupo	A
Factor de importancia (α)	1.3
Nivel de Diseño	ND1
Tipo de Sistema	I
Factor de Reducción (R)	1

PARÁMETRO	VALOR
Máximo período en el intervalo donde los espectros normalizados tienen un valor constante (T^*) [s]	0.70
Factor de magnificación promedio (β)	2.60
Exponente que define la rama descendente del espectro (p)	1.00
Período a partir del cual los espectros normalizados tienen un valor constante ($T_0=0.25T^*$) [s]	0.18
Período característico de variación de respuesta dúctil ($T^+ \geq T_0$) [s]	0.18
$\sqrt[4]{R/\beta}$ (c)	0.79

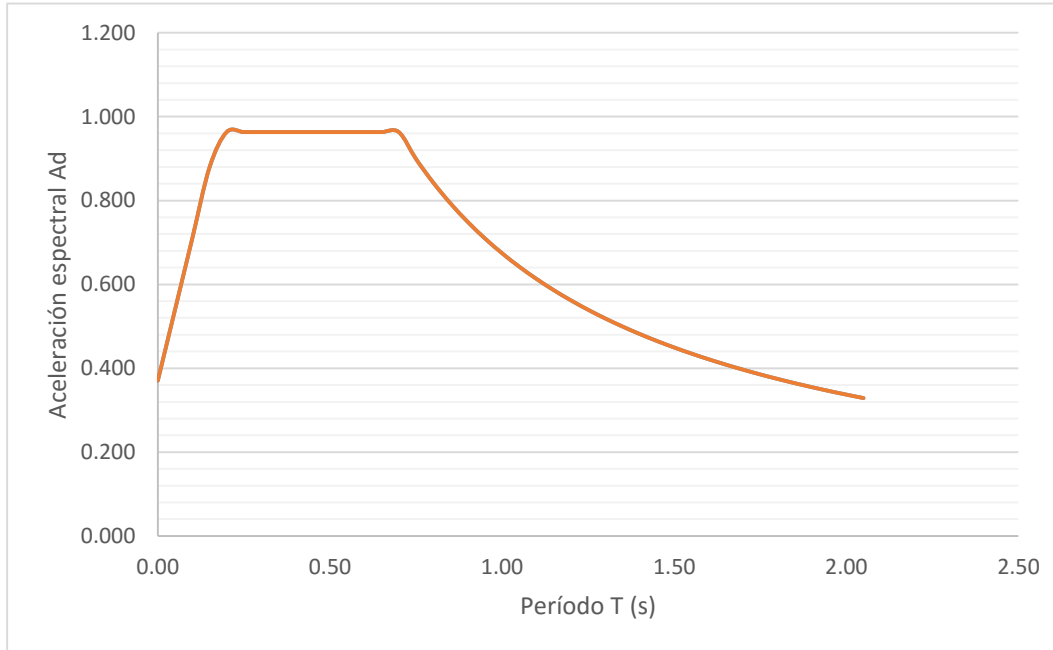


Figura 33. Espectro de diseño y de respuesta elástica. Fuente: Elaboración Propia.

VI.5. Combinaciones de carga

Acorde con lo establecido en el capítulo 9, aparte 9.3 de la norma FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y construcción de obras en concreto estructural”, las solicitaciones sobre la estructura, sus miembros y nodos se determinaran con base en las hipótesis de solicitaciones que produzcan el efecto más desfavorable, el cual puede ocurrir cuando

una o más solicitaciones están actuando simultáneamente. De las combinaciones establecidas en este aparte resultaron aplicables las listadas a continuación:

$$\text{VI.5.1. } U_1=1.4CP$$

$$\text{VI.5.2. } U_2=1.2CP + 1.6CV$$

$$\text{VI.5.3. } U_3= 1.2CP + \gamma CV \pm S$$

$$\text{VI.5.4. } U_4=0.9 CP \pm S$$

El factor de combinación de solicitaciones (γ) debidas a acciones variables de la combinación U_3 se tomó como 1.00 acorde con lo establecido en la norma. Las solicitaciones sísmicas “S” incluyen tanto las solicitaciones debidas a las componentes sísmicas horizontales como las solicitaciones alternantes de la componente sísmica vertical y está definidas según lo establecido en la norma como:

$$S=S_H \pm (0.2\alpha\phi\beta A_0) CP$$

VI.6. Modelado de la estructura

Se realizó un modelo por cada módulo de la edificación en estudio (Aulas, Dirección y Herbario). Las vigas a la altura del sistema de corredores también fueron incluidas en estos modelos a fin de simular de cierta forma el efecto que se presenta por las diferencias de altura.

Para el sistema de corredores se tienen dos modelos ya que como se mencionó previamente el mismo se encuentra separado por una junta de construcción; uno de estos modelos solo contempla una parte del corredor inferior, mientras que el otro incluye la parte restante del corredor inferior y la totalidad del corredor superior. En las conexiones de las vigas con las columnas de los módulos se liberó la transferencia de momentos generando vigas simplemente apoyadas en estas columnas.

En la Tabla 42 se presenta un resumen de la calidad de los materiales empleados para cada uno de los modelos según lo indicado en los planos. Hay que destacar que la información acerca de la tensión cedente de las barras de acero no se disponía, sin embargo, se tomó un valor acorde con lo obtenido en experiencias previas con

edificaciones dentro de la Ciudad Universitaria de Caracas construidas en el mismo período de tiempo.

Tabla 42. Calidad de los materiales. Fuente: Elaboración propia.

CONCRETO		
MÓDULO	ELEMENTO	f 'c 28 (kgf/cm²)
AULA = DIRECCIÓN	Vigas	200
	Losas	200
	Columnas	100
HERBARIO	Vigas	200
	Losas	200
	Columnas	200
CORREDORES	Vigas	150
	Losas	150
	Columnas	150
BARRAS DE ACERO		
MÓDULO	ELEMENTO	fy (kgf/cm²)
TODOS	Todos	2800

Las losas nervadas se modelaron como elementos tipo “Membrane” activando la opción de distribución de carga en una sola dirección, mientras que sus propiedades se fijaron como tipo “Ribbed” para así tomar en cuenta el aporte de rigidez y peso que poseen los nervios.

Las columnas se modelaron con el acero indicado en los planos con la condición de ser chequeadas. Aquellas columnas que presentaban una distribución del acero longitudinal no equitativo entre sus caras se crearon con la opción “Section Designer” y se orientaron a fin de que las caras armadas queden con la orientación indicada en los planos.

Las vigas se modelaron acorde con las dimensiones expresadas en los planos, las vigas acarteladas se crearon con la opción de “Nonprismatic” con una variación parabólica en la inercia alrededor del eje 33 donde se presente la variación de altura.

La posición de las vigas fue ajustada mediante la opción “Insertion Point” permitiendo la transformación de las rigideces del pórtico acorde a la nueva posición de las mismas.

Para los modelos de los módulos de Aulas, Dirección y Herbario se asignó un diafragma rígido por junta, mientras que para los modelos del sistema de corredores no se le asignó ningún tipo de diafragma, ya que los mismos son considerados diafragmas flexibles.

Para la determinación de la masa sísmica se tomó en cuenta la totalidad de las cargas permanentes y el 0% de la carga variable, tal como se indica en el aparte 7.1 de la Norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”, correspondiente a techos y terrazas no accesibles. Para los modelos con el techo inclinado (Aulas, Dirección y Herbario) se hace necesario la desactivación de la opción “Lump lateral mass at story level”, ya que la única masa presente entre niveles es la correspondiente al techo y se debe considerar en su totalidad.

El espectro cargado a cada uno de los modelos fue el definido en la sección VI.4.6, acorde a lo establecido en la norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”, con la finalidad de definir las acciones sísmicas sobre la estructura.

La combinación direccional de las dos componentes sísmicas horizontales (S_x y S_y) se realizó con el criterio de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las sollicitaciones correspondientes a cada dirección del sismo (SRSS) establecido en el aparte 8.6 de la norma COVENIN 1756:2001-2 “Edificaciones Sismorresistentes”, tomando en cuenta una excentricidad accidental del 6%.

La combinación modal de los efectos sísmicos se realizó según el criterio de la combinación cuadrática completa (CQC), que toma en cuenta el acoplamiento entre modos de frecuencia cercana según lo requerido por la mencionada norma en su aparte 9.6.2.1 para el método de análisis dinámico espacial de superposición modal con tres grados de libertad por nivel.

El análisis se realizó considerando la inercia gruesa de los elementos sin considerar el efecto del agrietamiento que presentan los mismos.

La asignación de brazos rígidos a los modelos se realizó con un factor de rigidez en el nodo igual a 0.5. Para las vistas generales de los modelos generados ver desde la Figura 34 hasta la Figura 38.

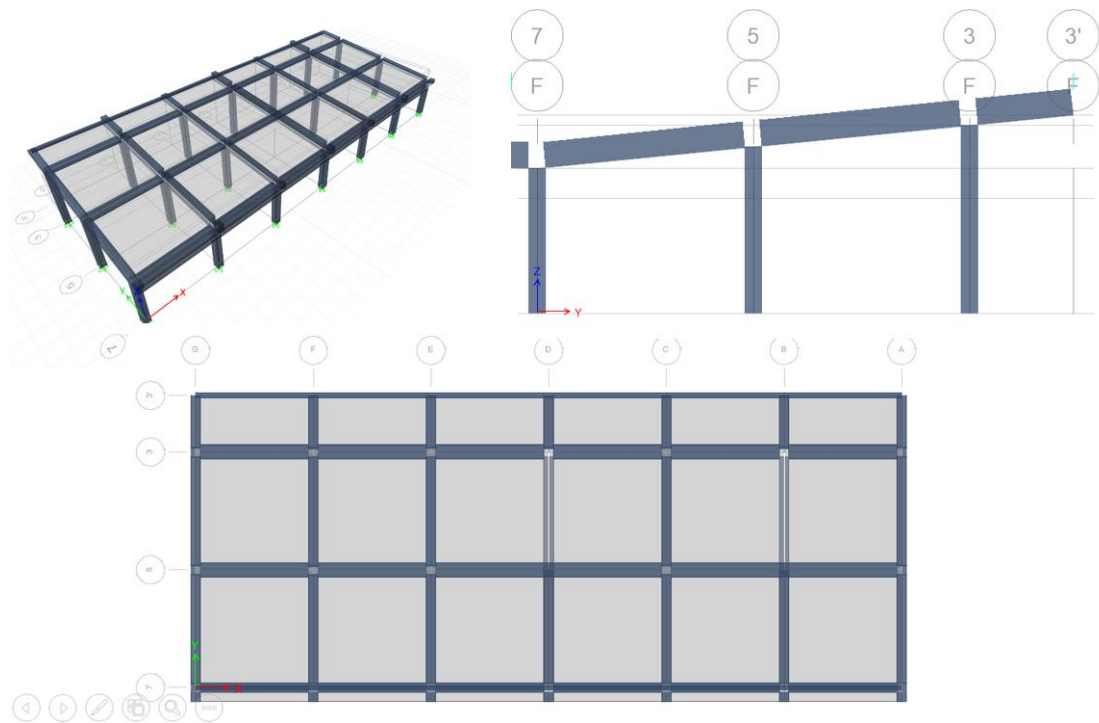


Figura 34. Vista 3D, en planta y corte del eje F. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

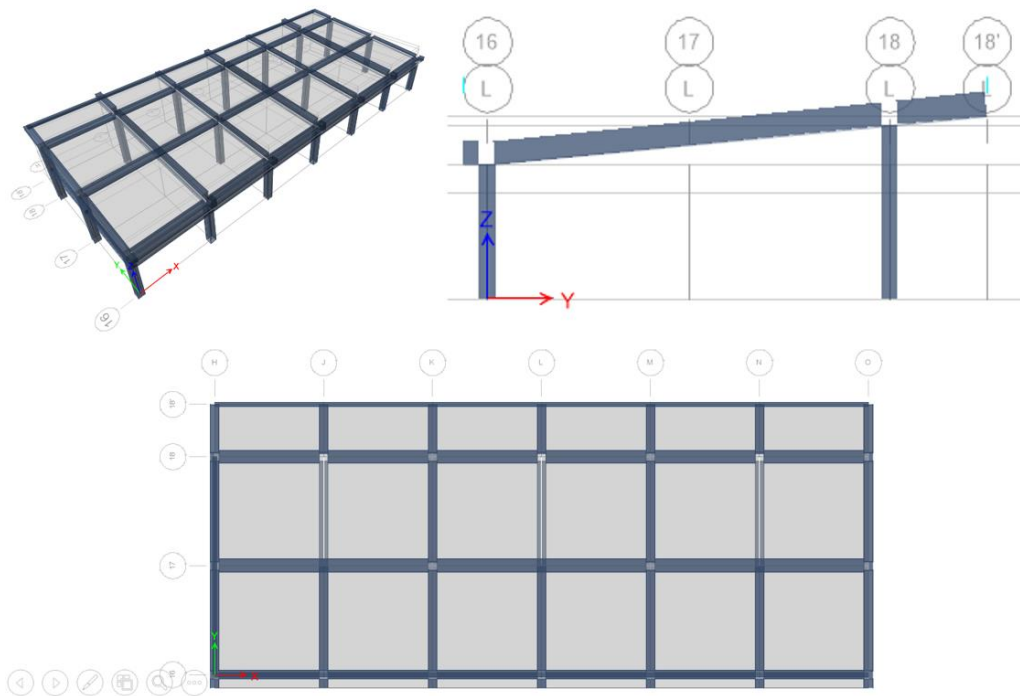


Figura 35. Vista 3D, en planta y corte del eje L. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

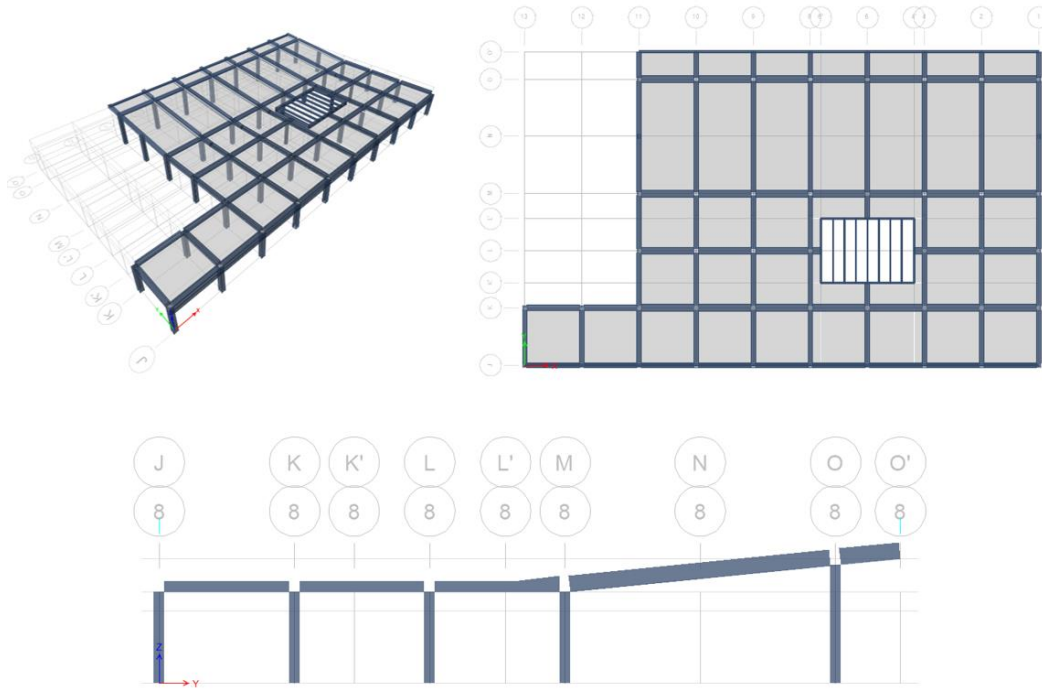


Figura 36. Vista 3D, en planta y corte del eje 8. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

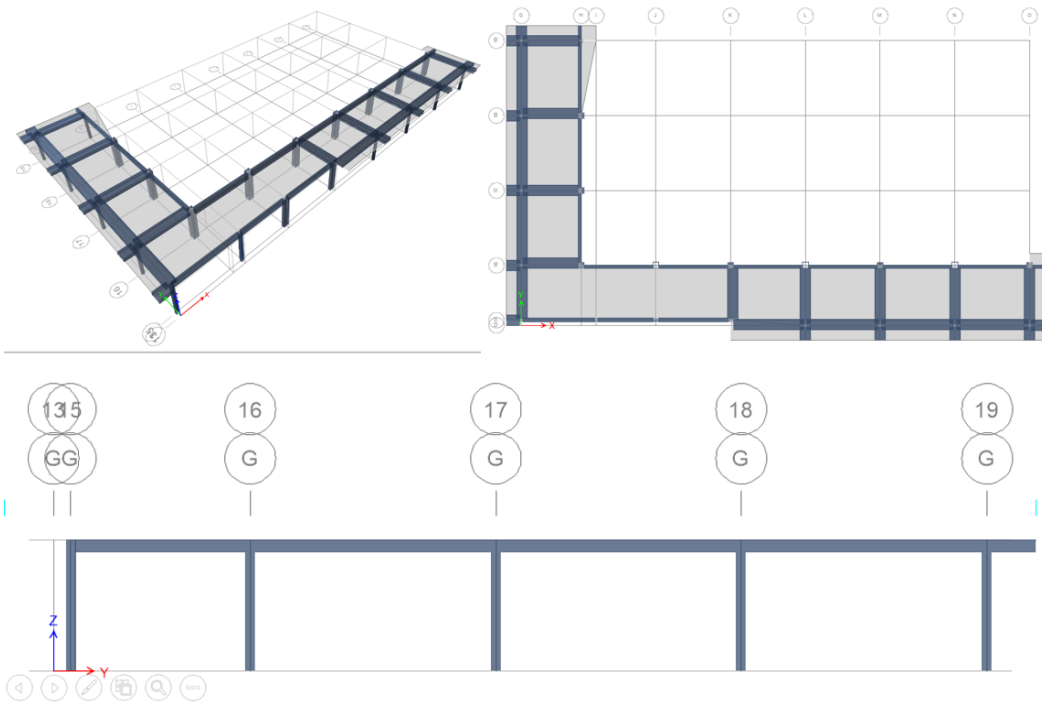


Figura 37. Vista 3D, en planta y corte del eje G. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

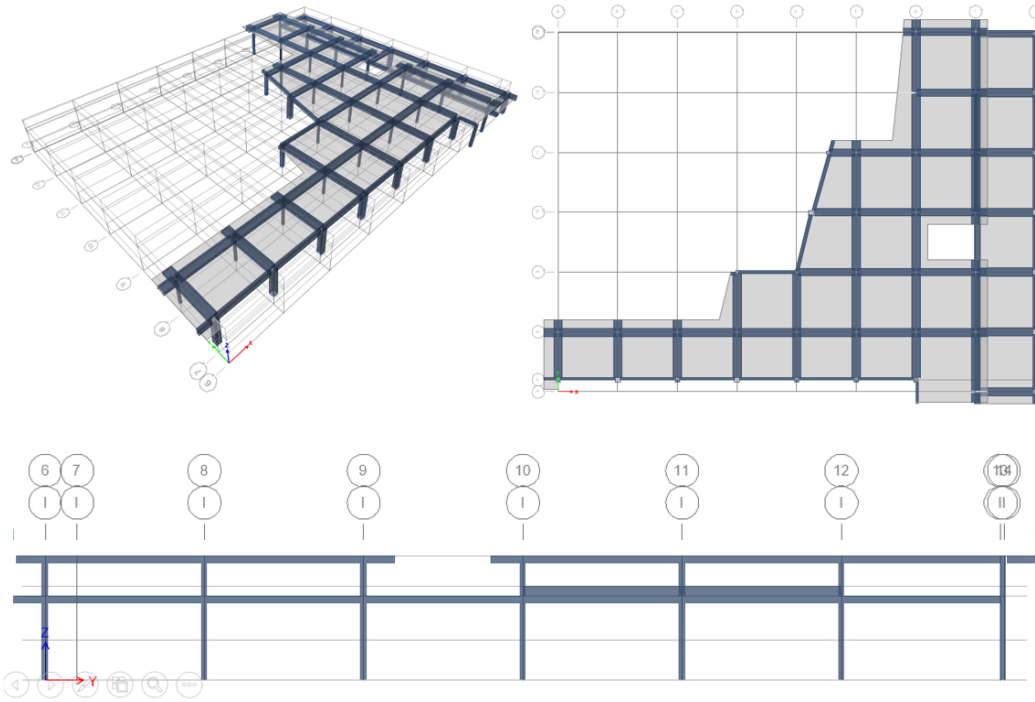


Figura 38. Vista 3D, en planta y corte del eje I. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VII RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Luego de fijar la propuesta del modelo estructural más adaptado a la realidad de la estructura, se verificaron las propiedades dinámicas de los mismos, así como el comportamiento de cada uno de los módulos ante la acción sísmica planteada en la Norma sismorresistente venezolana vigente.

A continuación se presentan las verificaciones realizadas a cada uno de los modelos.

VII.1. Peso de la estructura

La determinación del peso de cada modelo se basa en el valor de la masa reportado directamente desde el programa, los valores para cada uno de los modelos son los mostrados desde la Tabla 43 a la Tabla 47.

Tabla 43. Peso del módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE AULAS			
PISO	MASA (kg)	PESO (kgf)	PESO (ton-f)
PISO 1	20117	197352	197.35

Tabla 44. Peso del módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE DIRECCIÓN			
PISO	MASA (kg)	PESO (kgf)	PESO (ton-f)
PISO 1	20087	197049	197.05

Tabla 45. Peso del módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DEL HERBARIO			
PISO	MASA (kg)	PESO (kgf)	PESO (ton-f)
PISO 1	51383	504069	504.07

Tabla 46. Peso del corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR			
PISO	MASA (kg)	PESO (kgf)	PESO (ton-f)
PISO 1	13532	132752	132.75

Tabla 47. Peso del corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR			
PISO	MASA (kg)	PESO (kgf)	PESO (ton-f)
PISO 1	9687	95031	95.03
PISO 2	27765	272377	272.38
TOTAL	37452	367409	367.41

VII.2. Corte Basal

Según lo establecido en el aparte 9.6.2.1 de la Norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”, en cada dirección de análisis el corte basal dinámico (V_o) debe ser mayor al cortante basal estático (V_o^*) para un período igual a $1.6T_a$, de lo contrario se empleara un factor de corrección igual a V_o^*/V_o , el cual multiplicará al valor de la gravedad en el factor de escala del programa para el caso del sismo horizontal.

De acuerdo al aparte 9.3.1 de la mencionada norma, el cortante basal estático está definido por la ecuación 4, donde “ W ” es el peso de la estructura, “ Ad ” la ordenada del espectro de diseño para el período mencionado ($1.6T_a$) y “ μ ” es el mayor de los valores dados por las ecuaciones 5 y 6.

$$V_{oe} = \mu * Ad * W \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\mu = 1.4 * \left[\frac{N + 9}{2N + 12} \right] \quad \text{Ecuación 5}$$

$$\mu = 0.8 + \frac{1}{20} \left[\frac{T}{T^*} - 1 \right] \quad \text{Ecuación 6}$$

Los modelos de los módulos de Aulas, Dirección y Herbario presentan un único nivel con una altura de 4.35 m por lo que su período fundamental ($T=1.6T_a$) es igual a 0.34; para la primera parte del corredor inferior se tiene un único piso de altura igual a 2.65 m, presentando un período fundamental ($T=1.6T_a$) igual a 0.23; finalmente para el modelo del corredor superior junto con la parte restante del corredor inferior, el número de niveles es igual a 2, la altura total de la edificación es 3.9 m y su período fundamental ($T=1.6T_a$) es igual a 0.31.

Desde la Tabla 48 hasta la Tabla 52 se presentan las verificaciones realizadas para cada uno de los modelos, así como los factores de ajuste empleados para los caso donde $V_0^* > V_0$.

Tabla 48. Verificación del cortante basal. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

DATOS		CÁLCULOS	
T*	0.7	μ_1	1
W (kgf)	197352	μ_2	0.774
1.6 Ta	0.34	μ	1
Ad _(1.6 Ta)	0.963	V ₀ * (kgf)	190109.17

CORTANTE DINÁMICO		VERIFICACIÓN		FACTOR DE AJUSTE	
V _{0x} (kgf)	150780.9	V _{0x} >V ₀ *	NO CUMPLE	V ₀ */V _{0x}	1.261
V _{0y} (kgf)	196422.5	V _{0y} >V ₀ *	CUMPLE	V ₀ */V _{0y}	0.968

Tabla 49. Verificación del cortante basal. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

DATOS		CÁLCULOS	
T*	0.7	μ_1	1
W (kgf)	197049	μ_2	0.774
1.6 Ta	0.34	μ	1
Ad _(1.6 Ta)	0.963	V ₀ * (kgf)	189817.73

CORTANTE DINÁMICO		VERIFICACIÓN		FACTOR DE AJUSTE	
V _{0x} (kgf)	150477.42	V _{0x} >V ₀ *	NO CUMPLE	V ₀ */V _{0x}	1.261
V _{0y} (kgf)	196737.92	V _{0y} >V ₀ *	CUMPLE	V ₀ */V _{0y}	0.965

Tabla 50. Verificación del cortante basal. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

DATOS		CÁLCULOS	
T*	0.7	μ_1	1
W (kgf)	504069	μ_2	0.774
1.6 Ta	0.34	μ	1
Ad _(1.6 Ta)	0.963	V ₀ * (kgf)	485569.95

CORTANTE DINÁMICO		VERIFICACIÓN		FACTOR DE AJUSTE	
V _{0x} (kgf)	425001.68	V _{0x} >V ₀ *	NO CUMPLE	V ₀ */V _{0x}	1.143
V _{0y} (kgf)	495616.34	V _{0y} >V ₀ *	CUMPLE	V ₀ */V _{0y}	0.98

Tabla 51. Verificación del cortante basal. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

DATOS		CÁLCULOS	
T*	0.7	μ_1	1
W (kgf)	132752	μ_2	0.767
1.6 Ta	0.23	μ	1
Ad _(1.6 Ta)	0.963	V ₀ * (kgf)	127879.59

CORTANTE DINÁMICO		VERIFICACIÓN		FACTOR DE AJUSTE	
V _{0x} (kgf)	90201.5	V _{0x} >V ₀ *	NO CUMPLE	V ₀ */V _{0x}	1.418
V _{0y} (kgf)	110024.28	V _{0y} >V ₀ *	NO CUMPLE	V ₀ */V _{0y}	1.162

Tabla 52. Verificación del cortante basal. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.

DATOS		CÁLCULOS	
T*	0.7	μ_1	1
W (kgf)	367409	μ_2	0.772
1.6 Ta	0.31	μ	1
Ad _(1.6 Ta)	0.963	V ₀ * (kgf)	353924.83

CORTANTE DINÁMICO		VERIFICACIÓN		FACTOR DE AJUSTE	
V _{0x} (kgf)	263311.77	V _{0x} >V ₀ *	NO CUMPLE	V ₀ */V _{0x}	1.344
V _{0y} (kgf)	368742.19	V _{0y} >V ₀ *	CUMPLE	V ₀ */V _{0y}	0.960

Para el caso del modelo del corredor inferior y superior, se observa un comportamiento especial en el diagrama de cortantes de piso (Ver Figura 39) presentando un cortante mayor en el nivel del corredor superior que en la base, esto debido a que las columnas del corredor superior se empotran en un nivel diferente que las del nivel inferior, adicionalmente a que ambas plantas se encuentran conectadas solo por un eje de columnas. Debido a esto, la verificación del cortante basal en este modelo no se realizó tomando el valor arrojado para el nivel de base en el diagrama de cortantes de piso, ya que se estaría subestimando este valor. Para este caso se tomó el reporte de los valores de corte en ambas direcciones para cada columna reportados por el programa a nivel de la base de cada una de ellas y se sumó.

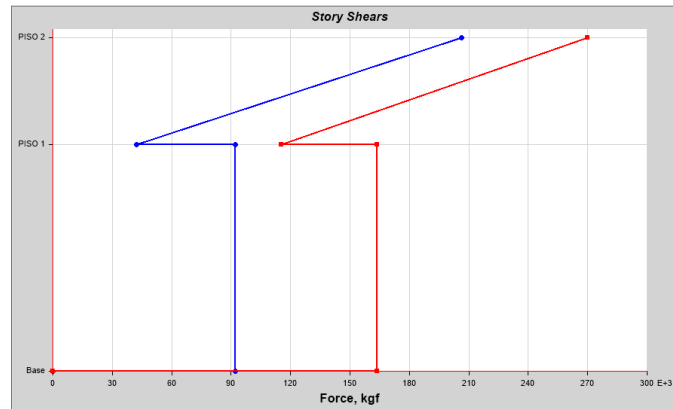


Figura 39. Diagrama de cortantes de piso. Corredor inferior y superior. Fuente: ETABS v.2015

En los módulos de Aulas, Dirección y Herbario se observó que la fuerza cortante en una dirección es superior en la planta alta que en la base, comportamiento que se atribuye posiblemente a que el techo de estas edificaciones es inclinado, ya que no se evidenció en el corredor inferior. (Ver Figura 40).

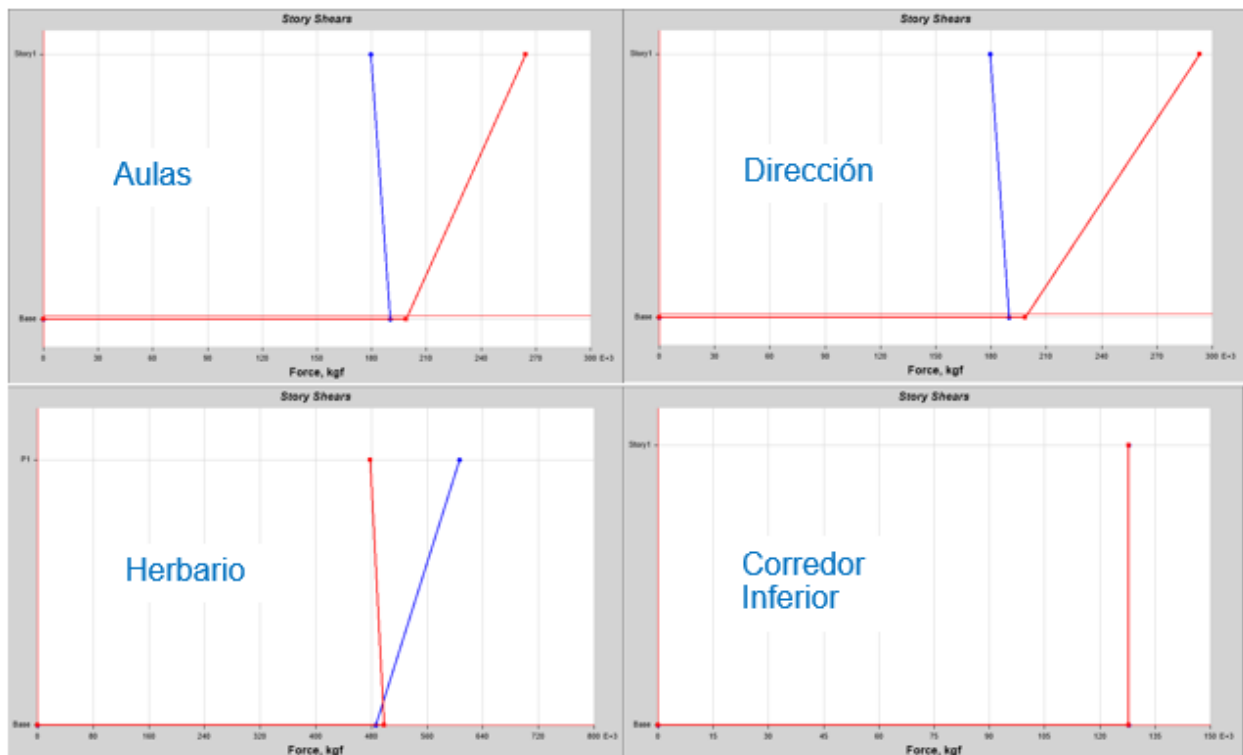


Figura 40. Diagramas de cortantes de piso corregidos. Fuente: ETABS v.2015

Según lo establecido en el aparte 9.6.2.1 de la Norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”, en cada dirección de análisis el corte basal dinámico (V_0) no será menor que el mínimo coeficiente sísmico dado por la ecuación 7. Desde la Tabla 53 a la Tabla 57 se presenta la verificación de este aparte para cada uno de los modelos.

$$C = \frac{\alpha * A_0}{R} \quad \text{Ecuación 7}$$

Tabla 53. Verificación V_0/W . Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

CÁLCULOS	
W (kg)	197352
$\alpha A_0 / R$	0.390
V_{0x}/W	0.964
V_{0y}/W	1.007

VERIFICACIONES	
$V_{0x}/W \geq \alpha A_0/R$	CUMPLE
$V_{0y}/W \geq \alpha A_0/R$	CUMPLE

Tabla 54. Verificación V_0/W . Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

CÁLCULOS	
W (kg)	197049
$\alpha A_0 / R$	0.390
V_{0x}/W	0.964
V_{0y}/W	1.006

VERIFICACIONES	
$V_{0x}/W \geq \alpha A_0/R$	CUMPLE
$V_{0y}/W \geq \alpha A_0/R$	CUMPLE

Tabla 55. Verificación V_0/W . Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

CÁLCULOS	
W (kg)	504069
$\alpha A_0 / R$	0.390
V_{0x}/W	0.964
V_{0y}/W	0.988

VERIFICACIONES	
$V_{0x}/W \geq \alpha A_0/R$	CUMPLE
$V_{0y}/W \geq \alpha A_0/R$	CUMPLE

Tabla 56. Verificación V_0/W . Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

CÁLCULOS	
W (kg)	132752
$\alpha A_0 / R$	0.390
V_{0x}/W	0.963
V_{0y}/W	0.963

VERIFICACIONES	
$V_{0x}/W \geq \alpha A_0/R$	CUMPLE
$V_{0y}/W \geq \alpha A_0/R$	CUMPLE

Tabla 57. Verificación V_0/W . Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.

CÁLCULOS	
W (kg)	367409
$\alpha A_0 / R$	0.390
V_{0x}/W	0.964
V_{0y}/W	1.086

VERIFICACIONES	
$V_{0x}/W \geq \alpha A_0/R$	CUMPLE
$V_{0y}/W \geq \alpha A_0/R$	CUMPLE

VII.3. Derivas

Según lo establecido en el aparte 10.2 de la norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”, el valor límite de deriva inelástica para una edificación

pertenece al grupo A y cuyos elementos no estructurales son susceptibles de sufrir deformaciones de la estructura es igual a 0.012. (Ver Tabla 58)

Tabla 58. Valores límites de deriva inelástica. Fuente: COVENIN 1756-2001-1.

TIPO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	EDIFICACIONES		
	GRUPO A	GRUPO B1	GRUPO B2
Susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura	0.012	0.015	0.018
No susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura	0.016	0.020	0.024

Investigaciones recientes indican que para edificaciones antiguas los límites de derivas deben ser un poco más restrictivos ya que las mismas no cuentan con el detallado necesario para alcanzar una ductilidad propia de estos valores presentados en la norma venezolana vigente. En la Tabla 59 se presentan los valores de derivas máximas usados como criterio en la evaluación de edificaciones dentro del Proyecto SismoCaracas, los cuales fueron tomados como una orientación.

Tabla 59. Valores límites recomendados de Deriva Normalizada. Fuente: Proyecto SismoCaracas.

TIPO DE ESTRUCTURA	AÑO DE CONSTRUCCIÓN		
	ANTES DE 1967	1967-1998	DESPUES DE 1998
Pórticos de concreto armado	8‰	13‰	18‰
Pórticos de concreto armado rellenos con paredes	7‰	11‰	15‰
Muros de concreto armado.	7‰	11‰	15‰

Las derivas inelásticas fueron calculadas según la ecuación 8 establecida en la norma COVENIN 1756-2001-1, tomando como base las derivas elásticas (Δ_{ei}) reportadas por el programa, se compararon con lo establecido en la norma y las investigaciones recientes.

$$\Delta_i = 0.8 * R * \Delta_{ei} \quad \text{Ecuación 8}$$

El factor 0.8 considerado en la ecuación 8 no se tomó en cuenta en el cálculo de las derivas máximas de los modelos ya que el factor de reducción de respuesta empleado es igual a 1, por lo tanto la ductilidad de las estructuras es igual a la unidad. Desde la

Tabla 60 a la Tabla 64 se muestran los resultados de las derivas obtenidas para cada modelo, así como su comparación y verificación con el valor máximo establecido en la norma vigente (0.012) y en las investigaciones recientes (0.008).

Tabla 60. Verificación de la deriva máxima. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

NIVEL		DESCRIPCIÓN		Deriva Elástica	
PISO 1		Deriva en X		0.003959	
PISO 1		Deriva en Y		0.009015	

RESULTADOS		VERIFICACIÓN NORMA		VERIFICACIÓN INVESTIGACIONES	
Max Deriva en X	0.003959	Max Deriva en X ≤ 0.012	CUMPLE	Max Deriva en X ≤ 0.008	CUMPLE
Max Deriva en Y	0.009015	Max Deriva en Y ≤ 0.012	CUMPLE	Max Deriva en Y ≤ 0.008	NO CUMPLE

Tabla 61. Verificación de la deriva máxima. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

NIVEL		DESCRIPCIÓN		Deriva Elástica	
PISO 1		Deriva en X		0.004038	
PISO 1		Deriva en Y		0.009082	

RESULTADOS		VERIFICACIÓN NORMA		VERIFICACIÓN INVESTIGACIONES	
Max Deriva en X	0.004038	Max Deriva en X ≤ 0.012	CUMPLE	Max Deriva en X ≤ 0.008	CUMPLE
Max Deriva en Y	0.009082	Max Deriva en Y ≤ 0.012	CUMPLE	Max Deriva en Y ≤ 0.008	NO CUMPLE

Tabla 62. Verificación de la deriva máxima. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

NIVEL		DESCRIPCIÓN		Deriva Elástica	
PISO 1		Deriva en X		0.004313	
PISO 1		Deriva en Y		0.005317	

RESULTADOS		VERIFICACIÓN NORMA		VERIFICACIÓN INVESTIGACIONES	
Max Deriva en X	0.004313	Max Deriva en X ≤ 0.012	CUMPLE	Max Deriva en X ≤ 0.008	CUMPLE
Max Deriva en Y	0.005317	Max Deriva en Y ≤ 0.012	CUMPLE	Max Deriva en Y ≤ 0.008	CUMPLE

Tabla 63. Verificación de la deriva máxima. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	JUNTA	Deriva Elástica
PISO 1	Max. Deriva en X	O13	0.013791
PISO 1	Max. Deriva en Y	G19	0.012854

RESULTADOS		VERIFICACIÓN NORMA		VERIFICACIÓN INVESTIGACIONES	
Max Deriva en X	0.013791	Max Deriva en X ≤ 0.012	NO CUMPLE	Max Deriva en X ≤ 0.008	NO CUMPLE
Max Deriva en Y	0.012854	Max Deriva en Y ≤ 0.012	NO CUMPLE	Max Deriva en Y ≤ 0.008	NO CUMPLE

Tabla 64. Verificación de la deriva máxima. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	JUNTA	Deriva Elástica
PISO 2	Máx. Deriva en X	G14	0.039645
PISO 2	Máx. Deriva en Y	G14	0.019617
PISO 1	Máx. Deriva en X	I14	0.009559
PISO 1	Máx. Deriva en Y	I14	0.005180

RESULTADOS		VERIFICACIÓN NORMA		VERIFICACIÓN INVESTIGACIONES	
Max Deriva en X	0.039645	Max Deriva en X ≤ 0.012	NO CUMPLE	Max Deriva en X ≤ 0.008	NO CUMPLE
Max Deriva en Y	0.019617	Max Deriva en X ≤ 0.012	NO CUMPLE	Max Deriva en X ≤ 0.008	NO CUMPLE

Como se puede observar, los módulos de Aulas, Dirección y Herbario cumplen con lo establecido en la Norma, no cumpliéndose con este valor para el modelo del corredor inferior y el del corredor inferior y superior, muy probablemente por su forma irregular. El único modelo que cumple con el valor límite tomado en base a los criterios de la evaluación de edificaciones antiguas del Proyecto SismoCaracas en ambas direcciones es el modelo del Herbario, mientras que para los modelos de Aulas y Dirección se cumple con este valor límite referencial sólo en la dirección "X".

La evaluación de la separación de la junta de construcción se realizó en base a lo establecido en la Norma COVENIN 1756:2001-1. “Edificaciones Sismorresistentes” en su aparte 10.3.2, acorde a las ecuaciones 9 y 10.

$$S_{junta} \geq \sqrt{S_A^2 + S_B^2} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$S_{A o B} = \left(\frac{R + 1}{2} \right) \Delta_{en} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

S_{junta} : Separación de la junta.

S_{AoB} : Separación de la edificación A o B

R: Factor de reducción de respuesta

Δ_{en} : Máximo desplazamiento lateral elástico del último nivel de la edificación en la dirección considerada, pero no menor que 3.5 cm en los primeros 6 metros de altura de la misma.

Los modelos considerados fueron el del corredor inferior y el del corredor inferior y superior, los desplazamientos son los ocurridos al nivel del corredor inferior en la dirección Y. Como se puede observar en la Tabla 65, la separación de la junta es insuficiente, ya que según lo establecido en la norma se requiere un mínimo de 7.47 cm y la misma es de apenas 2.5 cm.

Tabla 65. Verificación de separación de junta en corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

VERIFICACIÓN DE SEPARACIÓN DE JUNTA	
Modelo A	Corredor inferior
Modelo B	Corredor inferior y superior
Δ_{en-A} (cm)	3.54
Δ_{en-B} (cm)	1.37
R	1
S_A (cm)	5.31
S_B (cm)	5.25
S_{junta} (cm)	7.47

VII.4. Análisis Modal

Según lo establecido en el aparte 9.6.2.1 de la Norma COVENIN 1756:2001-1. “Edificaciones Sismorresistentes” el número mínimo de modos de vibración a utilizar en el análisis dinámico, será aquel que garantice que la sumatoria de las masas participativas exceda el 90% de la masa total del edificio para cada una de las direcciones del análisis.

Desde la Tabla 66 a la Tabla 70 se muestran los períodos y las masas participativas en las direcciones del análisis (X y Y) para cada uno de los modos, además se presenta también la masa participativa en la rotación con respecto al eje Z, parámetro que sirve de guía para la evaluación del comportamiento.

Tabla 66. Análisis modal del módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE AULAS						
Modo	Período (s)	Masa participativa		Masa acumulada		Masa Participativa RZ
		X	Y	X	Y	
1	0.281	0.4929	0.0613	0.49	0.06	0.45
2	0.258	0.0567	0.9308	0.55	0.99	0.01
3	0.211	0.4498	0.0069	1.00	1.00	0.54

Tabla 67. Análisis modal del módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE DIRECCIÓN						
Modo	Período (s)	Masa participativa		Masa acumulada		Masa Participativa RZ
		X	Y	X	Y	
1	0.284	0.5488	0.0413	0.45	0.04	0.41
2	0.262	0.0396	0.9531	0.01	0.99	0.01
3	0.212	0.411	0.0047	1.00	1.00	0.58

Tabla 68. Análisis modal del módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DEL HERBARIO						
Modo	Período (s)	Masa participativa		Masa acumulada		Masa Participativa RZ
		X	Y	X	Y	
1	0.241	0.7641	0.0132	0.76	0.01	0.23
2	0.211	0.0341	0.954	0.80	0.97	0.01
3	0.186	0.201	0.0319	1.00	1.00	0.76

Tabla 69. Análisis modal del corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR						
Modo	Período (s)	Masa participativa		Masa acumulada		Masa Participativa RZ
		X	Y	X	Y	
1	0.342	0.0926	0.0479	0.09	0.05	0.70
2	0.286	0.0199	0.7315	0.11	0.78	0.17
3	0.236	0.3092	0.2113	0.42	0.99	0.13
4	0.162	0.5724	0.0086	0.99	1.00	0.00
5	0.126	0.0056	0.0006	1.00	1.00	0.00
6	0.054	0.000001	0.000002	1.00	1.00	0.00

Tabla 70. Análisis modal del corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR						
Modo	Período (s)	Masa participativa		Masa acumulada		Masa Participativa RZ
		X	Y	X	Y	
1	0.344	0.5129	0.0823	0.51	0.08	0.37
2	0.303	0.1144	0.8036	0.63	0.89	0.00
3	0.214	0.3631	0.0309	0.99	0.92	0.54
4	0.166	0.0007	0.0182	0.99	0.94	0.01
5	0.165	0.0034	0.0018	0.99	0.94	0.01
6	0.14	0.0041	0.0005	1.00	0.94	0.03

Para los módulos de Aulas, Dirección y Herbario se les asignaron tres (3) modos de vibración ya que son estructuras de un solo piso, y como se puede verificar en el modo 3 la masa participativa alcanza y supera el 90%. Para los modelos del sistema de corredores se fijaron seis (6) modos de vibración ya que se consideraron como diafragma flexible, sin embargo, en los modos 3 y 4 ya alcanzan el 90% de la masa participativa.

Es importante destacar el carácter torsional que se presenta en el primer modo de cada modelo, considerando que la torsión es el efecto más dañino sobre las estructuras y el primer modo el de mayor alcance, esto implica posiblemente un mayor daño inicial a los elementos estructurales.

VII.5. Factor de resistencia de las columnas

Ya que en el modelado de las edificaciones se definió el armado de las columnas como dato en el programa, se hizo posible la comparación entre las fuerzas que actúan en las

columnas y las fuerzas que son capaces de soportar gracias a su geometría y distribución de aceros. Este factor que expresa la relación demanda/capacidad en las columnas se denomina a efectos de este trabajo como factor de resistencia.

Cuando el factor de resistencia es mayor a la unidad (1.00), implica que la demanda supera a la capacidad y por lo tanto la columna no es capaz de resistir las solicitaciones a las que está sometida; si por el contrario este factor es menor a la unidad (1.00) indica que la capacidad es mayor a la demanda y por lo tanto la columna es capaz de soportar solicitaciones incluso superiores a las cuales se les somete.

Desde la Tabla 71 hasta la

Tabla 75 se muestran los factores de resistencia de las columnas reportados por el programa para todos los módulos analizados. Para las columnas comunes en varios modelos (indicadas con un *), se tomó el valor más desfavorable presentado en ambos modelos.

En el caso del corredor superior e inferior se presentó un error para la columna G12 reportando que el valor de la fuerza axial mayorada excede la fuerza de Euler, esto probablemente debido a que es una columna esbelta (cerca de 4.00 m de altura) y su sección transversal es pequeña y se pueden presentar problemas de pandeo.

Tabla 71. Factor de resistencia de las columnas. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE AULAS		
COLUMNA	TIPO	FACTOR DE RESISTENCIA (D/C)
A3	T9	4.798
B3	T8	3.029
C3	T9	3.951
D3	T8	2.545
E3	T9	3.803
F3	T9	4.586
G3	T9	4.513
A5	T1	7.093
C5	T1	5.371
E5	T1	5.163
F5	T1	6.638

MÓDULO DE AULAS		
COLUMNA	TIPO	FACTOR DE RESISTENCIA (D/C)
G5	T1	6.544
A7 *	T1	13.519
B7 *	T10	3.961
C7 *	T1	10.671
D7 *	T11	3.947
E7 *	T1	9.025
F7 *	T1	8.723
G7 *	T1	9.799

Tabla 72. Factor de resistencia de las columnas. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE DIRECCIÓN		
COLUMNA	TIPO	FACTOR DE RESISTENCIA (D/C)
H16 *	T1	7.546
J16 *	T10	3.086
K16 *	T1	6.810
L16 *	T11	3.026
M16 *	T1	7.297
N16 *	T10	3.208
O16 *	T1	10.336
H17 *	T1	7.730
K17	T1	5.309
M17	T1	5.537
O17	T1	7.160
H18 *	T9	7.031
J18	T8	3.021
K18	T9	3.985
L18	T8	2.654
M18	T9	4.088
N18	T8	3.131
O18	T9	4.900

Tabla 73. Factor de resistencia de las columnas. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DEL HERBARIO		
COLUMNA	TIPO	FACTOR DE RESISTENCIA (D/C)
J1	T1	7.54
J2	T3	6.188
J4	T3	5.441
J6 *	T1	8.866
J8 *	T3	7.637
J9 *	T3	7.53
J10 *	T3	7.872
J11 *	T1	9.069
J12 *	T1	9.927
J13 *	T1	11.285
K1	T1	7.968
K2	T1	6.94
K4	T1	6.273
K6	T1	5.11
K8	T1	4.994
K9	T1	5.005
K10	T1	5.456
K11	T1	6.185
K12	T1	6.742
K13	T1	7.549
L1	T1	8.031
L2	T5	8.081
L4	T5	7.737
L8	T5	6.589
L9	T4	7.573
L10	T4	8.173
L11	T1	6.28
M1	T1	8.36
M2	T6	3.726
M4	T6	3.478
M6	T7	4.039
M8	T6	3.163
M9	T6	3.245
M10	T6	3.364
M11	T1	6.902
N1	T1	7.364

MÓDULO DEL HERBARIO		
COLUMNA	TIPO	FACTOR DE RESISTENCIA (D/C)
N11	T1	7.141
O1	T2	4.272
O2	T8	2.51
O4	T8	2.373
O6	T7	3.232
O8	T8	2.203
O9	T8	2.231
O10	T8	2.298

Tabla 74. Factor de resistencia de las columnas. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR		
COLUMNA	TIPO	FACTOR DE RESISTENCIA (D/C)
H19	T15	4.332
G19	T15	7.364
G18	T15	6.162
G17	T15	5.139
G16	T15	4.293
J15	T13	5.667
K15	T13	7.709
G15	T14	6.313
I15	T14	3.797
O13	T15	6.634
N13	T15	6.492
M13	T15	5.643
L13	T15	4.89

Tabla 75. Factor de resistencia de las columnas. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR			
COLUMNA	NIVEL	TIPO	FACTOR DE RESISTENCIA (D/C)
I6	PISO 1	T12	8.445
I8	PISO 1	T12	10.956
I9	PISO 1	T15	8.424
I10	PISO 1	T12	9.082
I11	PISO 1	T12	9.357

CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR			
COLUMNA	NIVEL	TIPO	FACTOR DE RESISTENCIA (D/C)
I12	PISO 1	T12	8.922
I14	PISO 1	T14	5.778
G14	PISO 1	T14	13.987
I6	PISO 2	T12	8.445
I8	PISO 2	T12	10.956
I9	PISO 2	T15	8.424
I10	PISO 2	T12	9.082
I11	PISO 2	T12	9.357
I12	PISO 2	T12	8.922
I14	PISO 2	T14	5.778
G8	PISO 2	T15	8.262
G9	PISO 2	T15	8.091
G10	PISO 2	T15	9.662
G11	PISO 2	T15	11.364
G12	PISO 2	T15	0/S
G14	PISO 2	T14	13.987
F8	PISO 2	T15	7.852
F9	PISO 2	T15	8.785
F10	PISO 2	T15	9.141
F11	PISO 2	T15	8.264
E8	PISO 2	T15	9.078
E9	PISO 2	T15	6.843
D8	PISO 2	T15	9.6
C8	PISO 2	T15	8.215
B8	PISO 2	T15	9.088
A8	PISO 2	T15	8.851

En la Tabla 76 se presenta un resumen de los valores presentados en los módulos, donde se puede evidenciar principalmente que ninguna columna es capaz de resistir las sollicitaciones a las cuales están sometidas.

Tabla 76. Tabla resumen de factores de resistencia. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE AULAS	
Total de columnas	19
Columnas con factor de resistencia menor a 1.00	0 (0%)
Columnas con factor de resistencia mayor a 1.00	19 (100%)
Mínimo factor de resistencia presentado	2.545
Máximo factor de resistencia presentado	13.519
Factor de resistencia promedio presentado	6.194
MÓDULO DE DIRECCIÓN	
Total de columnas	18
Columnas con factor de resistencia menor a 1.00	0 (0%)
Columnas con factor de resistencia mayor a 1.00	18 (100%)
Mínimo factor de resistencia presentado	2.654
Máximo factor de resistencia presentado	10.336
Factor de resistencia promedio presentado	5.325
MÓDULO DEL HERBARIO	
Total de columnas	45
Columnas con factor de resistencia menor a 1.00	0 (0%)
Columnas con factor de resistencia mayor a 1.00	45 (100%)
Mínimo factor de resistencia presentado	2.203
Máximo factor de resistencia presentado	11.285
Factor de resistencia promedio presentado	6.001
CORREDOR INFERIOR-PARTE 1	
Total de columnas	13
Columnas con factor de resistencia menor a 1.00	0 (0%)
Columnas con factor de resistencia mayor a 1.00	13 (100%)
Mínimo factor de resistencia presentado	3.797
Máximo factor de resistencia presentado	7.709
Factor de resistencia promedio presentado	5.726
CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR	
Total de columnas	30
Columnas con factor de resistencia menor a 1.00	0 (0%)
Columnas con factor de resistencia mayor a 1.00	30 (100%)
Mínimo factor de resistencia presentado	5.778
Máximo factor de resistencia presentado	13.987
Factor de resistencia promedio presentado	9.100

Debido a la incertidumbre que genera la distinción poco común de las resistencias a compresión del concreto a los 28 días ($f'c_{28}$) entre las vigas y columnas de los módulos de Aulas y Dirección, se decidió evaluar el modelo del módulo de Dirección considerando tanto las vigas como las columnas con un valor de resistencia a compresión $f'c_{28}$ igual a

200 kgf/cm². Se verificó que los factores de resistencias de las columnas (fr) presentan variaciones muy pequeñas al comparar los modelos con diferentes resistencias a compresión del concreto y que igualmente los mismos superan a la unidad, por lo tanto las columnas siguen siendo incapaces de resistir las solicitaciones de diseño. (Ver Anexo C)

Adicionalmente, por considerarse que una resistencia a la compresión a los 28 días de 100 kgf/cm² es una resistencia muy baja para un concreto estructural, se decidió evaluar el modelo del módulo de Dirección sólo bajo la acción de las cargas de servicio. En la Tabla 77 se muestran los resultados obtenidos y se puede apreciar que en ninguna columna los factores de resistencia superan la unidad (1.00), indicando que las mismas a pesar de tener un concreto de baja resistencia son capaces de resistir las solicitaciones de servicio.

*Tabla 77. Resumen de factores de resistencia para cargas de servicio- Módulo de Dirección.
Fuente: Elaboración Propia.*

DIRECCIÓN-CARGAS DE SERVICIO	
Total de columnas	18
Columnas con factor de resistencia menor a 1.00	18 (100%)
Columnas con factor de resistencia mayor a 1.00	0 (0%)
Mínimo factor de resistencia presentado	0.135
Máximo factor de resistencia presentado	0.251
Factor de resistencia promedio presentado	0.190

En orden de determinar cuál sería el mayor sismo que es capaz de soportar la edificación se tomó el modelo más desfavorable y se analizó bajo distintas acciones sísmicas. En cada espectro se varió el valor del coeficiente de aceleración horizontal y adicionalmente se analizó el modelo sólo bajo la acción de las cargas de servicio.

En la Tabla 78 se muestran los resultados obtenidos, mostrando que para un coeficiente de aceleración sísmica horizontal A_0 igual a 0.10 (Valor establecido en la norma para la zona sísmica 1) la totalidad de las columnas presentan un factor de resistencia superior a la unidad (1.00). Bajo la acción de las cargas de servicio se observa que en un 56.67% de las columnas este factor es inferior a la unidad, sin embargo, el factor de resistencia promedio presentado la supera.

Es importante destacar que en el caso de las cargas de servicio, las columnas que presentaron factores de resistencias mayores a uno (1.00) son únicamente las del eje de columnas que conectan las dos plantas, sin embargo, en estas columnas no se observó ningún tipo de daño que den indicio de una falla de las mismas bajo las condiciones actuales. Se espera que para un sismo cuyo coeficiente de aceleración horizontal sea de 0.05 la totalidad de las columnas de este modelo fallarían.

Tabla 78. Factores de resistencia para distintas acciones sísmicas. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR	Cargas de servicio	A₀ = 0.05	A₀ = 0.10
Total de columnas	30	30	30
Columnas con factor de resistencia menor a 1.00	17 (56.67%)	0 (0%)	0 (0%)
Columnas con factor de resistencia mayor a 1.00	13 (43.33%)	30 (100%)	30 (100%)
Mínimo factor de resistencia presentado	0.609	1.522	2.168
Máximo factor de resistencia presentado	1.931	4.571	6.25
Factor de resistencia promedio presentado	1.085	2.563	3.875

VII.6. Acero longitudinal de las vigas

Del análisis realizado a los modelos, mediante el programa ETABS v.2015 se determinó el acero requerido por las vigas para resistir las solicitaciones a las cuales está sometida por diseño.

Es importante destacar que aquellas vigas donde el programa reporta "O/S" es porque la sección de la viga resulta insuficiente, indicando que el área de acero requerida es imposible disponerla en la sección dada.

Desde la Tabla 79 a la Tabla 83 se muestra la comparación de las áreas de acero colocadas (según los planos) con las reportadas por el programa, aquellas vigas cuya área de acero colocada supera la del recálculo se señalan como "CUMPLE", mientras que en las que no cumple se indica la cantidad de acero faltante.

En el Anexo B se presentan las áreas de acero obtenidas de los planos y las reportadas por el programa.

Tabla 79. Verificación de áreas de acero. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DE AULAS					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V7a	A - B	20	50	FALTAN 12.88 cm ²	FALTAN 4.43 cm ²	FALTAN 14.36 cm ²	FALTAN 14.99 cm ²	FALTAN 5.07 cm ²	FALTAN 12.61 cm ²
V7a	B - C	20	50	FALTAN 11.8 cm ²	FALTAN 2.65 cm ²	FALTAN 13 cm ²	FALTAN 11.45 cm ²	FALTAN 2.93 cm ²	FALTAN 11.18 cm ²
V7a	C - D	20	50	FALTAN 12.08 cm ²	FALTAN 2.62 cm ²	FALTAN 11.81 cm ²	FALTAN 11.75 cm ²	FALTAN 3.13 cm ²	FALTAN 11.26 cm ²
V7a	D - E	20	50	FALTAN 10.74 cm ²	FALTAN 2.57 cm ²	FALTAN 10.43 cm ²	FALTAN 11.65 cm ²	FALTAN 1.81 cm ²	FALTAN 11.17 cm ²
V7a	E - F	20	50	FALTAN 9.41 cm ²	FALTAN 2.61 cm ²	FALTAN 5.88 cm ²	FALTAN 11.6 cm ²	FALTAN 1.77 cm ²	FALTAN 11.17 cm ²
V7a	F - G	20	50	FALTAN 6.8 cm ²	FALTAN 5.08 cm ²	FALTAN 15.24 cm ²	FALTAN 12.19 cm ²	FALTAN 1.73 cm ²	FALTAN 13.98 cm ²
VA	3'-3	40	30	FALTAN 6.97 cm ²	FALTAN 0.5 cm ²	FALTAN 5.13 cm ²	FALTAN 8.61 cm ²	FALTAN 2.48 cm ²	FALTAN 11.44 cm ²
VA	3 - 5	40	30	FALTAN 5.64 cm ²	FALTAN 2.85 cm ²	FALTAN 11.7 cm ²	FALTAN 9.22 cm ²	CUMPLE	FALTAN 13.68 cm ²
VA	5 - 7	40	30	O/S	FALTAN 5.37 cm ²	O/S	FALTAN 18.3 cm ²	CUMPLE	O/S
PB	3' - 3	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 8.51 cm ²	FALTAN 1.35 cm ²	FALTAN 5.34 cm ²
PB	3 - 7	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VC	3' - 3	40	40	FALTAN 0.53 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 1.86 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²
VC	3 - 5	40	40	CUMPLE	FALTAN 2.98 cm ²	FALTAN 0.8 cm ²	FALTAN 3.5 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.54 cm ²
VC	5 - 7	40	40	FALTAN 9.29 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 23.8 cm ²	FALTAN 4.37 cm ²	CUMPLE	FALTAN 7.85 cm ²
PD	3' - 3	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 7.16 cm ²	FALTAN 0.78 cm ²	FALTAN 4.16 cm ²
PD	3 - 7	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VE	3' - 3	40	40	FALTAN 0.53 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 1.6 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DE AULAS					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
VE	3 - 5	40	40	CUMPLE	FALTAN 2.76 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.18 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.19 cm ²
VE	5 - 7	40	40	FALTAN 7.79 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 22.04 cm ²	FALTAN 3.22 cm ²	CUMPLE	FALTAN 6.2 cm ²
VF	3' - 3	40	60	FALTAN 2.21 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 5.03 cm ²	FALTAN 0.45 cm ²	FALTAN 3.49 cm ²
VF	3 - 5	40	60	CUMPLE	FALTAN 2.46 cm ²	CUMPLE	FALTAN 6.7 cm ²	CUMPLE	FALTAN 7.09 cm ²
VF	5 - 7	40	60	FALTAN 7.87 cm ²	FALTAN 5.4 cm ²	FALTAN 20.4 cm ²	FALTAN 9.2 cm ²	CUMPLE	FALTAN 13.77 cm ²
VG	3'-3	40	30	FALTAN 5.9 cm ²	FALTAN 0.5 cm ²	FALTAN 3.38 cm ²	FALTAN 7.64 cm ²	FALTAN 2.48 cm ²	FALTAN 10.19 cm ²
VG	3 - 5	40	30	FALTAN 4.24 cm ²	FALTAN 2.51 cm ²	FALTAN 10.17 cm ²	FALTAN 7.88 cm ²	CUMPLE	FALTAN 11.99 cm ²
VG	5 - 7	40	30	O/S	FALTAN 4.79 cm ²	O/S	FALTAN 16.14 cm ²	CUMPLE	O/S
V7	A - B	40	20	FALTAN 1.7 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.61 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V7	B - C	40	20	FALTAN 1.28 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.25 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V7	C - D	40	20	FALTAN 1.11 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.13 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V7	D - E	40	20	FALTAN 1.13 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.14 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V7	E - F	40	20	FALTAN 1.26 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.38 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V7	F - G	40	20	FALTAN 1.71 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.74 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V5	A - C	60	20	FALTAN 4.79 cm ²	FALTAN 0.43 cm ²	FALTAN 3.52 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.56 cm ²
V5	C - E	60	20	FALTAN 3.59 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.06 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.56 cm ²
V5	E - F	60	20	FALTAN 3.73 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.15 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.56 cm ²
V5	F - G	60	20	FALTAN 4.17 cm ²	CUMPLE	FALTAN 5.02 cm ²	FALTAN 1.07 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 2.13 cm ²

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DE AULAS					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V3	A - B	60	20	FALTAN 6.23 cm ²	FALTAN 0.19 cm ²	FALTAN 5.01 cm ²	FALTAN 3.24 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 1.91 cm ²
V3	B - C	60	20	FALTAN 3.82 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.09 cm ²	FALTAN 0.89 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.91 cm ²
V3	C - D	60	20	FALTAN 4.1 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.88 cm ²	FALTAN 0.93 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.94 cm ²
V3	D - E	60	20	FALTAN 3.89 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.15 cm ²	FALTAN 0.96 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.95 cm ²
V3	E - F	60	20	FALTAN 4.11 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.06 cm ²	FALTAN 1.04 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.01 cm ²
V3	F - G	60	20	FALTAN 5.24 cm ²	FALTAN 0.21 cm ²	FALTAN 6.27 cm ²	FALTAN 2.03 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 3.38 cm ²
V3'	A - B	20	20	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.41 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V3'	B - C	20	20	FALTAN 0.28 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V3'	C - D	20	20	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.24 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V3'	D - E	20	20	FALTAN 0.21 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V3'	E - F	20	20	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.15 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V3'	F - G	20	20	FALTAN 0.26 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 80. Verificación de áreas de acero. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DE DIRECCIÓN					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V16a	O - N	20	50	FALTAN 10.03 cm ²	FALTAN 2.88 cm ²	FALTAN 11.13 cm ²	FALTAN 11.19 cm ²	FALTAN 3.35 cm ²	FALTAN 9.54 cm ²
V16a	N - M	20	50	FALTAN 9.65 cm ²	FALTAN 1.98 cm ²	FALTAN 9.87 cm ²	FALTAN 8.29 cm ²	FALTAN 1.98 cm ²	FALTAN 8.23 cm ²
V16a	M - L	20	50	FALTAN 9.77 cm ²	FALTAN 1.98 cm ²	FALTAN 8.34 cm ²	FALTAN 8.21 cm ²	FALTAN 1.98 cm ²	FALTAN 8.19 cm ²
V16a	L - K	20	50	FALTAN 8.34 cm ²	FALTAN 1.98 cm ²	FALTAN 7.24 cm ²	FALTAN 8.19 cm ²	FALTAN 0.71 cm ²	FALTAN 8.21 cm ²

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DE DIRECCIÓN					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
				B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.
V16a	K - J	20	50	FALTAN 7.33 cm ²	FALTAN 1.98 cm ²	FALTAN 2.53 cm ²	FALTAN 8.24 cm ²	FALTAN 0.71 cm ²	FALTAN 8.3 cm ²
V16a	J - H	20	50	FALTAN 4.02 cm ²	FALTAN 2.9 cm ²	FALTAN 10.64 cm ²	FALTAN 8.15 cm ²	CUMPLE	FALTAN 9.82 cm ²
VO	18' - 18	40	30	FALTAN 7.05 cm ²	FALTAN 0.5 cm ²	FALTAN 5.28 cm ²	FALTAN 8.7 cm ²	FALTAN 2.48 cm ²	FALTAN 11.59 cm ²
VO	18 - 17	40	30	FALTAN 5.76 cm ²	FALTAN 2.88 cm ²	FALTAN 11.86 cm ²	FALTAN 9.36 cm ²	CUMPLE	FALTAN 13.85 cm ²
VO	17 - 16	40	30	O/S	FALTAN 5.43 cm ²	O/S	FALTAN 18.51 cm ²	CUMPLE	O/S
PN	18' - 18	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 8.51 cm ²	FALTAN 1.37 cm ²	FALTAN 5.37 cm ²
PN	18-16	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VM	18' - 18	40	40	FALTAN 0.53 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 1.91 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²
VM	18 - 17	40	40	CUMPLE	FALTAN 3.04 cm ²	FALTAN 1.02 cm ²	FALTAN 3.58 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.64 cm ²
VM	17 - 16	40	40	FALTAN 9.67 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 24.26 cm ²	FALTAN 4.68 cm ²	CUMPLE	FALTAN 8.26 cm ²
PL	18' - 18	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 7.28 cm ²	FALTAN 0.79 cm ²	FALTAN 4.19 cm ²
PL	18 - 16	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VK	18' - 18	40	40	FALTAN 0.53 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 1.76 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²
VK	18 - 17	40	40	CUMPLE	FALTAN 2.83 cm ²	FALTAN 0.25 cm ²	FALTAN 3.31 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.3 cm ²
VK	17 - 16	40	40	FALTAN 8.37 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 22.63 cm ²	FALTAN 3.61 cm ²	CUMPLE	FALTAN 6.82 cm ²
PJ	18' - 18	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 8.51 cm ²	FALTAN 1.17 cm ²	FALTAN 4.95 cm ²
PJ	18-16	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DE DIRECCIÓN					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
				B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.
VH	18' - 18	40	30	FALTAN 2.98 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 4.38 cm ²	FALTAN 1.87 cm ²	FALTAN 5.96 cm ²
VH	18 - 17	40	30	FALTAN 1.24 cm ²	FALTAN 2.48 cm ²	FALTAN 7.68 cm ²	FALTAN 4.88 cm ²	CUMPLE	FALTAN 9.81 cm ²
VH	17 - 16	40	30	O/S	FALTAN 5.5 cm ²	O/S	FALTAN 16.35 cm ²	CUMPLE	O/S
V16	O - N	40	20	FALTAN 1.8 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.7 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V16	N - M	40	20	FALTAN 1.37 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.33 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V16	M - L	40	20	FALTAN 1.19 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.21 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V16	L - K	40	20	FALTAN 1.21 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.19 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V16	K - J	40	20	FALTAN 1.34 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.38 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V16	J - H	40	20	FALTAN 1.72 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.82 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V17	O - M	60	20	FALTAN 5.14 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 3.75 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.56 cm ²
V17	M - K	60	20	FALTAN 3.83 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.83 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.56 cm ²
V17	K - H	60	20	FALTAN 3.75 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 5.14 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.56 cm ²
V18	O - N	60	20	FALTAN 6.76 cm ²	FALTAN 0.46 cm ²	FALTAN 5.45 cm ²	FALTAN 3.74 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 2.33 cm ²
V18	N - M	60	20	FALTAN 4.19 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.45 cm ²	FALTAN 1.23 cm ²	FALTAN 0.06 cm ²	FALTAN 1.26 cm ²
V18	M - L	60	20	FALTAN 4.47 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.25 cm ²	FALTAN 1.28 cm ²	FALTAN 0.06 cm ²	FALTAN 1.29 cm ²
V18	L - K	60	20	FALTAN 4.25 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.47 cm ²	FALTAN 1.29 cm ²	FALTAN 0.06 cm ²	FALTAN 1.28 cm ²
V18	K - J	60	20	FALTAN 4.45 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.19 cm ²	FALTAN 1.26 cm ²	FALTAN 0.06 cm ²	FALTAN 1.24 cm ²
V18	J - H	60	20	FALTAN 5.46 cm ²	FALTAN 0.46 cm ²	FALTAN 6.76 cm ²	FALTAN 2.33 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 3.74 cm ²
V18'	O - N	20	20	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.47 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DE DIRECCIÓN					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V18'	N - M	20	20	FALTAN 0.34 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V18'	M - L	20	20	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.33 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V18'	L - K	20	20	FALTAN 0.3 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V18'	K - J	20	20	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.35 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V18'	J - H	20	20	FALTAN 0.42 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VHa	19 - 18	20	25	FALTAN 6.33 cm ²	FALTAN 0.91 cm ²	O/S	FALTAN 2.56 cm ²	FALTAN 2.17 cm ²	FALTAN 5.41 cm ²
VHa	18 - 17	20	25	O/S	FALTAN 2.03 cm ²	O/S	O/S	FALTAN 2.49 cm ²	O/S
VHa	17 - 16	20	25	O/S	FALTAN 3.32 cm ²	O/S	O/S	FALTAN 3.93 cm ²	O/S

Tabla 81. Verificación de áreas de acero. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DEL HERBARIO					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V1	J - K	40	40	FALTAN 23.85 cm ²	FALTAN 6.76 cm ²	FALTAN 18.99 cm ²	FALTAN 20.08 cm ²	FALTAN 4.72 cm ²	FALTAN 14.47 cm ²
V1	K - L	40	40	FALTAN 13.43 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 17.78 cm ²	FALTAN 15.58 cm ²	FALTAN 4.64 cm ²	FALTAN 14.79 cm ²
V1	L - M	40	40	FALTAN 16.05 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 16.2 cm ²	FALTAN 15.21 cm ²	FALTAN 4.44 cm ²	FALTAN 14.65 cm ²
V1	M - N	40	40	FALTAN 12.44 cm ²	FALTAN 4.08 cm ²	FALTAN 15.49 cm ²	FALTAN 13.71 cm ²	FALTAN 2.81 cm ²	FALTAN 11.69 cm ²
V1	N - O	40	40	FALTAN 10.72 cm ²	FALTAN 2.7 cm ²	FALTAN 5.65 cm ²	FALTAN 8.88 cm ²	FALTAN 1.43 cm ²	FALTAN 6.64 cm ²
V1	O - O'	40	40	FALTAN 2.45 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 1.46 cm ²	FALTAN 4.89 cm ²

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DEL HERBARIO					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V6	J - K	40	40	FALTAN 13.73 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	CUMPLE	FALTAN 10.52 cm ²	FALTAN 0.42 cm ²	FALTAN 8.07 cm ²
V6	K - K'	40	40	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 1.45 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²
V11	J - K	40	40	FALTAN 20.22 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 16.45 cm ²	FALTAN 11.8 cm ²	FALTAN 3.54 cm ²	FALTAN 7.58 cm ²
V11	K - L	40	40	FALTAN 9.12 cm ²	FALTAN 4.38 cm ²	FALTAN 11.77 cm ²	FALTAN 10.38 cm ²	FALTAN 2.51 cm ²	FALTAN 10.27 cm ²
V11	L - M	40	40	FALTAN 11.03 cm ²	FALTAN 4.17 cm ²	FALTAN 10.56 cm ²	FALTAN 10.33 cm ²	FALTAN 2.62 cm ²	FALTAN 9.99 cm ²
V11	M - N	40	40	FALTAN 7.87 cm ²	FALTAN 2.85 cm ²	FALTAN 10.93 cm ²	FALTAN 9.27 cm ²	FALTAN 1.58 cm ²	FALTAN 7.83 cm ²
V11	N - O	40	40	FALTAN 7.51 cm ²	FALTAN 1.79 cm ²	FALTAN 2.68 cm ²	FALTAN 5.73 cm ²	FALTAN 0.52 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²
V11	O - O'	40	40	FALTAN 0.46 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 4.4 cm ²	FALTAN 0.87 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²
V12	J - K	40	40	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 3.28 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.75 cm ²
V13	J - K	40	40	FALTAN 26.34 cm ²	FALTAN 7.64 cm ²	O/S	FALTAN 21.39 cm ²	FALTAN 0.74 cm ²	FALTAN 20.98 cm ²
VJ	13 - 12	40	20	FALTAN 4.08 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.2 cm ²	FALTAN 0.98 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.71 cm ²
VJ	12 - 11	40	20	FALTAN 3.78 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.86 cm ²	FALTAN 0.61 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.47 cm ²
VJ	11 - 10	40	20	FALTAN 3.62 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.68 cm ²	FALTAN 0.42 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.35 cm ²
VJ	10 - 9	40	20	FALTAN 3.55 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.61 cm ²	FALTAN 0.34 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.3 cm ²
VJ	9 - 8	40	20	FALTAN 3.53 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.58 cm ²	FALTAN 0.31 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.28 cm ²
VJ	8 - 6	40	20	FALTAN 3.53 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.57 cm ²	FALTAN 0.3 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.29 cm ²
VJ	6 - 4	40	20	FALTAN 3.59 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.64 cm ²	FALTAN 0.33 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.37 cm ²

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DEL HERBARIO					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
VJ	4 - 2	40	20	FALTAN 3.78 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.81 cm ²	FALTAN 0.47 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.57 cm ²
VJ	2 - 1	40	20	FALTAN 4.12 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.11 cm ²	FALTAN 0.71 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.94 cm ²
VJa	13 - 12	20	50	FALTAN 11.97 cm ²	FALTAN 4.31 cm ²	FALTAN 14.15 cm ²	FALTAN 15.01 cm ²	FALTAN 5.26 cm ²	FALTAN 12.24 cm ²
VJa	12 - 11	20	50	FALTAN 11.74 cm ²	FALTAN 2.7 cm ²	FALTAN 12.86 cm ²	FALTAN 11.2 cm ²	FALTAN 2.87 cm ²	FALTAN 11.29 cm ²
VJa	11 - 10	20	50	FALTAN 12.66 cm ²	FALTAN 2.83 cm ²	FALTAN 13.39 cm ²	FALTAN 12.04 cm ²	FALTAN 3.16 cm ²	FALTAN 11.86 cm ²
VJa	10 - 9	20	50	FALTAN 12.88 cm ²	FALTAN 2.84 cm ²	FALTAN 13.47 cm ²	FALTAN 12.22 cm ²	FALTAN 3.26 cm ²	FALTAN 11.98 cm ²
VJa	9 - 8	20	50	FALTAN 12.26 cm ²	FALTAN 2.7 cm ²	FALTAN 11.88 cm ²	FALTAN 11.51 cm ²	FALTAN 3.21 cm ²	FALTAN 10.53 cm ²
VJa	8 - 6	20	50	FALTAN 15.25 cm ²	FALTAN 10.69 cm ²	FALTAN 15.19 cm ²	FALTAN 14.65 cm ²	FALTAN 10.46 cm ²	FALTAN 14.45 cm ²
VJa	6 - 4	20	50	FALTAN 10.19 cm ²	FALTAN 1.98 cm ²	FALTAN 10.29 cm ²	FALTAN 8.72 cm ²	FALTAN 2.07 cm ²	FALTAN 8.73 cm ²
VJa	4 - 2	20	50	FALTAN 10.31 cm ²	FALTAN 1.98 cm ²	FALTAN 10.36 cm ²	FALTAN 8.81 cm ²	FALTAN 2.1 cm ²	FALTAN 8.83 cm ²
VJa	2 - 1	20	50	FALTAN 11.52 cm ²	FALTAN 2.79 cm ²	FALTAN 12.55 cm ²	FALTAN 9.87 cm ²	FALTAN 3.25 cm ²	FALTAN 11.19 cm ²
VK	11 - 10	60	20	FALTAN 9.72 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 9.65 cm ²	FALTAN 6.32 cm ²	FALTAN 0.96 cm ²	FALTAN 6.18 cm ²
VK	10 - 9	60	20	FALTAN 9.48 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 9.53 cm ²	FALTAN 6.08 cm ²	FALTAN 0.84 cm ²	FALTAN 6.06 cm ²
VK	9 - 8	60	20	FALTAN 9.41 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 9.53 cm ²	FALTAN 6.06 cm ²	FALTAN 0.83 cm ²	FALTAN 5.97 cm ²
VK	8 - 6	60	20	FALTAN 8.69 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 8.16 cm ²	FALTAN 5.41 cm ²	FALTAN 0.77 cm ²	FALTAN 4.77 cm ²
VK	6 - 4	60	20	FALTAN 8.12 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 8.74 cm ²	FALTAN 4.79 cm ²	FALTAN 0.76 cm ²	FALTAN 5.4 cm ²

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DEL HERBARIO					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
VK	4 - 2	60	20	FALTAN 9.48 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 9.41 cm ²	FALTAN 5.97 cm ²	FALTAN 0.81 cm ²	FALTAN 6.02 cm ²
VK	2 - 1	60	20	FALTAN 10.13 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 10.54 cm ²	FALTAN 6.56 cm ²	FALTAN 1.48 cm ²	FALTAN 7.3 cm ²
VK	13 - 12	50	20	FALTAN 8.64 cm ²	CUMPLE	FALTAN 8.5 cm ²	FALTAN 5.68 cm ²	FALTAN 0.74 cm ²	FALTAN 5.09 cm ²
VK	12 - 11	50	20	FALTAN 7.88 cm ²	CUMPLE	FALTAN 7.87 cm ²	FALTAN 4.7 cm ²	FALTAN 0.24 cm ²	FALTAN 4.64 cm ²
VL	4' - 4	60	20	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 3.34 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.56 cm ²
VL	4 - 2	60	20	FALTAN 10.14 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 8.41 cm ²	FALTAN 5.31 cm ²	FALTAN 0.64 cm ²	FALTAN 5.76 cm ²
VL	2 - 1	60	20	FALTAN 10.03 cm ²	FALTAN 0.7 cm ²	FALTAN 11 cm ²	FALTAN 6.43 cm ²	FALTAN 1.8 cm ²	FALTAN 7.76 cm ²
VL	11 - 10	60	20	FALTAN 11.62 cm ²	FALTAN 0.73 cm ²	FALTAN 11.3 cm ²	FALTAN 8.31 cm ²	FALTAN 1.83 cm ²	FALTAN 7.6 cm ²
VL	10 - 9	60	20	FALTAN 10.61 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 10.61 cm ²	FALTAN 7.1 cm ²	FALTAN 1.2 cm ²	FALTAN 7.07 cm ²
VL	9 - 8	60	20	FALTAN 9.7 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 10.73 cm ²	FALTAN 6.9 cm ²	FALTAN 1.19 cm ²	FALTAN 5.9 cm ²
VL	8 - 6'	60	20	FALTAN 3.41 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.56 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.56 cm ²
VM	4 - 2	60	20	FALTAN 7.15 cm ²	FALTAN 0.13 cm ²	FALTAN 7.01 cm ²	FALTAN 2.52 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.55 cm ²
VM	2 - 1	60	20	FALTAN 6.68 cm ²	FALTAN 0.02 cm ²	FALTAN 6.33 cm ²	FALTAN 2.2 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.97 cm ²
VM	8 - 6	60	20	FALTAN 6.56 cm ²	FALTAN 0.05 cm ²	FALTAN 6.07 cm ²	FALTAN 3.37 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 2.88 cm ²
VM	6 - 4	60	20	FALTAN 6.11 cm ²	FALTAN 0.05 cm ²	FALTAN 6.53 cm ²	FALTAN 2.87 cm ²	FALTAN 0.56 cm ²	FALTAN 3.39 cm ²
VM	11 - 10	60	20	FALTAN 6.39 cm ²	FALTAN 0.05 cm ²	FALTAN 6.7 cm ²	FALTAN 1.98 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.27 cm ²
VM	10 - 9	60	20	FALTAN 7.11 cm ²	FALTAN 0.13 cm ²	FALTAN 7.04 cm ²	FALTAN 2.56 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.55 cm ²

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DEL HERBARIO					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
VM	9 - 8	60	20	FALTAN 7.05 cm ²	FALTAN 0.13 cm ²	FALTAN 7.11 cm ²	FALTAN 2.53 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.54 cm ²
VO	11 - 10	60	20	FALTAN 4.24 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4 cm ²	FALTAN 1.24 cm ²	FALTAN 0.16 cm ²	FALTAN 1.03 cm ²
VO	10 - 9	60	20	FALTAN 3.92 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.88 cm ²	FALTAN 0.82 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.86 cm ²
VO	9 - 8	60	20	FALTAN 3.94 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.89 cm ²	FALTAN 0.86 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.87 cm ²
VO	8 - 6	60	20	FALTAN 3.94 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.91 cm ²	FALTAN 0.86 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.89 cm ²
VO	6 - 4	60	20	FALTAN 3.96 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.9 cm ²	FALTAN 0.87 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.88 cm ²
VO	4 - 2	60	20	FALTAN 3.92 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.87 cm ²	FALTAN 0.84 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.84 cm ²
VO	2 - 1	60	20	FALTAN 4.05 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.2 cm ²	FALTAN 1.02 cm ²	FALTAN 0.18 cm ²	FALTAN 1.27 cm ²
VO'	11 - 10	20	20	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.48 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VO'	10 - 9	20	20	FALTAN 0.24 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.14 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VO'	9 - 8	20	20	FALTAN 0.18 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.18 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VO'	8 - 6	20	20	FALTAN 0.19 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.19 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VO'	6 - 4	20	20	FALTAN 0.2 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.17 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VO'	4 - 2	20	20	FALTAN 0.15 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.23 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VO'	2 - 1	20	20	FALTAN 0.5 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P2	O' - O	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 8.53 cm ²	FALTAN 2.06 cm ²	FALTAN 6.79 cm ²
P2	O - M	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P2	M - L	40	40	CUMPLE	FALTAN 6.44 cm ²	CUMPLE	FALTAN 13.63 cm ²	CUMPLE	FALTAN 9.22 cm ²
P2	L - K	40	40	CUMPLE	FALTAN 4.39 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 1.13 cm ²

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DEL HERBARIO					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
P2	K - J	40	40	FALTAN 6.43 cm ²	FALTAN 4.65 cm ²	FALTAN 10.03 cm ²	FALTAN 4.85 cm ²	CUMPLE	FALTAN 10.33 cm ²
P4	O' - O	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 8.51 cm ²	FALTAN 1.96 cm ²	FALTAN 6.58 cm ²
P4	O - M	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P4	M - L	40	40	CUMPLE	FALTAN 4.97 cm ²	CUMPLE	FALTAN 9.6 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.19 cm ²
P4	L - K	40	40	CUMPLE	FALTAN 4.94 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P4	K - J	40	40	FALTAN 1.55 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 5.34 cm ²	FALTAN 1.65 cm ²	CUMPLE	FALTAN 5.94 cm ²
P6	O' - O	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 8.51 cm ²	FALTAN 1.77 cm ²	FALTAN 6.18 cm ²
P6	O - M	40	60	FALTAN 2.6 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P6	M - L'	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 10.74 cm ²	FALTAN 7.8 cm ²	FALTAN 0.8 cm ²
P8	O' - O	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 8.51 cm ²	FALTAN 1.58 cm ²	FALTAN 5.81 cm ²
P8	O - M	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P8	M - L	40	40	CUMPLE	FALTAN 4.97 cm ²	CUMPLE	FALTAN 7.23 cm ²	CUMPLE	CUMPLE
P8	L - K	40	40	CUMPLE	FALTAN 4.49 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P8	K - J	40	40	CUMPLE	FALTAN 4 cm ²	FALTAN 0.89 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 1.81 cm ²
P9	O' - O	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 8.51 cm ²	FALTAN 1.66 cm ²	FALTAN 5.96 cm ²
P9	O - M	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P9	M - L	40	40	CUMPLE	FALTAN 5.32 cm ²	CUMPLE	FALTAN 10.54 cm ²	CUMPLE	FALTAN 7.5 cm ²
P9	L - K	40	40	CUMPLE	FALTAN 3.47 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P9	K - J	40	40	FALTAN 0.21 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 2.68 cm ²	FALTAN 1.1 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.4 cm ²
P10	O' - O	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 8.51 cm ²	FALTAN 1.64 cm ²	FALTAN 5.93 cm ²

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		MÓDULO DEL HERBARIO					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
P10	O - M	40	60	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P10	M - L	40	40	CUMPLE	FALTAN 5.71 cm ²	CUMPLE	FALTAN 11.62 cm ²	CUMPLE	FALTAN 9.1 cm ²
P10	L - K	40	40	CUMPLE	FALTAN 3.87 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
P10	K - J	40	40	FALTAN 1.91 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 4.56 cm ²	FALTAN 1.79 cm ²	CUMPLE	FALTAN 5.03 cm ²

Tabla 82. Verificación de áreas de acero. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		CORREDOR INFERIOR					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
		B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V13	K - L	70	25	FALTAN 9.8 cm ²	FALTAN 1.53 cm ²	CUMPLE	FALTAN 4.49 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.44 cm ²
V13	L - M	70	25	CUMPLE	FALTAN 0.21 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V13	M - N	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V13	N - O	70	25	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 1.95 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.51 cm ²
V15	BORDE - G	25	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V15	G - I	25	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V15	I - J	25	25	CUMPLE	FALTAN 0.16 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V15	J - K	25	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V16	BORDE - G	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V16	G - H	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V17	BORDE - G	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V17	G - H	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V18	BORDE - G	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V18	G - H	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V19	BORDE - G	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
V19	G - H	70	25	FALTAN 1.97 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

VIGA	TRAMO	SECCIÓN		CORREDOR INFERIOR					
				ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
				B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.
VG	15 - 16	70	25	FALTAN 3.88 cm ²	FALTAN 2.97 cm ²	CUMPLE	FALTAN 5.33 cm ²	FALTAN 0.52 cm ²	FALTAN 3.22 cm ²
VG	16 - 17	70	25	CUMPLE	FALTAN 1.45 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.22 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.76 cm ²
VG	17 - 18	70	25	CUMPLE	FALTAN 0.32 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.63 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.02 cm ²
VG	18 - 19	70	25	CUMPLE	FALTAN 0.47 cm ²	FALTAN 4.47 cm ²	FALTAN 3.18 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.88 cm ²
VK	15 - 16	70	25	FALTAN 19.43 cm ²	FALTAN 8.48 cm ²	FALTAN 3.8 cm ²	FALTAN 4.93 cm ²	FALTAN 4.11 cm ²	CUMPLE
VL	BORDE - 13	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VL	13 - 16	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VM	BORDE - 13	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VM	13 - 16	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VN	BORDE - 13	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VN	13 - 16	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VO	BORDE - 13	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VO	13 - 16	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 83. Verificación de áreas de acero. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia

NIVEL	VIGA	TRAMO	SECCIÓN		CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR					
					ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
					B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.
SUP	VA	7 - 8	70	25	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 3.06 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VA	8 - BORDE	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VB	7 - 8	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VB	8 - BORDE	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VC	7 - 8	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

NIVEL	VIGA	TRAMO	SECCIÓN		CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR					
					ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
			B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
SUP	VC	8 - BORDE	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VD	7 - 8	70	25	CUMPLE	FALTAN 2.22 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VD	8 - 9	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VE	7 - 8	70	25	CUMPLE	FALTAN 3.13 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VE	8 - 9	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VF	7 - 8	70	25	CUMPLE	FALTAN 2.85 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VF	8 - 9	70	25	CUMPLE	FALTAN 2.64 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VF	9 - 10	70	25	FALTAN 0.57 cm ²	FALTAN 0.53 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VF	10 - 11	70	25	CUMPLE	FALTAN 1.33 cm ²	FALTAN 3.44 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VF	11 - BORDE	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VG	7 - 8	70	25	CUMPLE	FALTAN 2.89 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VG	8 - 9	70	25	CUMPLE	FALTAN 3.05 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VG	9 - 10	70	25	CUMPLE	FALTAN 2.92 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VG	10 - 11	70	25	CUMPLE	FALTAN 3.13 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VG	11 - 12	70	25	CUMPLE	FALTAN 2.72 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VG	12 - 14	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

NIVEL	VIGA	TRAMO	SECCIÓN		CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR					
					ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
					B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.
SUP	VG	14 - BORDE	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VI	BORDE - 6	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VI	6 - 8	70	25	FALTAN 15.71 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.52 cm ²	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VI	8 - 9	70	25	CUMPLE	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 6.94 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 1.97 cm ²
SUP	VI	BORDE - 10	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	VI	10 - 11	70	25	FALTAN 19.96 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 4.54 cm ²	FALTAN 7.28 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.06 cm ²
SUP	VI	11 - 12	70	25	FALTAN 0.67 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 23.75 cm ²	FALTAN 0.34 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.25 cm ²
SUP	VI	12 - 14	70	25	FALTAN 25.05 cm ²	FALTAN 4.49 cm ²	FALTAN 17.55 cm ²	FALTAN 4.73 cm ²	FALTAN 3.9 cm ²	FALTAN 4.38 cm ²
SUP	Vla	10 - 11	20	30	<i>O/S</i>	FALTAN 2.79 cm ²	<i>O/S</i>	<i>O/S</i>	FALTAN 1.42 cm ²	FALTAN 8.06 cm ²
SUP	Vla	11 - 12	20	30	<i>O/S</i>	FALTAN 2.61 cm ²	<i>O/S</i>	FALTAN 7.96 cm ²	FALTAN 2.25 cm ²	<i>O/S</i>
SUP	V8	A - B	70	25	FALTAN 3.04 cm ²	FALTAN 0.34 cm ²	CUMPLE	FALTAN 1.45 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.15 cm ²
SUP	V8	B - C	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	V8	C - D	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.68 cm ²
SUP	V8	D - E	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 1.33 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.81 cm ²
SUP	V8	E - F	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.15 cm ²

NIVEL	VIGA	TRAMO	SECCIÓN		CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR					
					ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
					B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.
SUP	V8	F - G	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.21 cm ²
SUP	V8	G - I	70	25	CUMPLE	FALTAN 3.49 cm ²	FALTAN 7.16 cm ²	FALTAN 0.62 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.22 cm ²
SUP	V9	E - F	60	25	FALTAN 2.12 cm ²	FALTAN 0.84 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.45 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.56 cm ²
SUP	V9	F - G	60	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	V9	G - I	60	25	CUMPLE	FALTAN 0.22 cm ²	FALTAN 1.86 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 0.66 cm ²
SUP	V10	BORDE - F	60	25	CUMPLE	FALTAN 2.11 cm ²	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 2.21 cm ²	FALTAN 2.96 cm ²
SUP	V10	F - G	60	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	V10	G - I	60	25	CUMPLE	FALTAN 3.64 cm ²	FALTAN 10.67 cm ²	FALTAN 2.22 cm ²	CUMPLE	FALTAN 6.77 cm ²
SUP	V11	BORDE - F	60	25	FALTAN 0.52 cm ²	FALTAN 3.49 cm ²	CUMPLE	FALTAN 0.52 cm ²	FALTAN 3.23 cm ²	FALTAN 4.36 cm ²
SUP	V11	F - G	60	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
SUP	V11	G - I	60	25	CUMPLE	FALTAN 7.62 cm ²	FALTAN 17.98 cm ²	FALTAN 3.09 cm ²	FALTAN 3.26 cm ²	FALTAN 13.37 cm ²
SUP	V12	G - I	60	25	FALTAN 10.61 cm ²	FALTAN 13.22 cm ²	FALTAN 23.03 cm ²	FALTAN 3.38 cm ²	FALTAN 7.57 cm ²	FALTAN 20.34 cm ²
SUP	V14	G - I	60	25	FALTAN 7.78 cm ²	FALTAN 15.95 cm ²	O/S	FALTAN 3.5 cm ²	FALTAN 10.42 cm ²	FALTAN 24.05 cm ²
INF	V6	I - J	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
INF	V8	I - J	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
INF	V9	I - J	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
INF	V10	I - J	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
INF	V11	I - J	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

NIVEL	VIGA	TRAMO	SECCIÓN		CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR					
					ÁREA DE ACERO SUPERIOR			ÁREA DE ACERO INFERIOR		
					B	H	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.
INF	V12	I - J	70	25	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	FALTAN 3.39 cm ²	CUMPLE	CUMPLE
INF	V13	I - J	55	25	O/S	FALTAN 12.05 cm ²	FALTAN 3.55 cm ²	FALTAN 12.21 cm ²	FALTAN 10.96 cm ²	CUMPLE
INF	V1b	6 - 8	50	25	FALTAN 18 cm ²	FALTAN 3.55 cm ²	FALTAN 9.02 cm ²	FALTAN 9.18 cm ²	FALTAN 1.54 cm ²	FALTAN 7.91 cm ²
INF	V1b	8 - 9	50	25	FALTAN 6.15 cm ²	FALTAN 2.48 cm ²	FALTAN 4.26 cm ²	FALTAN 4.05 cm ²	FALTAN 0.05 cm ²	FALTAN 2.08 cm ²
INF	V1b	9 - 10	50	25	FALTAN 3.03 cm ²	FALTAN 1.58 cm ²	FALTAN 4.12 cm ²	FALTAN 1.59 cm ²	CUMPLE	FALTAN 2.27 cm ²
INF	V1b	10 - 11	50	25	FALTAN 5.28 cm ²	FALTAN 1.64 cm ²	FALTAN 4.28 cm ²	FALTAN 2.44 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.01 cm ²
INF	V1b	11 - 12	50	25	FALTAN 5.34 cm ²	FALTAN 1.78 cm ²	FALTAN 4.71 cm ²	FALTAN 2.94 cm ²	CUMPLE	FALTAN 3.19 cm ²
INF	V1b	12 - 13	50	25	FALTAN 7.63 cm ²	FALTAN 2.48 cm ²	FALTAN 13.04 cm ²	FALTAN 4.23 cm ²	FALTAN 1.53 cm ²	FALTAN 7.14 cm ²

En la Tabla 84 y Tabla 85 se presenta un resumen de la verificación de áreas de acero para el módulo de Aulas, desglosado según la dirección de las vigas. El porcentaje de vigas que cumple con el área de acero requerida solo excede el 50% en los tramos centrales. Se puede observar que en la dirección “Y” se presenta un mayor porcentaje de vigas cuya sección es insuficiente (O/S) en los apoyos, indicando una posible debilidad de la estructura en este eje, mientras que en la dirección “X” ninguna viga presenta esta condición. La dirección cuyo mayor porcentaje de vigas cumplen con el área de acero inferior requerido es la dirección “X”, mientras que en la dirección “Y” se presenta un mayor porcentaje de vigas que cumple con el área de acero superior requerida en los apoyos.

Tabla 84. Verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE AULAS	Acero superior			Acero inferior		
	Izquierda	Centro	Derecha	Izquierda	Centro	Derecha
Total de vigas	47	47	47	47	47	47
Vigas con acero suficiente	10	26	12	14	31	14
Vigas con O/S	2	0	2	0	0	2
Vigas con acero faltante	35	21	33	33	16	31
DIRECCIÓN X						
Total de vigas en X	28	28	28	28	28	28
Vigas con acero suficiente en X	3	19	3	12	19	12
Vigas con O/S en X	0	0	0	0	0	0
Vigas con acero faltante en X	25	9	25	16	9	16
DIRECCIÓN Y						
Total de vigas en Y	19	19	19	19	19	19
Vigas con acero suficiente en Y	7	7	9	2	12	2
Vigas con O/S en Y	2	0	2	0	0	2
Vigas con acero faltante en Y	10	12	8	17	7	15

Tabla 85. Resumen de verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE AULAS	DIRECCIÓN	Acero superior			Acero inferior		
		Izquierda	Centro	Derecha	Izquierda	Centro	Derecha
Porcentaje de vigas con acero suficiente	X y Y	21.28%	55.32%	25.53%	29.79%	65.96%	29.79%
	X	10.71%	67.86%	10.71%	42.86%	67.86%	42.86%
	Y	36.84%	36.84%	47.37%	10.53%	63.16%	10.53%
Porcentaje de vigas con O/S	X	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Y	10.53%	0.00%	10.53%	0.00%	0.00%	10.53%
Porcentaje de vigas con acero faltante	X	89.29%	32.14%	89.29%	57.14%	32.14%	57.14%
	Y	52.63%	63.16%	42.11%	89.47%	36.84%	78.95%

En la Tabla 86 y Tabla 87 se presenta un resumen de la verificación de áreas de acero para el módulo de Dirección, desglosado según la dirección de las vigas. El porcentaje de vigas que cumple con el área de acero requerida solo excede el 50% en los tramos centrales. Se puede observar que en la dirección “Y” se presenta un mayor porcentaje de vigas cuya sección es insuficiente (O/S) en los apoyos, indicando una posible debilidad de la estructura en este eje, mientras que en la dirección “X” ninguna viga presenta esta condición. La dirección cuyo mayor porcentaje de vigas cumplen con el área de acero inferior requerido es la dirección “X”, mientras que en la dirección “Y” se

presenta un mayor porcentaje de vigas que cumple con el área de acero superior requerida en los apoyos, comportamiento similar al observado en el módulo de Aulas.

Tabla 86. Verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE DIRECCIÓN	Acero superior			Acero inferior		
	Izquierda	Centro	Derecha	Izquierda	Centro	Derecha
Total de vigas	48	48	48	48	48	48
Vigas con acero suficiente	11	26	12	15	27	15
Vigas con O/S	4	0	5	2	0	4
Vigas con acero faltante	33	22	31	31	21	29
DIRECCIÓN X						
Total de vigas en X	27	27	27	27	27	27
Vigas con acero suficiente en X	3	17	3	12	16	12
Vigas con O/S en X	0	0	0	0	0	0
Vigas con acero faltante en X	24	10	24	15	11	15
DIRECCIÓN Y						
Total de vigas en Y	21	21	21	21	21	21
Vigas con acero suficiente en Y	8	9	9	3	11	3
Vigas con O/S en Y	4	0	5	2	0	4
Vigas con acero faltante en Y	9	12	7	16	10	14

Tabla 87. Resumen de verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo de Dirección. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DE DIRECCIÓN	DIRECCIÓN	Acero superior			Acero inferior		
		Izquierda	Centro	Derecha	Izquierda	Centro	Derecha
Porcentaje de vigas con acero suficiente	X y Y	22.92%	54.17%	25.00%	31.25%	56.25%	31.25%
	X	11.11%	62.96%	11.11%	44.44%	59.26%	44.44%
	Y	38.10%	42.86%	42.86%	14.29%	52.38%	14.29%
Porcentaje de vigas con O/S	X	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Y	19.05%	0.00%	23.81%	9.52%	0.00%	19.05%
Porcentaje de vigas con acero faltante	X	88.89%	37.04%	88.89%	55.56%	40.74%	55.56%
	Y	42.86%	57.14%	33.33%	76.19%	47.62%	66.67%

En la Tabla 88 y Tabla 89 se presenta un resumen de la verificación de áreas de acero para el módulo del Herbario, desglosado según la dirección de las vigas. El porcentaje de vigas que cumple con el área de acero requerida solo alcanza el 50% en el tramo central para el acero inferior. Se puede observar que solo una viga presenta una sección insuficiente (O/S). La dirección cuyo mayor porcentaje de vigas cumplen con el área de acero inferior requerido es la dirección "Y", en esta dirección también se presenta un

mayor porcentaje de vigas que cumple con el área de acero superior requerida en los apoyos. Indicando una posible debilidad en la dirección “X”.

Tabla 88. Verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DEL HERBARIO	Acero superior			Acero inferior		
	Izquierda	Centro	Derecha	Izquierda	Centro	Derecha
Total de vigas	99	99	99	99	99	99
Vigas con acero suficiente	27	44	30	19	50	18
Vigas con O/S	0	0	1	0	0	0
Vigas con acero faltante	72	55	68	80	49	81
DIRECCIÓN X						
Total de vigas en X	55	55	55	55	55	55
Vigas con acero suficiente en X	2	27	2	7	28	7
Vigas con O/S en X	0	0	0	0	0	0
Vigas con acero faltante en X	53	28	53	48	27	48
DIRECCIÓN Y						
Total de vigas en Y	44	44	44	44	44	44
Vigas con acero suficiente en Y	25	17	28	12	22	11
Vigas con O/S en Y	0	0	1	0	0	0
Vigas con acero faltante en Y	19	27	15	32	22	33

Tabla 89. Resumen de verificación de acero longitudinal según dirección. Módulo del Herbario. Fuente: Elaboración propia.

MÓDULO DEL HERBARIO	DIRECCIÓN	Acero superior			Acero inferior		
		Izquierda	Centro	Derecha	Izquierda	Centro	Derecha
Porcentaje de vigas con acero suficiente	X y Y	27.27%	44.44%	30.30%	19.19%	50.51%	18.18%
	X	3.64%	49.09%	3.64%	12.73%	50.91%	12.73%
	Y	56.82%	38.64%	63.64%	27.27%	50.00%	25.00%
Porcentaje de vigas con O/S	X	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Y	0.00%	0.00%	2.27%	0.00%	0.00%	0.00%
Porcentaje de vigas con acero faltante	X	96.36%	50.91%	96.36%	87.27%	49.09%	87.27%
	Y	43.18%	61.36%	34.09%	72.73%	50.00%	75.00%

En la Tabla 90 y Tabla 91 se presenta un resumen de la verificación de áreas de acero para parte del corredor inferior, desglosado según la dirección de las vigas. Como se observa, más del 70% de las vigas cumplen con el área de acero requerido en los diferentes tramos (apoyos y centro). Se puede observar que en ninguna dirección se presentan vigas cuya sección es insuficiente (O/S).

Tabla 90. Verificación de acero longitudinal según dirección. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR	Acero superior			Acero inferior		
	Izquierda	Centro	Derecha	Izquierda	Centro	Derecha
Total de vigas	29	29	29	29	29	29
Vigas con acero suficiente	25	21	26	23	27	23
Vigas con O/S	0	0	0	0	0	0
Vigas con acero faltante	4	8	3	6	2	6
DIRECCIÓN X						
Total de vigas en X	16	16	16	16	16	16
Vigas con acero suficiente en X	14	13	15	15	16	14
Vigas con O/S en X	0	0	0	0	0	0
Vigas con acero faltante en X	2	3	1	1	0	2
DIRECCIÓN Y						
Total de vigas en Y	13	13	13	13	13	13
Vigas con acero suficiente en Y	11	8	11	8	11	9
Vigas con O/S en Y	0	0	0	0	0	0
Vigas con acero faltante en Y	2	5	2	5	2	4

Tabla 91. Resumen de verificación de acero longitudinal según dirección. Corredor inferior. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR	DIRECCIÓN	Acero superior			Acero inferior		
		Izquierda	Centro	Derecha	Izquierda	Centro	Derecha
Porcentaje de vigas con acero suficiente	X y Y	86.21%	72.41%	89.66%	79.31%	93.10%	79.31%
	X	87.50%	81.25%	93.75%	93.75%	100.00%	87.50%
	Y	84.62%	61.54%	84.62%	61.54%	84.62%	69.23%
Porcentaje de vigas con O/S	X	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Y	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Porcentaje de vigas con acero faltante	X	12.50%	18.75%	6.25%	6.25%	0.00%	12.50%
	Y	15.38%	38.46%	15.38%	38.46%	15.38%	30.77%

En la Tabla 92 y Tabla 93 se presenta un resumen de la verificación de áreas de acero para corredor inferior y superior, desglosado según la dirección de las vigas. El porcentaje de vigas que cumple con el área de acero requerida supera el 50% en los apoyos para el acero superior y en todas las secciones evaluadas del acero inferior. Se puede observar que existe un mayor porcentaje de vigas con sección insuficiente (O/S) en la dirección “Y”, sin embargo no es muy elevado. La dirección cuyo mayor porcentaje de vigas que cumplen con el área de acero inferior requerido es la dirección “Y”, mientras

que en la dirección “X” se presenta un mayor porcentaje de vigas que cumple con el área de acero superior requerida.

Tabla 92. Verificación de acero longitudinal según dirección. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR Y SUPERIOR	Acero superior			Acero inferior		
	Izquierda	Centro	Derecha	Izquierda	Centro	Derecha
Total de vigas	62	62	62	62	62	62
Vigas con acero suficiente	43	27	41	39	50	36
Vigas con O/S	3	0	3	1	0	1
Vigas con acero faltante	16	35	18	22	12	25
DIRECCIÓN X						
Total de vigas en X	25	25	25	25	25	25
Vigas con acero suficiente en X	19	14	18	14	19	11
Vigas con O/S en X	1	0	1	0	0	0
Vigas con acero faltante en X	5	11	6	11	6	14
DIRECCIÓN Y						
Total de vigas en Y	37	37	37	37	37	37
Vigas con acero suficiente en Y	24	13	23	25	31	25
Vigas con O/S en Y	2	0	2	1	0	1
Vigas con acero faltante en Y	11	24	12	11	6	11

Tabla 93. Resumen de verificación de acero longitudinal según dirección. Corredor inferior y superior. Fuente: Elaboración propia.

CORREDOR INFERIOR Y	DIRECCIÓN	Acero superior			Acero inferior		
		Izquierda	Centro	Derecha	Izquierda	Centro	Derecha
Porcentaje de vigas con acero suficiente	X y Y	69.35%	43.55%	66.13%	62.90%	80.65%	58.06%
	X	76.00%	56.00%	72.00%	56.00%	76.00%	44.00%
	Y	64.86%	35.14%	62.16%	67.57%	83.78%	67.57%
Porcentaje de vigas con O/S	X	4.00%	0.00%	4.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Y	5.41%	0.00%	5.41%	2.70%	0.00%	2.70%
Porcentaje de vigas con acero faltante	X	20.00%	44.00%	24.00%	44.00%	24.00%	56.00%
	Y	29.73%	64.86%	32.43%	29.73%	16.22%	29.73%

En la Tabla 94 se presenta la validación total de las vigas de la edificación, se puede observar en la misma que en resumen la edificación cuenta con un 4.21% de vigas que presentan una sección insuficiente en al menos una de las zonas evaluadas, y apenas el 17.54% de las vigas cumplen con el área de acero requerida.

Tabla 94. Validación total de las vigas del Instituto Botánico. Fuente: Elaboración propia.

	AULAS	DIRECCIÓN	HERBARIO	CORREDOR INFERIOR	CORREDOR INFERIOR SUPERIOR	Σ
Vigas con sección insuficiente (O/S) en al menos una zona evaluada.	2	5	1	0	4	12 (4.21 %)
Vigas que cumplen con el área de acero requerida en todas las zonas evaluadas.	2	3	5	19	21	50 (17.54 %)
Vigas que no cumplen con el área de acero requerida en al menos una de las zonas evaluadas.	43	40	93	10	37	223 (78.25 %)
Total de vigas evaluadas	47	48	99	29	62	285 (100 %)

CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VIII.1. Conclusiones

El presente Trabajo Especial de Grado se realizó con la finalidad de analizar el comportamiento estructural de los edificios que conforman el Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser”, identificando los elementos estructurales no contemplados en el diseño original, el estado actual de los mismos, y realizando un recálculo de la estructura con el programa de análisis y diseño estructural ETABSv.2015, para finalmente verificar que los resultados cumplan con la normativa nacional. Además de constatar que la estructura sea capaz de resistir las solicitaciones de diseño a las cuales esta sometidas.

Con los resultados obtenidos y luego de su posterior análisis se puede concluir lo siguiente:

En los módulos estudiados no existen elementos estructurales adicionales que no estuvieran concebidos en el diseño original. Sin embargo, en la parte Oeste de la edificación, se observó la existencia de una estructura independiente a los módulos estudiados que cumple la función de comedor para el personal que labora en el Instituto. Esta estructura no tiene ningún tipo de conexión que pueda afectar el comportamiento estructural de los módulos adyacentes.

En las edificaciones se observó la presencia de daños generalizados distribuidos en la mayoría de los elementos estructurales y no estructurales de las mismas. Las mayores afectaciones son por grietas en elementos estructurales y por humedad en las losas del techo. Algunas paredes presentan grietas a 45° indicador de posibles asentamientos diferenciales en la estructura, tal como fueron verificados en estudios anteriores.

Del ensayo no destructivo realizado con el Ferroskan se puede concluir que la mayoría de las columnas ensayadas (aproximadamente el 71%) cumplió con lo establecido en los planos en cuanto al número de barras longitudinales. Sólo el 28% de las columnas cumplen con la separación del acero transversal establecidas originalmente, sin embargo, la mayoría de ellas (57%) presentan separaciones del acero transversal menores a lo establecido en los planos, lo que finalmente mejora el comportamiento

estructural ante un sismo. La columna tipo T1 es la que se encuentra con mayor frecuencia dentro de los módulos estudiados y se pudo verificar que no presentan diferencias significativas con respecto a lo establecido en los planos.

De las tres (3) vigas ensayadas con el Ferroskan, la mayoría (aproximadamente el 67%) cumplió con lo establecido en los planos en cuanto al número de barras longitudinales. Sólo el 33% de las vigas ensayadas cumplen con la separación del acero transversal establecidas originalmente, sin embargo, el 67% restante presentan separaciones del acero transversal menores a lo establecido. Sólo en una viga se observa una diferencia en el armado longitudinal de la misma. En ninguna se observó la presencia de zonas de confinamiento.

Acorde al detallado de la estructura se observó que no se satisfacen los requisitos normativos de incidencia sismorresistente contemplados en la norma FONDONORMA 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” para el nivel de diseño ND1.

Se observó un comportamiento torsional en el primer modo de cada modelo; considerando que la torsión es el efecto más dañino sobre las estructuras y el primer modo el de mayor alcance, esto implica posiblemente un mayor daño inicial a los elementos estructurales.

Las derivas máximas en cada dirección de estudio para los módulos de Aulas, Dirección, Herbario y el corredor inferior cumplen con el valor máximo establecido en la Norma sismorresistente vigente. Para el modelo de corredor inferior y superior se obtuvieron valores superiores a lo establecido en la Norma.

Se verificó que la separación de la junta de construcción a nivel del corredor inferior es insuficiente según lo establecido en la Norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes” por lo que puede existir golpeteo entre las losas de techo si la estructura es sometida a un sismo como el de diseño.

Se verificó con base al factor de resistencia de las columnas que ninguna de las columnas estudiadas son capaces de resistir las solicitaciones a las cuales estarían

sometidas en caso de la ocurrencia de un sismo como el de diseño, en todas ellas se constató que el factor de resistencia (demanda/capacidad) excede a la unidad (1.00).

Se comprobó que en el corredor inferior y superior (modelo con factores de resistencias mayores), para un sismo con un coeficiente de aceleración horizontal igual a 0.10 (valor establecido en la norma para una zona sísmica 1) la totalidad de las columnas presentan un factor de resistencia superior a la unidad (1.00). Bajo la acción de las cargas de servicio se observa que en un 56.67% de las columnas este factor es inferior a la unidad, sin embargo, en las columnas restantes no se observó ningún tipo de daño que den indicio de una falla de las mismas bajo las condiciones actuales.

Se comprobó que a pesar de presentarse concretos de baja resistencia en las columnas del módulo de Dirección y Aulas, las mismas son capaces de resistir las sollicitaciones de servicio, no siendo el caso para las acciones sísmicas.

Se comprobó que para todos los modelos analizados aproximadamente el 4.2% de las vigas verificadas presentan una sección insuficiente en al menos en una de las zonas evaluadas de cada una de ellas, el 17.5% cumplen con el área de acero requerida, mientras que el 78.3% restante presenta una falta de acero en al menos una de las zonas evaluadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que los edificios que conforman el Instituto Botánico “Dr. Tobías Lasser” ubicado en el Jardín Botánico de Caracas y parte fundamental de la declaración como Patrimonio Mundial de la Humanidad de la Ciudad Universitaria de Caracas no cumplen con los requerimientos mínimos exigidos por la normativa nacional. Adicionalmente, se presume que los elementos estructurales no están en condiciones de resistir las sollicitaciones generadas por un sismo como el establecido en la Norma COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”.

VIII.2. Recomendaciones

Con los resultados obtenidos en el presente trabajo, su posterior análisis y con base en las conclusiones establecidas se puede recomendar lo siguiente:

Realizar futuros análisis donde se evalúe el efecto de columna corta que puede generarse en aquellas columnas cuyas paredes adyacentes no alcanzan la altura total del entrepiso, incorporando también la rigidez que puede aportar la mampostería en el comportamiento de la estructura.

Evaluar el efecto de los posibles asentamientos diferenciales que pudo sufrir la estructura en el tiempo, así como llevar un registro periódico para determinar si la estructura continua asentándose.

Evaluar la ejecución de un proyecto de adecuación estructural, tomando en cuenta los lineamientos establecidos por COPRED, ya que el edificio es de carácter patrimonial.

Incorporar factores de reducción de la rigidez de los componentes estructurales a fin de tomar en cuenta el agrietamiento existente y el que sufren durante la respuesta a los sismos especificados en la norma, tal como lo prescriben las normas internacionales y recomiendan investigaciones recientes

Realizar el análisis estructural para el Auditorio del Instituto.

Evaluar el efecto de la torsión adicional en aquellos modelos que así lo requieran por considerarse irregulares en planta y presentar diafragma flexible, a fin de comparar los resultados y comprobar que tan influyente puede ser este aspecto en el diseño y análisis de los modelos.

Debido a la gran cantidad de estantes observados dentro del Herbario Nacional se recomienda asegurar los mismos al suelo y entre ellos mismos, para evitar el colapso en el momento de un sismo, protegiendo la integridad física de las personas que a diario hacen vida en la Institución y permitiendo así que las vías de escape se encuentren libre pudiendo desalojar la edificación de manera rápida y eficaz.

REFERENCIAS

- Acero, M., & Dominguez, J. (2005). Estudio Geológico-Geotécnico y Evaluación de las condiciones del terreno que constituye el Campus de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC). Caracas, Universidad Central de Venezuela, Venezuela.
- Alonso G., J. L. (2012). *Vulnerabilidad Sísmica de edificaciones*. Caracas: Fondo Editorial SIDETUR.
- Arrieche, C. (2014). Evaluación estructural del edificio de pedagogía y administración, actualmente edificio de aulas y Decanato de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Venezuela.
- Asociación Española de Ensayos No Destructivos. (2002). *¿Qué son los END?* Obtenido de <http://www.aend.org/ensayos.php>
- Astorga, A., & Rivero, P. (2009). *Patología en las edificaciones*. Obtenido de http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos
- Bazan, E., & Meli, R. (s/f). *Diseño sísmico de Edificios*. México: Limusa.
- COVENIN 1756:2001 "Edificaciones Sismorresistentes".
- COVENIN 2002:1988 "Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones".
- FAU-UCV. (s/f). *Ciudad Universitaria, su máxima obra*. Obtenido de http://www.centenariovillanueva.web.ve/CUC/Portal_CUC.htm
- FONDONORMA 1753:2006 "Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural".
- Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS. (28 de Octubre de 2005). *Sismología Aplicada*. Recuperado el 2015, de http://www.funvisis.gob.ve/sismologia_aplicada.php
- Hernández, E. (s/f). *Manual de Aplicación del Programa ETABS v9*.

- López, J. (2004). POROSIDAD DEL CONCRETO. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Gobierno de España. (s/f). *UNESCO Patrimonio Mundial*. Obtenido de <http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/areas-cultura/patrimonio/mc/patrimoniomundial/unesco-patrimoniomundial.html>
- National Ready Mixed Concrete Association. (s/f). *CIP 25 - Corrosión del acero en el concreto*. Obtenido de *El Concreto en la Práctica. ¿Qué, Por qué y Cómo?:* <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP25es.pdf>
- Química Suiza Industrial. (s/f). *PS 200 Ferroscan*. Recuperado el 2015, de *Catálogo: Sistemas de medición laser*: <http://www.qsindustrial.biz/>
- Rojas, G., & Tovar, K. (2014). Evaluación estructural del edificio patrimonial Laboratorio de Hidráulica de la Ciudad Universitaria de Caracas. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Terzaghi, K., & Peck, R. (1973). *Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica*. Barcelona, España: «El Ateneo».
- UCV. (1999). *Ciudad Universitaria de Caracas - Patrimonio*.
- UCV. (2009). *Creación del COPRED*. Obtenido de <http://www.ucv.ve/estructura/rectorado/direcciones/consejo-de-preservacion-y-desarrollo-copred/quienes-somos/creacion-del-copred.html>
- UCV. (2009). *La Ciudad Universitaria de Caracas - CUC*. Obtenido de <http://www.ucv.ve/organizacion/rectorado/direcciones/consejo-de-preservacion-y-desarrollo-copred/la-ciudad-universitaria-de-caracas-cuc.html>
- UCV. (2009). *Programas y Proyectos - COPRED*. Obtenido de <http://www.ucv.ve/estructura/rectorado/direcciones/consejo-de-preservacion-y-desarrollo-copred/quienes-somos/programas-y-proyectos.html>

UNESCO. (1972). *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural*. París.

UNESCO. (2001). WORLD HERITAGE COMMITTEE. Twenty-fourth session. *CONVENTION CONCERNING THE PROTECTION OF THE WORLD*, (pág. 155). París.

UNESCO. (2005). *The Criteria for Selection*. Obtenido de <http://whc.unesco.org/en/criteria/>

UNESCO. (2009). *¿Que es la UNESCO?* Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001473/147330s.pdf>

UNESCO. (2009). *¿Quienes somos?* Obtenido de <http://www.unesco.org/new/es/unesco/about-us/>

UNESCO. (2015). *World Heritage List*. Obtenido de <http://whc.unesco.org/en/list/>

ANEXOS

ANEXO A. Evaluación de daños de la edificación



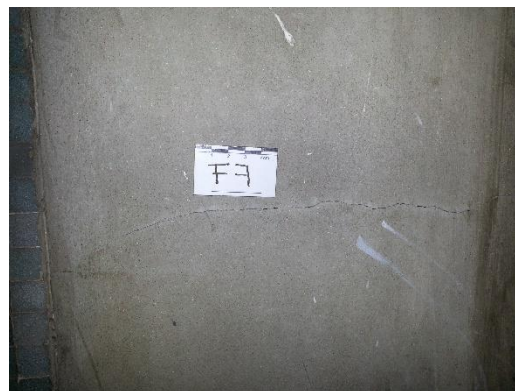
Anexo A. 1. Pérdida de recubrimiento en columna B3. Módulo de Aulas.



Anexo A. 2. Humedad en losa de techo entre ejes B-C y 5-7. Módulo de Aulas.



Anexo A. 3. Grieta a 45° y desprendimiento de mosaicos en pared A (3-5). Módulo de Aulas.



Anexo A. 4. Fisura transversal en columna F7. Módulo de Aulas.



Anexo A. 5. Grieta transversal en columna O18. Módulo de Dirección.



Anexo A. 6. Perdida de recubrimiento en columna K18. Módulo de Dirección.



Anexo A. 7. Fisuras interconectadas en columna L18. Módulo de Dirección.



Anexo A. 8. Grieta a 45° en pared K (17-18). Módulo de Dirección.



Anexo A. 9. Grieta vertical en pared 17 (M-N). Módulo de Dirección.



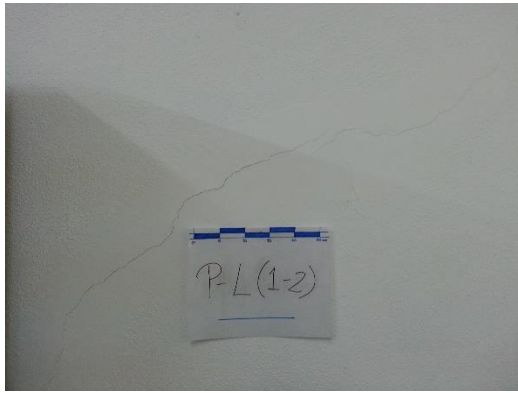
Anexo A. 10. Fisuras interconectadas en columna L1. Módulo del Herbario.



Anexo A. 11. Grieta en mosaicos del parasol O-9. Módulo del Herbario.



Anexo A. 12. Humedad en pared 1 (M-L). Módulo del Herbario.



*Anexo A. 13. Grieta a 45° en pared L (1-2).
Módulo del Herbario.*



*Anexo A. 14. Grieta en nodo de la columna
J4. Módulo del Herbario.*



*Anexo A. 15. Grieta y humedad en nodo de
columna I12. Sistema de corredores.*



*Anexo A. 16. Humedad en losa de techo
entre ejes G-I y 8-9. Sistema de corredores.*

ANEXO B. Tablas de área de acero requerida y colocada.

Anexo B. 1. Área de acero colocado vs. Área de acero requerido. Módulo de Aulas.

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V7a	A - B	5.08	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	17.96	6.97	16.90	17.53	7.61	15.15
V7a	B - C	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	14.34	5.19	15.54	13.99	5.47	13.72
V7a	C - D	2.54	2.54	3.81	2.54	2.54	2.54	14.62	5.16	15.62	14.29	5.67	13.80
V7a	D - E	3.81	2.54	5.08	2.54	3.81	2.54	14.55	5.11	15.51	14.19	5.62	13.71
V7a	E - F	5.08	2.54	9.67	2.54	3.81	2.54	14.49	5.15	15.55	14.14	5.58	13.71
V7a	F - G	9.67	2.54	4.52	3.96	5.94	3.96	16.47	7.62	19.76	16.15	7.67	17.94
VA	3´-3	4.52	4.52	15.92	2.54	2.54	2.54	11.49	5.02	21.05	11.15	5.02	13.98
VA	3 - 5	15.92	2.54	13.07	3.96	5.94	2.54	21.56	5.39	24.77	13.18	5.39	16.22
VA	5 - 7	13.07	2.54	2.54	5.70	8.55	5.70	O/S	7.91	O/S	24.00	7.91	O/S
PB	3´ - 3	30.42	30.42	40.56	2.54	2.54	2.54	5.61	3.89	12.10	11.05	3.89	7.88
PB	3 - 7	40.56	35.49	30.42	35.49	45.63	35.49	17.16	15.22	29.99	11.05	11.26	18.08
VC	3´ - 3	6.50	6.50	19.49	2.54	2.54	2.54	7.03	4.40	14.13	7.03	4.40	7.03
VC	3 - 5	19.49	2.54	17.27	3.96	7.92	3.96	15.73	5.52	18.07	7.46	5.98	8.50
VC	5 - 7	17.27	2.54	2.54	8.55	14.25	11.40	26.56	7.03	26.34	12.92	7.03	19.25
PD	3´ - 3	25.35	25.35	35.49	2.54	2.54	2.54	3.09	3.32	11.05	9.70	3.32	6.70
PD	3 - 7	35.49	30.42	25.35	30.42	40.56	30.42	14.72	11.05	21.08	9.53	9.59	11.05
VE	3´ - 3	6.50	6.50	19.49	2.54	2.54	2.54	7.03	4.14	13.24	7.03	4.14	7.03
VE	3 - 5	19.49	2.54	17.27	3.96	7.92	3.96	15.00	5.30	17.27	7.14	5.99	8.15
VE	5 - 7	17.27	2.54	2.54	8.55	14.25	11.40	25.06	7.03	24.58	11.77	7.03	17.60
VF	3´ - 3	4.52	15.92	15.92	2.54	2.54	2.54	6.73	2.99	11.05	7.57	2.99	6.03
VF	3 - 5	15.92	2.54	15.92	3.96	5.94	3.96	14.93	5.00	15.70	10.66	5.00	11.05
VF	5 - 7	15.92	2.54	5.39	5.70	11.40	8.55	23.79	7.94	25.79	14.90	7.94	22.32
VG	3´-3	4.52	4.52	15.92	2.54	2.54	2.54	10.42	5.02	19.30	10.18	5.02	12.73
VG	3 - 5	15.92	2.54	13.07	3.96	5.94	2.54	20.16	5.05	23.24	11.84	5.05	14.53
VG	5 - 7	13.07	2.54	2.54	5.70	8.55	5.70	O/S	7.33	O/S	21.84	7.33	O/S
V7	A - B	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.66	1.98	5.57	3.67	2.84	3.50
V7	B - C	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.24	1.80	5.21	3.30	2.65	3.10
V7	C - D	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.07	1.68	5.09	3.03	2.50	3.09
V7	D - E	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.09	1.68	5.10	3.11	2.50	3.04
V7	E - F	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.22	1.84	5.34	3.16	2.67	3.34
V7	F - G	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.67	2.01	5.70	3.55	2.88	3.74
V5	A - C	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.75	4.39	7.48	4.52	3.48	4.52
V5	C - E	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.55	3.07	7.02	4.52	2.69	4.52
V5	E - F	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.69	2.50	7.11	4.52	3.48	4.52
V5	F - G	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.13	3.49	8.98	5.03	4.52	6.09
V3	A - B	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	10.19	4.15	8.97	7.20	4.52	5.87
V3	B - C	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.78	2.70	8.05	4.85	3.84	4.87

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V3	C - D	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.06	2.69	7.84	4.89	3.84	4.90
V3	D - E	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.85	2.72	8.11	4.92	3.85	4.91
V3	E - F	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.07	2.71	8.02	5.00	3.91	4.97
V3	F - G	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	9.20	4.17	10.23	5.99	4.52	7.34
V3'	A - B	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.05	0.92	2.95	1.33	1.26	1.51
V3'	B - C	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.82	0.88	2.11	1.51	1.18	1.37
V3'	C - D	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.08	0.87	2.78	1.34	1.18	1.51
V3'	D - E	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.75	0.86	2.12	1.51	1.18	1.37
V3'	E - F	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.28	0.84	2.69	1.47	1.24	1.51
V3'	F - G	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.80	0.88	2.21	1.51	1.24	1.42

Anexo B. 2. Área de acero colocado vs. Área de acero requerido. Módulo de Dirección.

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V16a	O - N	5.08	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	15.11	5.42	13.67	13.73	5.89	12.08
V16a	N - M	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	12.19	4.52	12.41	10.83	4.52	10.77
V16a	M - L	2.54	2.54	3.81	2.54	2.54	2.54	12.31	4.52	12.15	10.75	4.52	10.73
V16a	L - K	3.81	2.54	5.08	2.54	3.81	2.54	12.15	4.52	12.32	10.73	4.52	10.75
V16a	K - J	5.08	2.54	9.67	2.54	3.81	2.54	12.41	4.52	12.2	10.78	4.52	10.84
V16a	J - H	9.67	2.54	4.52	3.96	5.94	3.96	13.69	5.44	15.16	12.11	5.91	13.78
VO	18' - 18	4.52	4.52	15.92	2.54	2.54	2.54	11.57	5.02	21.2	11.24	5.02	14.13
VO	18 - 17	15.92	2.54	13.07	3.96	5.94	2.54	21.68	5.42	24.93	13.32	5.42	16.39
VO	17 - 16	13.07	2.54	2.54	5.7	8.55	5.7	O/S	7.97	O/S	24.21	7.97	O/S
PN	18' - 18	30.42	30.42	40.56	2.54	2.54	2.54	5.69	3.91	12.16	11.05	3.91	7.91
PN	18-16	40.56	35.49	30.42	35.49	45.63	35.49	17.25	15.34	30.27	11.05	11.4	18.33
VM	18' - 18	6.5	6.5	19.49	2.54	2.54	2.54	7.03	4.45	14.29	7.03	4.45	7.03
VM	18 - 17	19.49	2.54	17.27	3.96	7.92	3.96	15.91	5.58	18.29	7.54	5.99	8.6
VM	17 - 16	17.27	2.54	2.54	8.55	14.25	11.4	26.94	7.03	26.8	13.23	7.03	19.66
PL	18' - 18	25.35	25.35	35.49	2.54	2.54	2.54	3.23	3.33	11.05	9.82	3.33	6.73
PL	18 - 16	35.49	30.42	25.35	30.42	40.56	30.42	14.8	11.05	22.17	9.58	9.64	11.07
VK	18' - 18	6.5	6.5	19.49	2.54	2.54	2.54	7.03	4.3	13.75	7.03	4.3	7.03
VK	18 - 17	19.49	2.54	17.27	3.96	7.92	3.96	15.29	5.37	17.52	7.27	5.98	8.26
VK	17 - 16	17.27	2.54	2.54	8.55	14.25	11.4	25.64	7.03	25.17	12.16	7.03	18.22
PJ	18' - 18	30.42	30.42	40.56	2.54	2.54	2.54	5.07	3.71	11.5	11.05	3.71	7.49
PJ	18-16	40.56	35.49	30.42	35.49	45.63	35.49	16.76	14.37	28.43	10.8	11.05	16.68
VH	18' - 18	4.52	4.52	15.92	2.54	2.54	2.54	7.5	4.41	14.62	6.92	4.41	8.5
VH	18 - 17	15.92	2.54	13.07	3.96	5.94	2.54	17.16	5.02	20.75	8.84	5.02	12.35
VH	17 - 16	13.07	2.54	2.54	5.7	8.55	5.7	O/S	8.04	O/S	22.05	8.04	O/S

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V16	O - N	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.76	2.03	5.66	3.76	2.88	3.59
V16	N - M	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.33	1.84	5.29	3.38	2.7	3.18
V16	M - L	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.15	1.72	5.17	3.1	2.54	3.17
V16	L - K	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.17	1.72	5.15	3.17	2.54	3.1
V16	K - J	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.3	1.85	5.34	3.19	2.7	3.39
V16	J - H	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	5.68	2.04	5.78	3.6	2.9	3.78
V17	O - M	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	9.1	4.52	7.71	4.52	3.59	4.52
V17	M - K	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.79	3.17	7.79	4.52	2.78	4.52
V17	K - H	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.71	4.52	9.1	4.52	3.03	4.52
V18	O - N	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	10.72	4.42	9.41	7.7	4.52	6.29
V18	N - M	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.15	2.87	8.41	5.19	4.02	5.22
V18	M - L	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.43	2.87	8.21	5.24	4.02	5.25
V18	L - K	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.21	2.87	8.43	5.25	4.02	5.24
V18	K - J	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.41	2.87	8.15	5.22	4.02	5.2
V18	J - H	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	9.42	4.42	10.72	6.29	4.52	7.7
V18'	O - N	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.11	0.94	3.01	1.36	1.27	1.51
V18'	N - M	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.88	0.9	2.16	1.51	1.2	1.39
V18'	M - L	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.12	0.89	2.874	1.37	1.19	1.51
V18'	L - K	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.84	0.89	2.12	1.51	1.19	1.37
V18'	K - J	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.16	0.9	2.89	1.4	1.2	1.51
V18'	J - H	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.96	0.92	2.05	1.51	1.27	1.33
VHa	19 - 18	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	8.87	3.45	O/S	5.1	4.71	7.95
VHa	18 - 17	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	O/S	4.57	O/S	O/S	5.03	O/S
VHa	17 - 16	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	O/S	5.86	O/S	O/S	6.47	O/S

Anexo B. 3. Área de acero colocado vs. Área de acero requerido. Módulo del Herbario.

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V1	J - K	5.39	2.54	11.33	5.70	8.55	5.70	29.24	9.30	30.32	25.78	13.27	20.17
V1	K - L	11.33	2.54	8.48	2.54	4.52	2.54	24.76	7.03	26.26	18.12	9.16	17.33
V1	L - M	8.48	2.54	9.75	2.54	4.52	2.54	24.53	7.03	25.95	17.75	8.96	17.19
V1	M - N	9.75	2.54	6.35	2.54	3.81	2.54	22.19	6.62	21.84	16.25	6.62	14.23
V1	N - O	6.35	2.54	10.31	2.54	3.81	2.54	17.07	5.24	15.96	11.42	5.24	9.18
V1	O - O'	10.31	10.31	10.31	2.54	2.54	2.54	12.76	4.00	7.60	7.03	4.00	7.43
V6	J - K	7.61	2.54	45.63	5.70	10.77	5.70	21.34	7.03	30.05	16.22	11.19	13.77
V6	K - K'	45.63	35.49	35.49	2.54	2.54	2.54	12.71	7.03	0.00	7.03	3.99	7.03
V11	J - K	5.39	2.54	11.33	5.70	8.55	5.70	25.61	7.03	27.78	17.50	12.09	13.28
V11	K - L	11.33	2.54	8.48	2.54	4.52	2.54	20.45	6.92	20.25	12.92	7.03	12.81

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V11	L - M	8.48	2.54	9.75	2.54	4.52	2.54	19.51	6.71	20.31	12.87	7.14	12.53
V11	M - N	9.75	2.54	6.35	2.54	3.81	2.54	17.62	5.39	17.28	11.81	5.39	10.37
V11	N - O	6.35	2.54	10.31	2.54	3.81	2.54	13.86	4.33	12.99	8.27	4.33	7.03
V11	O - O'	10.31	10.31	10.31	2.54	2.54	2.54	10.77	3.41	7.03	6.94	3.41	7.03
V12	J - K	35.49	25.35	35.49	20.28	30.42	20.28	32.68	8.10	34.06	23.56	13.59	23.03
V13	J - K	7.61	2.54	7.61	7.76	12.83	7.76	33.95	10.18	O/S	29.15	13.57	28.74
VJ	13 - 12	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.04	2.60	8.16	4.94	3.01	4.67
VJ	12 - 11	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.74	2.44	7.82	4.57	3.01	4.43
VJ	11 - 10	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.58	2.34	7.64	4.38	3.01	4.31
VJ	10 - 9	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.51	2.32	7.57	4.30	3.01	4.26
VJ	9 - 8	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.49	2.31	7.54	4.27	3.01	4.24
VJ	8 - 6	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.49	2.31	7.53	4.26	3.01	4.25
VJ	6 - 4	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.55	2.34	7.60	4.29	3.01	4.33
VJ	4 - 2	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.74	2.44	7.77	4.43	3.01	4.53
VJ	2 - 1	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.08	2.60	8.07	4.67	3.01	4.90
VJa	13 - 12	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	14.51	6.85	16.69	17.55	7.80	14.78
VJa	12 - 11	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	14.28	5.24	15.40	13.74	5.41	13.83
VJa	11 - 10	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	15.20	5.37	15.93	14.58	5.70	14.40
VJa	10 - 9	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	15.42	5.38	16.01	14.76	5.80	14.52
VJa	9 - 8	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	14.80	5.24	14.42	14.05	5.75	13.07
VJa	8 - 6	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	17.79	13.23	17.73	17.19	13.00	16.99
VJa	6 - 4	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	12.73	4.52	12.83	11.26	4.61	11.27
VJa	4 - 2	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	12.85	4.52	12.90	11.35	4.64	11.37
VJa	2 - 1	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	14.06	5.33	15.09	12.41	5.79	13.73
VK	11 - 10	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	13.68	4.52	13.61	10.28	4.92	10.14
VK	10 - 9	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	13.44	4.52	13.49	10.04	4.80	10.02
VK	9 - 8	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	13.37	4.52	13.49	10.02	4.79	9.93
VK	8 - 6	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	12.65	4.52	12.12	9.37	4.73	8.73
VK	6 - 4	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	12.08	4.52	12.70	8.75	4.72	9.36
VK	4 - 2	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	13.44	4.52	13.37	9.93	4.77	9.98
VK	2 - 1	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	14.09	4.52	14.50	10.52	5.44	11.26
VK	13 - 12	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	12.60	3.77	12.46	9.64	4.70	9.05
VK	12 - 11	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	11.84	3.77	11.83	8.66	4.20	8.60
VL	4' - 4	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	0.00	2.31	7.30	4.52	2.31	4.52
VL	4 - 2	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	14.10	4.52	12.37	9.27	4.60	9.72
VL	2 - 1	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	13.99	4.66	14.96	10.39	5.76	11.72
VL	11 - 10	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	15.58	4.69	15.26	12.27	5.79	11.56
VL	10 - 9	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	14.57	4.52	14.57	11.06	5.16	11.03
VL	9 - 8	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	13.66	4.52	14.69	10.86	5.15	9.86
VL	8 - 6'	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.37	2.33	0.00	4.52	2.33	4.52

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
VM	4 - 2	3.96	3.96	3.96	5.23	5.23	5.23	11.11	4.09	10.97	7.75	4.52	7.78
VM	2 - 1	3.96	3.96	3.96	5.23	5.23	5.23	10.64	3.98	10.29	7.43	4.52	7.20
VM	8 - 6	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	10.52	4.01	10.03	7.33	4.52	6.84
VM	6 - 4	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	10.07	4.01	10.49	6.83	4.52	7.35
VM	11 - 10	3.96	3.96	3.96	5.23	5.23	5.23	10.35	4.01	10.66	7.21	4.52	7.50
VM	10 - 9	3.96	3.96	3.96	5.23	5.23	5.23	11.07	4.09	11.00	7.79	4.52	7.78
VM	9 - 8	3.96	3.96	3.96	5.23	5.23	5.23	11.01	4.09	11.07	7.76	4.52	7.77
VO	11 - 10	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.20	2.82	7.96	5.20	4.12	4.99
VO	10 - 9	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.88	2.60	7.84	4.78	3.81	4.82
VO	9 - 8	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.90	2.61	7.85	4.82	3.81	4.83
VO	8 - 6	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.90	2.61	7.87	4.82	3.83	4.85
VO	6 - 4	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.92	2.62	7.86	4.83	3.81	4.84
VO	4 - 2	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	7.88	2.61	7.83	4.80	3.79	4.80
VO	2 - 1	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	8.01	2.81	8.16	4.98	4.14	5.23
VO'	11 - 10	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.28	0.94	3.02	1.47	1.33	1.51
VO'	10 - 9	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.78	0.87	2.68	1.51	1.19	1.51
VO'	9 - 8	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.72	0.85	2.72	1.51	1.18	1.51
VO'	8 - 6	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.73	0.86	2.73	1.51	1.19	1.51
VO'	6 - 4	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.74	0.86	2.71	1.51	1.19	1.51
VO'	4 - 2	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.69	0.87	2.77	1.51	1.19	1.51
VO'	2 - 1	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	3.04	0.95	2.28	1.51	1.33	1.47
P2	O' - O	20.28	20.28	35.49	2.54	2.54	2.54	5.73	4.60	14.41	11.07	4.60	9.33
P2	O - M	35.49	20.28	40.56	25.35	40.56	25.35	28.68	9.01	29.63	13.48	14.03	13.89
P2	M - L	40.56	2.54	24.32	10.14	15.21	10.14	11.05	8.98	12.26	23.77	11.60	19.36
P2	L - K	24.32	2.54	24.32	10.14	15.21	10.14	20.08	6.93	23.37	9.37	8.78	11.27
P2	K - J	24.32	2.54	17.75	10.14	15.21	10.14	30.75	7.19	27.78	14.99	13.32	20.47
P4	O' - O	20.28	20.28	35.49	2.54	2.54	2.54	4.63	4.50	14.07	11.05	4.50	9.12
P4	O - M	35.49	20.28	40.56	25.35	40.56	25.35	28.03	8.57	27.98	13.20	14.05	13.18
P4	M - L	40.56	2.54	24.32	10.14	15.21	10.14	8.69	7.51	7.73	19.74	9.32	11.33
P4	L - K	24.32	2.54	24.32	10.14	15.21	10.14	14.49	7.48	17.68	7.45	11.65	8.33
P4	K - J	24.32	2.54	17.75	10.14	15.21	10.14	25.87	7.03	23.09	11.79	11.87	16.08
P6	O' - O	15.21	15.21	25.35	2.54	2.54	2.54	3.86	4.31	13.44	11.05	4.31	8.72
P6	O - M	25.35	15.21	30.42	25.35	35.49	25.35	27.95	8.94	29.36	13.16	13.96	13.78
P6	M - L'	30.42	20.28	20.28	2.54	2.54	2.54	0.00	6.42	2.35	13.28	10.34	3.34
P8	O' - O	20.28	20.28	35.49	2.54	2.54	2.54	3.09	4.12	12.85	11.05	4.12	8.35
P8	O - M	35.49	20.28	40.56	25.35	40.56	25.35	26.18	8.05	25.63	12.38	14.05	12.14
P8	M - L	40.56	2.54	24.32	10.14	15.21	10.14	7.06	7.51	7.03	17.37	7.69	9.38
P8	L - K	24.32	2.54	24.32	10.14	15.21	10.14	12.22	7.03	15.12	7.03	9.64	7.19
P8	K - J	24.32	2.54	17.75	10.14	15.21	10.14	21.86	6.54	18.64	10.13	10.07	11.95
P9	O' - O	20.28	20.28	35.49	2.54	2.54	2.54	3.28	4.20	13.09	11.05	4.20	8.50

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
P9	O - M	35.49	20.28	40.56	25.35	40.56	25.35	25.89	7.97	25.58	12.25	14.00	12.11
P9	M - L	40.56	2.54	24.32	10.14	15.21	10.14	8.15	7.86	10.88	20.68	9.07	17.64
P9	L - K	24.32	2.54	24.32	10.14	15.21	10.14	19.34	6.01	19.89	9.05	7.08	9.29
P9	K - J	24.32	2.54	17.75	10.14	15.21	10.14	24.53	7.03	20.43	11.24	10.48	13.54
P10	O' - O	20.28	20.28	35.49	2.54	2.54	2.54	3.87	4.18	13.04	11.05	4.18	8.47
P10	O - M	35.49	20.28	40.56	25.35	40.56	25.35	26.31	8.16	26.57	12.44	14.02	12.55
P10	M - L	40.56	2.54	24.32	10.14	15.21	10.14	9.20	8.25	12.27	21.76	9.72	19.24
P10	L - K	24.32	2.54	24.32	10.14	15.21	10.14	20.77	6.41	21.37	9.66	7.55	9.92
P10	K - J	24.32	2.54	17.75	10.14	15.21	10.14	26.23	7.03	22.31	11.93	11.14	15.17

Anexo B. 4. Área de acero colocado vs. Área de acero requerido. Corredor inferior.

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V13	K - L	2.54	3.81	17.44	2.54	7.62	5.08	12.34	5.34	7.18	7.03	6.20	5.52
V13	L - M	17.44	1.27	16.17	3.81	6.35	3.81	5.61	1.48	6.07	2.76	2.12	2.98
V13	M - N	16.17	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	6.05	1.47	5.84	2.97	2.10	2.87
V13	N - O	16.17	2.54	5.08	3.81	6.35	3.81	6.42	2.13	7.03	3.15	2.63	4.32
V15	BORDE - G	14.02	14.02	14.02	2.54	2.54	2.54	0.00	0.47	1.76	0.00	0.43	0.87
V15	G - I	14.02	10.14	16.00	7.76	11.64	13.70	6.95	2.51	8.88	3.16	4.39	4.01
V15	I - J	16.00	2.54	16.00	13.70	5.94	15.60	7.96	2.70	8.78	3.60	3.35	3.97
V15	J - K	16.00	10.14	14.02	15.60	11.64	7.76	11.12	2.51	10.89	5.66	3.85	5.33
V16	BORDE - G	19.40	19.40	27.16	7.76	7.76	19.40	0.00	1.01	3.70	0.00	0.91	1.83
V16	G - H	27.16	19.40	27.16	19.40	27.16	19.40	12.01	3.91	3.71	7.03	12.37	6.55
V17	BORDE - G	19.40	19.40	27.16	7.76	7.76	19.40	0.00	1.14	4.19	0.00	1.03	2.07
V17	G - H	27.16	19.40	27.16	19.40	27.16	19.40	10.67	3.32	3.32	7.03	13.76	7.03
V18	BORDE - G	19.40	19.40	27.16	7.76	7.76	19.40	0.00	1.14	4.19	0.00	1.03	2.07
V18	G - H	27.16	19.40	27.16	19.40	27.16	19.40	23.17	9.03	6.67	14.15	19.08	7.03
V19	BORDE - G	7.92	7.92	11.88	3.96	3.96	13.86	0.00	0.77	2.79	0.00	0.69	1.39
V19	G - H	11.88	7.92	11.88	13.86	17.82	13.86	13.85	7.03	4.52	11.05	13.81	6.23
VG	15 - 16	5.08	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	8.96	5.51	11.29	9.14	6.87	7.03
VG	16 - 17	16.17	1.27	16.17	3.81	6.35	3.81	7.29	2.72	8.63	7.03	5.14	5.57
VG	17 - 18	16.17	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	7.88	2.86	9.10	6.44	4.01	5.83
VG	18 - 19	16.17	2.54	5.08	3.81	6.35	3.81	7.58	3.01	9.55	6.99	4.52	6.69
VK	15 - 16	2.54	2.54	2.54	11.88	11.88	11.88	21.97	11.02	6.34	16.81	15.99	6.40

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
VL	BORDE - 13	19.40	19.40	27.16	7.76	7.76	19.40	0.00	1.25	4.42	0.00	1.08	2.18
VL	13 - 16	27.16	19.40	27.16	19.40	27.16	19.40	12.94	4.14	3.97	7.70	14.46	7.03
VM	BORDE - 13	19.40	19.40	27.16	7.76	7.76	19.40	0.00	1.14	4.19	0.00	1.03	2.07
VM	13 - 16	27.16	19.40	27.16	19.40	27.16	19.40	11.22	3.48	3.48	7.77	14.51	7.03
VN	BORDE - 13	19.40	19.40	27.16	7.76	7.76	19.40	0.00	1.14	4.19	0.00	1.03	2.07
VN	13 - 16	27.16	19.40	27.16	19.40	27.16	19.40	12.59	4.16	3.87	8.53	15.00	7.03
VO	BORDE - 13	7.92	7.92	11.88	3.96	3.96	13.86	0.00	0.79	2.87	0.00	0.71	1.42
VO	13 - 16	11.88	7.92	11.88	13.86	17.82	13.86	11.64	6.11	3.60	9.66	12.58	5.87

Anexo B. 5. Área de acero colocado vs. Área de acero requerido. Corredor Inferior y Superior.

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)anexo					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V6	I - J	9.90	9.90	9.90	19.95	19.95	19.95	9.20	2.90	2.90	9.04	14.36	8.69
V8	I - J	38.97	30.42	38.97	23.28	31.83	23.28	13.53	4.13	4.13	11.44	21.17	12.87
V9	I - J	38.97	30.42	38.97	23.28	31.83	23.28	12.75	4.66	3.92	14.96	23.50	13.76
V10	I - J	38.97	30.42	38.97	23.28	31.83	23.28	21.55	8.19	6.23	18.90	25.91	14.69
V11	I - J	38.97	30.42	38.97	23.28	31.83	23.28	27.79	12.40	7.03	23.26	28.79	15.73
V12	I - J	38.97	30.42	38.97	23.28	31.83	23.28	31.88	12.80	7.03	26.67	29.06	14.31
V13	I - J	2.54	2.54	2.54	11.88	11.88	11.88	O/S	14.59	6.09	24.09	22.84	8.73
V1b	6 - 8	2.54	2.54	7.62	5.08	5.08	5.08	20.54	6.09	16.64	14.26	6.62	12.99
V1b	8 - 9	7.62	2.54	7.62	5.08	5.08	5.08	13.77	5.02	11.88	9.13	5.13	7.16
V1b	9 - 10	7.62	2.54	7.62	5.08	5.08	5.08	10.65	4.12	11.74	6.67	5.02	7.35
V1b	10 - 11	7.62	2.54	7.62	5.08	5.08	5.08	12.90	4.18	11.90	7.52	5.02	8.09
V1b	11 - 12	7.62	2.54	7.62	5.08	5.08	5.08	12.96	4.32	12.33	8.02	5.02	8.27
V1b	12 - 13	7.62	2.54	2.54	5.08	5.08	5.08	15.25	5.02	15.58	9.31	6.61	12.22
VA	7 - 8	11.88	7.92	11.88	13.86	17.82	13.86	4.52	7.03	14.94	6.28	14.36	12.04
VA	8 - BORDE	11.88	7.92	7.92	13.86	3.96	3.96	2.22	0.55	0.00	1.10	0.55	0.80
VB	7 - 8	27.16	19.40	27.16	19.40	27.16	19.40	4.80	6.77	16.00	7.03	16.29	10.54
VB	8 - BORDE	27.16	19.40	19.40	19.40	7.76	7.76	3.15	0.78	0.00	1.56	0.78	1.15
VC	7 - 8	27.16	19.40	27.16	19.40	27.16	19.40	4.44	5.22	14.65	7.03	14.62	7.95
VC	8 - BORDE	27.16	19.40	19.40	19.40	7.76	7.76	3.34	0.82	0.00	1.66	0.82	1.46
VD	7 - 8	6.50	2.54	32.00	7.92	11.88	27.32	4.76	4.76	15.85	5.65	8.51	7.37
VD	8 - 9	32.00	20.28	28.04	27.32	27.16	19.40	14.46	7.03	25.98	7.45	12.50	17.83

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)anexo					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
VE	7 - 8	12.84	2.54	50.44	10.30	15.52	42.68	5.67	5.67	19.40	5.67	7.63	8.84
VE	8 - 9	50.44	27.16	34.92	42.68	31.04	23.28	22.69	6.54	11.46	10.25	14.00	11.46
VF	7 - 8	8.24	2.54	33.59	8.55	14.25	18.69	5.39	5.39	18.30	5.55	8.29	8.39
VF	8 - 9	33.59	2.54	20.91	23.13	15.21	20.28	17.44	5.18	16.82	8.03	9.75	7.77
VF	9 - 10	20.91	5.70	43.88	20.28	20.28	34.30	21.48	6.23	21.56	9.72	7.89	9.75
VF	10 - 11	43.88	5.70	13.46	31.92	19.40	11.64	25.12	7.03	16.90	11.35	11.38	10.40
VF	11 - BORDE	13.46	13.46	13.46	7.76	7.76	7.76	3.12	0.83	0.00	1.55	0.77	0.00
VG	7 - 8	12.68	2.54	32.96	10.14	20.28	25.35	5.43	5.43	18.43	5.78	8.71	8.44
VG	8 - 9	32.96	2.54	30.89	25.35	15.21	30.42	19.06	5.59	17.15	8.70	9.62	7.91
VG	9 - 10	30.89	2.54	40.72	28.04	15.52	28.04	18.19	5.46	18.57	8.34	6.53	8.50
VG	10 - 11	40.72	2.54	35.65	30.42	15.21	20.28	19.37	5.67	19.01	8.83	10.04	8.68
VG	11 - 12	35.65	2.54	33.11	17.90	15.52	33.11	17.79	5.26	13.67	8.18	7.03	7.03
VG	12 - 14	33.11	15.21	25.35	35.49	25.35	15.21	14.52	4.40	7.67	7.03	9.68	7.61
VG	14 - BORDE	25.35	25.35	25.35	15.21	10.14	10.14	2.80	0.77	0.00	1.39	0.69	0.00
VI	BORDE - 6	10.30	10.30	10.30	7.76	7.76	11.64	0.57	0.57	2.29	0.57	0.57	1.14
VI	6 - 8	10.30	2.54	35.65	11.64	19.40	26.85	26.01	7.03	28.19	14.16	12.77	5.26
VI	8 - 9	35.65	2.54	12.68	29.23	20.28	10.14	26.11	7.03	19.62	11.81	11.62	12.11
VI	BORDE - 10	10.30	10.30	10.30	7.76	7.76	7.76	0.00	0.76	2.78	0.00	0.69	1.38
VI	10 - 11	10.30	2.54	25.82	11.64	19.40	11.64	30.26	7.03	30.36	18.92	14.14	14.70
VI	11 - 12	25.82	2.54	2.54	11.64	11.64	11.64	26.49	7.03	26.29	11.98	7.53	11.89
VI	12 - 14	2.54	2.54	2.54	7.76	7.76	7.76	27.59	7.03	20.09	12.49	11.66	12.14
Vla	10 - 11	2.54	2.54	4.52	3.81	3.81	3.81	O/S	5.33	O/S	O/S	5.23	11.87
Vla	11 - 12	4.52	2.54	2.54	3.81	3.81	3.81	O/S	5.15	O/S	11.77	6.06	O/S
V8	A - B	5.08	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	8.12	2.88	7.03	5.26	3.80	3.96
V8	B - C	16.17	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	6.37	1.61	6.62	3.13	2.37	3.24
V8	C - D	16.17	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	7.03	2.32	7.03	3.66	3.45	4.49
V8	D - E	16.17	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	7.03	2.28	7.14	5.14	3.76	4.62
V8	E - F	16.17	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	7.03	1.96	7.03	3.73	3.11	3.96
V8	F - G	16.17	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	7.03	1.98	7.03	3.69	2.76	4.02
V8	G - I	16.17	2.54	5.08	3.81	6.35	3.81	7.03	6.03	12.24	4.43	5.97	7.03
V9	E - F	5.08	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	7.20	3.38	6.77	6.26	6.03	4.37
V9	F - G	16.17	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	5.64	1.55	6.03	2.76	2.30	3.14
V9	G - I	16.17	2.54	5.08	3.81	6.35	3.81	6.03	2.76	6.94	3.24	3.54	4.47
V10	BORDE - F	2.54	2.54	13.63	2.54	2.54	2.54	2.15	4.65	6.77	2.15	4.75	5.50
V10	F - G	13.63	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	5.41	1.34	5.51	2.65	2.73	2.70
V10	G - I	16.17	2.54	5.08	3.81	6.35	3.81	8.09	6.18	15.75	6.03	6.29	10.58

VIGA	TRAMO	ÁREA DE ACERO COLOCADO (cm ²)						ÁREA DE ACERO REQUERIDO (cm ²)anexo					
		SUPERIOR			INFERIOR			SUPERIOR			INFERIOR		
		IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.	IZQ.	CENTRO	DCHA.
V11	BORDE - F	2.54	2.54	13.63	2.54	2.54	2.54	3.06	6.03	9.87	3.06	5.77	6.90
V11	F - G	13.63	2.54	16.17	3.81	6.35	3.81	5.16	1.26	3.73	2.53	3.01	2.14
V11	G - I	16.17	2.54	5.08	3.81	6.35	3.81	10.90	10.16	23.06	6.90	9.61	17.18
V12	G - I	5.08	2.54	5.08	3.81	6.35	3.81	15.69	15.76	28.11	7.19	13.92	24.15
V14	G - I	5.08	2.54	5.08	3.81	6.35	3.81	12.86	18.49	O/S	7.31	16.77	27.86

ANEXO C. Comparación de factores de resistencia (f_r) para modelos con f'_{c28} igual a 100 kgf/cm² y con f'_{c28} igual a 200 kgf/cm².

MÓDULO DE DIRECCIÓN			
COLUMNA	TIPO	Fr (D/C) $f'_c=100$	Fr (D/C) $f'_c=200$
H16	T1	7.546	7.413
J16	T10	3.086	2.514
K16	T1	6.81	6.312
L16	T11	3.026	2.398
M16	T1	7.297	6.540
N16	T10	3.208	2.608
O16	T1	10.336	8.434
H17	T1	7.730	7.554
K17	T1	5.309	5.054
M17	T1	5.537	5.320
O17	T1	7.160	7.069
H18	T9	7.031	5.479
J18	T8	3.021	2.393
K18	T9	3.985	3.482
L18	T8	2.654	2.083
M18	T9	4.088	3.581
N18	T8	3.131	2.474
O18	T9	4.900	4.614