

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela

Por los Bachilleres:

Parra García, María del Carmen

Soto Pérez, David Jesús

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, Octubre 2010

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS**

Tutor Académico: Prof. María Eugenia Korody

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por lo Bachilleres:  
Parra García, María del Carmen  
Soto Pérez, David Jesús  
Para optar al Título de  
Ingeniero Civil

Caracas, Octubre 2010

**ACTA**

El día 15/10/10 se reunió el jurado formado por los profesores:

MARIA E. KORODY  
ELIOD HERNANDEZ  
GUSTAVO CORONEI

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS"

Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar por el Título de INGENIERO CIVIL.

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

NOMBRE	CALIFICACION	
	Números	Letras
Br. María del Carmen Parra García	20	VEINTE
Br. David Jesús Soto Pérez	20	VEINTE

Recomendaciones:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FIRMAS DEL JURADO

Maria E. Korody  
Eliod Hernandez  
Gustavo C.D.

Caracas, 15 de Octubre de 2010

## **DEDICATORIA**

*A Dios, a la Virgen del Valle y a la Virgen del Carmen, les dedico este logro, por iluminarme a lo largo de toda la carrera, por enseñarme el camino y por no desampararme nunca.*

*A las personas que me dieron la vida, mis padres porque sencillamente sin ellos no hubiese logrado llegar tan lejos, por estar, por apoyarme y por creer en mí en todo momento, por cada uno de los esfuerzos que han hecho posible que hoy este aquí, por acompañarme en la realización de mis sueños y llenar mi vida de alegrías. A mi Mamá por enseñarme lo bello que puede ser la vida si se ve desde el corazón, a soñar y a luchar por los sueños, a levantarme después de cada tropiezo, que aun cuando la vida te pone momentos difíciles, se vuelven sencillos cuando se cuenta con personas como ella, por escucharme, por ser mi guía, por ser más que mi amiga, ser mi Madre, por ser las fundaciones que sostienen mi vida. A mi Papá, por ser los pilares fundamentales de la familia, por enseñarme a ser paciente, a creer en mí, a lograr todo lo que me proponía y más, por ser ese motivo de seguir adelante, por hacerme sonreír, por ser mi corazón y mi fuerza, siempre serás el hombre que mas ame en mi vida, por ser mi corazón. Los Amo*

*A mis Abuelos por estar en todo momento a mi lado. A mi Abuelo Julio García, por ser un gran ejemplo de constancia, dedicación y sabiduría. A mi Abuela Grindelia, por ser una compañera más a lo largo de mi vida, por confiar en mí y por mostrarme que no hay nada que no pueda lograr si de verdad lo quiero, y mi Abuela María porque a pesar de la distancia me ha brindado todo su amor y apoyo para seguir adelante aun cuando el camino se ponía difícil.*

*A mis hermanos que han sido mi fuerza y mi motivación para lograr todas mis metas. A Julio por enseñarme que con empeño y dedicación todo es posible, por ser mi ejemplo a seguir y por siempre brindarme su apoyo. A Irene porque a pesar de la distancia siempre confió en mí y me brindo su apoyo. A ti Daniela porque más que mi hermana eres mi mejor amiga, mi compañera de travesuras, gracias por estar, por enseñarme que no hay obstáculo que no pueda vencer, gracias por confiar en mí, eres mi orgullo y ejemplo a seguir. Y a Javier porque eres mi motivo de seguir adelante, de no fallar y demostrar que cuando se quiere, no hay sueño que no se pueda hacer realidad. Gracias por ser como son y por simplemente hacer de mi vida mucho más divertida. Los amo*

*A mis sobrinos Jesús Javier, y Julio Alejandro porque desde que llegaron a mi vida me robaron el corazón, y la llenaron de felicidad y de sentimientos indescriptibles.*

*A mi Tía Socorro Peraza, por haber sido un ejemplo digno de fuerza, por enseñarme que no hay obstáculo que no se pueda vencer y a ver el lado positivo de las cosas, que a pesar de que la vida se ponga difícil, todo pasa por algo, y mientras más duro era el golpe, mas fácil la recuperación. Siempre te recordare gracias por los momentos compartidos.*

*A Gustavo y Walewska, por brindarme su apoyo, por hacerme sentir parte de su familia y por siempre estar ahí cada vez que lo necesitaba o me sentía sola, siempre me hicieron sentir como en casa a pesar de lo lejos que estaba de ella, por hacer de su casa una segunda casa para mí.*

*A Carlos Eduardo, por ser mi apoyo incondicional, mi desahogo, por estar a mi lado en las buenas y en las malas, por no dejarme caer en los momentos difíciles, este tiempo a tu lado hizo de éste recorrido más especial de lo que ya era. Gracias por darle ese color tan particular a mi vida.*

*A mi mejor amigo, mi compañero de carrera, mi compañero de tesis, mi casi hermano, David, por brindarme todo su apoyo, por creer en mí, porque sin el todo hubiese sido diferente y menos divertido, por todos los momentos compartidos, por cuidarme, por calarte todas mis locuras, por los consejos, por ser el mejor de los amigos, gracias por enseñarme el lado bonito de la amistad, y por simplemente hacer de este sueño y este Trabajo inolvidable*

*A mis amigas, Dubrazkha, Adriana y Martha, porque desde que las conocí siempre estuvieron ahí, por confiar en mí, por estar en cada uno de los momentos que he vivido estos años, por aguantar mis locuras y por ser mi escape, porque con su cariño hicieron de esta meta mucho más fácil*

*A mi Amigo Luis, porque siempre tuvo esa confianza tan particular en mí y me demostró el verdadero significado de la amistad, porque estuvo ahí en las buenas y en las malas, porque siempre logro sacarme una sonrisa, y cada vez que lo necesite nunca me dejo sola. Gracias por ser el gran amigo que eres.*

*A mis compañeros de la universidad, mis grandes amigos, Romme, Florian, Adriana, Valentina, Karol, Gabriel (El Negro), Domingo, Mariana, Ingrid, José Gregorio,*

*Rossa, Kely, porque hicieron de este recorrido mucho más entretenido, la verdad es que fue un privilegio contar con ustedes y formar parte de sus vidas, por los viajes, los proyectos, la verdad que todos los momentos fueron inolvidables y siempre serán parte de mi vida.*

*María del Carmen Parra García*

## **DEDICATORIA**

*A mi virgencita de Betania y a Dios por siempre enseñarme el camino y darme la fortaleza para seguir adelante, siempre estuvieron conmigo y les debo mucho en esta carrera que si bien uno mismo la forja siempre necesita de esa ayudita. GRACIAS.*

*Primero dedicarlo a las personas que me enseñaron tantos principios valiosos, tantos motivos para crecer como persona, que me enseñaron lo feliz que puede ser una infancia llena de momentos inolvidables a su lado, que por sobre todo hicieron de mi esa persona que soy hoy dándome la mejor educación que pudieron, por eso agradezco a mis padres en primer lugar que estoy seguro que donde estén siempre me cuidan e iluminan mi camino para siempre lograr mis metas.*

*A mis abuelos que completaron el trabajo hecho por mis padres, por convertirse en mi apoyo y en mis ojos, que les tocó cuidarme en la etapa más difícil que una persona puede pasar, que me aconsejaron e hicieron todo lo que estaba en sus manos para mi bienestar, de verdad muchas gracias porque sé que sin ustedes las cosas serian mucho más complicadas. A ti abuela por siempre consentirme y alcahuetearme muchas cosas, por ser ese pilar en la familia y por todos los sacrificios que hiciste para que mi hermana y yo pudiéramos vivir nuestra adolescencia de la forma que lo hicimos. A ti abuelo por siempre ser quien eres, por mostrarme cuando algo estaba mal y cuando estaba bien, por siempre hacerme reír y disfrutar cuando te pones terco jejeje, pero sobre todo por enseñarme lo que es ser un hombre, porque todo lo que hiciste por la familia durante tu vida no lo hace cualquiera.*

*A mi tío por todos los sacrificios, por todas las mañanas que te paraste mucho más temprano para llevarnos al colegio a dani y a mí, por la entrega que tuviste con la familia luego de todas las cosas malas, por convertirte más que en un tío en un padre que me aconsejó y me aconseja cada vez que tomo una decisión, gracias en serio por tu dedicación y por siempre tenernos en cuenta en cualquier cosa y hoy disfrutas el premio de toda esa entrega porque eres feliz.*

*A mi hermanita y la gorda que sin saberlo son mi principal motivación para lograr mis metas, ser alguien en la vida y así poder estar a su lado siempre que ella lo necesite, siempre serás mi hermanita, sigue como vas que estoy orgulloso de ti y de las cosas que has logrado. Tú sabes que siempre te regañaré y que cada vez que pueda me meteré contigo pero también siempre ten presente que cada vez que me necesites voy a estar.*

*A mi tío Oscar y mi primo Luis que siempre han estado pendientes tanto de mi como de la familia, que me tendieron la mano muchas veces sin pensarlo y que siempre están para cualquier cosa, gracias a ustedes porque muchas cosas incluyendo este trabajo hubiera sido mucho más complicado de lo que fueron.*

*A mi compañera de tesis que está conmigo desde el principio de la universidad, que muchas veces me regañó, me aconsejó, me ayudó, no me dejó a ir a uno que otro juego de beisbol, pero que por sobre todo me enseñó lo bonito que puede ser una amistad, que no importa si a veces uno se equivocó o perdió su norte por cualquier razón siempre estuvo para dar ese consejo y aquí la prueba, me aguantó hasta el final del camino que sin pensarlo llego rapidísimo, de verdad María gracias por ser tu siempre y por estar a mi lado por estos cinco años. Y me alegro que por fin en el último semestre me pudieras ganar en promedio jejejeje, no podía dejar de meterme contigo.*

*A la persona con quien comparto mi vida Rossa que me acompañó en los últimos semestres de la universidad y siempre me apoyó e hizo todo lo que estuvo en sus manos para ayudarme, por todas esas veces que nos diste asilo en tu casa para hacer la tesis y por todas las veces que me ayudaste con los trabajos y cosas de la universidad. Gracias por tener siempre esas palabras para motivarme y hacerme ver que las cosas muchas veces no son fáciles pero valen la pena, que bueno que llegaste a mi vida porque llegaste en el momento exacto y formas parte de muchas cosas buenas que cada día llegan. Te Amo!!*

*A mis panas Luis, Florian, Romme, José Gregorio, Adriana, Mariana, Domingo y Gabo que en diferentes etapas de la universidad compartieron conmigo e hicieron las cosas muy placenteras de verdad que fue un placer estudiar con ustedes, siempre los recordaré por esas noches de desvelo y las corridas para plotear, de verdad que muy buenos recuerdos juntos.*

*A mis hermanos de la Guaira por siempre estar presentes y estar conmigo desde muy pequeños, de verdad que esas noches en la terraza y cada viernes que pasamos juntos me devuelve la fuerza para seguir adelante y a ti mamá Gallina por siempre escucharnos y aguantarnos.*

*David Jesús Soto Pérez*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la profesora María Eugenia Korody, por confiar en nosotros, por brindarnos su apoyo y por enseñarnos un poco de lo que sabe, la verdad es que ha sido tremenda profesora y tutora. Gracias por toda la ayuda brindada.

A la Universidad Central de Venezuela, por ser simplemente maravillosa y por regalarnos el privilegio de estudiar estos cinco años en ésta nuestra segunda casa.

Al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), en especial a todo el personal Técnico y al Profesor Cesar Peñuela, por brindarnos toda su ayuda en este Trabajo Especial de Grado y a lo largo de toda la carrera

Al Profesor Eliud Hernández, por compartir con nosotros una muestra de su conocimiento, por brindarnos su ayuda y por siempre estar dispuesto a aclararnos cualquier duda, a lo largo de la carrera y de la realización de esta tesis. Profesores como usted poco. Gracias

Al Profesor Pedro Pinto, Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, por brindarnos toda su ayuda, y disponibilidad para obtener los datos para la realización de este Trabajo Especial de Grado.

A la Sra. Pia y al Sr Jorge, por toda su colaboración y disponibilidad, a la hora de buscar la información planimétrica del edificio, como lo fueron las memorias de calculo y planos originales de la edificación en estudio.

A todos, Gracias por su apoyo y ayuda, sin ustedes este Trabajo Especial de Grado no sería posible.

Parra G., María del C.  
Soto P., David J.

## **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS**

**Tutor: Prof. María E. Korody**

**Trabajo Especial de Grado. Ciudad Universitaria de Caracas, Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 2010. 132 págs.**

Palabras claves: Evaluación estructural, Estructura de concreto, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad Central de Caracas.

La Evaluación Estructural del edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, se realizó como continuación de un proceso sistemático de registro y evaluación de las edificaciones de concreto armado, de la Ciudad Universitaria de Caracas, dirigido por el Departamento de Ingeniería Estructural, en apoyo al cumplimiento de las funciones del COPRED.

Para el logro de nuestro objetivo se trabajó con una metodología que se divide en 4 fases. La primera corresponde a la recolección de toda la información teórica y planimétrica de los datos de la edificación, la segunda fase consiste en la identificación de la estructura a analizar, donde se realiza la descripción del deterioro actual del edificio, la tercera fase es el modelo y recálculo de la estructura, basado en las normas Norma Venezolana 1753-2006 COVENIN 1756-2001, siguiendo un protocolo establecido por el Departamento de Ingeniería Estructural, en el cual se utiliza el programa Etabs V9 para modelar la estructura y someterla a las solicitaciones que establecen las normas mencionadas anteriormente y por último la fase cuatro que es el análisis y la comparación de la Estructura Recalculada con los datos obtenidos de la información planimétrica y las memorias de cálculo, en esta fase se verificó el cumplimiento de los parámetros establecidos por las normas vigentes para el acero mínimo, cambio de rigidez viga-columna, desplazamientos máximos. Respecto a los modos de vibración analizados, para el Modelo estudiado, se obtuvo una mayor participación de los modos traslacionales, alcanzando el 90% de la masa participativa en los primeros cinco modos. Se observa también que el 50% de las derivas máximas, se encuentra fuera del valor permitido por la norma vigente. De acuerdo al Factor de Resistencia ( $F_R$ ) de las columnas, se determinó que el 100% de estas no cumplen, es decir que su valor está por encima de la unidad. Al chequear el acero longitudinal de las vigas se observó que para el modelo estudiado, ninguna de las vigas cumplen con el acero por norma, el 29,6% de las vigas no posee el acero suficiente y el 70,40 % falla ya sea por torsión, corte o porque la sección requiere más acero del existido, lo cual se traduce en que la viga necesita ser diseñada y dimensionada nuevamente. Por lo antes expuesto se concluye que la estructura es deficiente, ya que no cumple con los requerimientos mínimos exigidos por la normativa vigente y requiere de una adecuación estructural.

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
CAPÍTULO I .....	4
Problema.....	4
I.1. Planteamiento del Problema.....	4
I.2. Objetivos.....	6
I.3 Aportes .....	7
CAPÍTULO II .....	9
Marco Teórico .....	9
II.1 Historia de la Ciudad Universitaria de Caracas .....	9
II.2. La Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) como Patrimonio Cultural de la Humanidad.....	11
II.3. Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica “Melchor Centeno Vallenilla” .....	17
II.4. Normas MOP 1947 y COVENIN 1753-2006 .....	20
II.5. Ensayos No destructivos .....	21
II.6. Modelaje y Recálculo de la estructura del Edificio con el programa Etabs V9. ....	22
II.7. Daños estructurales .....	23
CAPÍTULO III .....	28
Método .....	28
III.1 Etapas de la investigación .....	28
CAPÍTULO IV .....	33

Información Planimétrica.....	33
IV.1 Características de los elementos estructurales del edificio .....	34
IV.2 Ensayos no destructivos a las columnas y vigas de la estructura .....	45
IV.3 Estado Actual de la Edificación .....	50
IV.4 Inspección del uso actual de cada una de las áreas del edificio conforme al cual fue diseñado.....	58
CAPÍTULO V .....	63
Recálculo de la Estructura .....	63
V.1 Protocolo de Recálculo.....	63
V.2 Resultados y Análisis. ....	73
Conclusiones.....	104
Recomendaciones.....	106
Referencias Bibliográficas .....	107
Anexos.....	109

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Comparación de las características importantes de la Norma MOP 1947 y la COVENIN 1753-2006.....	20
Tabla 4. 1 Armado de las Columnas.....	37
Tabla 4.2 Verificación de la cantidad de Acero en las Columnas.....	39
Tabla 4.3 Distribución de Columnas por piso.....	42
Tabla 4.4 Sección, dimensión y armado de cada tipo de viga presente en la estructura.....	44
Tabla 4.5. Tabla Comparativa entre números de barra en las Columnas según la información de los planos originales y los obtenidos en el ensayo.....	48
Tabla 4.6 Escala de Daños Utilizada.....	50
Tabla 4.7 Leyenda de los Planos (Significado de cada uno de los colores según el uso).....	59
Tabla 5.1 Cargas distribuidas Permanentemente.....	66
Tabla 5.2 Cargas distribuidas Permanentemente.....	67
Tabla 5.3 Datos utilizados para el Cálculo del Espectro de Diseño.....	70
Tabla 5.4 Peso de la Estructura.....	74
Tabla 5.5 Datos de la Estructura.....	75
Tabla 5.6 Cálculos de los Factores de Reducción para el Modelo.....	76
Tabla 5.7 Centros de Masa y de Rigidez.....	78

Tabla 5.8 Análisis Modal.....	78
Tabla 5.9 Verificación de las Derivas .....	80
Tabla 5.10 Escala de Colores para los Diferentes valores de $F_R$ .....	81
Tabla 5.11 Tabla de Factores de Resistencia ( $F_R$ ). Modelo.....	82
Tabla 5.12 Resumen de Cantidad de Columnas por Rango de $F_R$ .....	83
Tabla 5. 13 Rango de Cumplimiento de la Cantidad de Acero.....	86
Tabla 5.14. Revisión de Acero Longitudinal en Vigas del 1er Piso.....	87
Tabla 5.15. Porcentaje de Vigas del 1er. Piso en Cada Rango.....	91
Tabla 5. 16. Rango de Cumplimiento de la Cantidad de Acero.....	92
Tabla 5.17. Revisión de Acero Longitudinal en Vigas del 2do Piso.....	92
Tabla 5.18. Porcentaje de las Vigas del 2do Piso de Cada Rango.....	96
Tabla 5. 19. Rango de Cumplimiento de la Cantidad de Acero.....	97
Tabla 5.20. Revisión de Acero Longitudinal en Vigas de Azotea.....	97
Tabla 5.21. Porcentaje de las Vigas de Techo en Cada Rango.....	101
Tabla 5.22. Porcentaje de Vigas en Cada Rango.....	101
Tabla 5.23. Porcentaje según tipo de falla en vigas.....	103

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen. 2.1 Foto aérea de la CUC.....	17
Imagen 2.2. Ubicación de las Perforaciones.....	19
Imagen 2.3. Corrosión del acero de Refuerzo.....	24
Imagen 2.4. Falta de Recubrimiento.....	24
Imagen 2.5. Grietas.....	25
Imagen 2.6. Desprendimiento y/o fisura de mosaicos de cerámica vitrificada.....	26
Imagen 2.7. Humedad.....	26
Imagen 2.8. Capa Vegetal.....	27
Imagen 4.1. Planta tipo del edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica...	34
Imagen 4.2. Corte Losas de Entrepisos.....	35
Imagen 4.3. Corte Losas de Entrepisos.....	35
Imagen 4.4. Obtención de Radiografías de la Columna C13.....	46
Imagen 4.5. Radiografías de la Columna C13.....	47
Imagen 4.6 Obtención de Radiografías de la Viga del 3er Tramo de la Viga 1V4.....	47
Imagen 4.7. Radiografías del 3er Tramo de la Viga 1V4 Imagen 4.11. Plano de Usos Planta Baja .....	48
Imagen 4.8 Plano de Daños Planta Baja.....	55
Imagen 4.9 Plano de Daños Piso 1.....	56

Imagen 4.10 Plano de Daños Piso 2.....	57
Imagen 4.11. Plano de Usos Planta Baja .....	60
Imagen 4.12. Plano de Usos Piso 1 .....	60
Imagen 4.13. Plano de Usos Piso 2 .....	61
Imagen 5.1. Tabla C.12.1 para la selección de los niveles de diseño.....	69
Imagen 5.2. Tabla 6.4 Factores de Reducción. Norma COVENIN 1756-2001.....	69
Imagen5.3. Espectro de Diseño y de Respuesta.....	71
Imagen 5.4 Modelo 1.....	73
Imagen 5.5. Gráfico del Cortante Basal por piso en la Dirección “X” .....	77
Imagen 5.6. Gráfico del Cortante Basal por piso en la Dirección “Y” .....	77
Imagen 5.7. Grafica de Porcentajes de columnas de Planta Baja por cada Rango de $F_R$ .....	84
Imagen 5.8. Grafica de Porcentajes de columnas del Primer Piso por cada Rango de $F_R$ .....	84
Imagen 5.9. Grafica de Porcentajes de columnas del Segundo Piso por cada Rango de $F_R$ .....	85
Imagen 5.10. Grafica de Porcentajes de columnas por cada Rango de $F_R$ .....	85
Imagen 5.11. Porcentaje de Vigas del Primer piso según Rango de cumplimiento.....	91
Imagen 5.12. Porcentaje de Vigas del Segundo piso según Rango de cumplimiento.....	96

Imagen 5.13. Porcentaje de Vigas del Techo según Rango de cumplimiento...101

Imagen 5.14. Porcentaje de Vigas según Rango de cumplimiento.....102

## INTRODUCCION

La Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) inaugurada durante el gobierno del presidente Isaías Medina Angarita fue un proyecto que se llevó a cabo debido a los problemas de espacio físico que presentaba la Universidad Central de Venezuela (UCV) la cual tenía como sede el convento de San Francisco. El arquitecto Carlos Raúl Villanueva fue el encargado de diseñar los espacios logrando integrar todas las necesidades académicas, culturales y deportivas requeridas por una comunidad universitaria sin dejar a un lado los detalles arquitectónicos, paisajísticos o artísticos, lo que hizo de la CUC la representación de las vanguardias modernas del siglo XX.

Motivado a estos detalles y a la majestuosidad que alcanzó el proyecto de Villanueva entre los meses de Noviembre y Diciembre del año 2000, la Ciudad Universitaria de Caracas fue inscrita y declarada como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), así la CUC adquiere un compromiso ante la organización de las Naciones Unidas de preservar todos los bienes que se encuentran en la misma.

Como consecuencia de la declaratoria, se crea el Consejo de Preservación y Desarrollo (COPRED), organismo que debe velar por la protección del patrimonio, COPRED junto con el Departamento de Ingeniería Estructural de la Facultad de Ingeniería de la UCV crearon una línea de investigación que se encargaría de realizar un proceso sistemático de registro y evaluación del comportamiento estructural de cada una de las edificaciones de concreto armado pertenecientes a la CUC.

El edificio del laboratorio de Electricidad y Mecánica hoy conocido como la Escuela de Ingeniería Eléctrica “Melchor Centeno Vallenilla” se encuentra entre las estructuras a ser preservadas en la CUC. El proyecto y construcción de la edificación data de los años 50 lo cual da una vida aproximada de 50 años de la estructura y es importante mencionar que su construcción culminó antes del terremoto que afectó la ciudad de Caracas en 1967, luego del cual algunas normas fueron modificadas. El edificio está conformado por 3 niveles con vigas en ambas direcciones, las cuales en algunos casos son vigas planas, sin embargo a excepción de otras edificaciones esta disposición de vigas le da cierto carácter sismorresistente a la edificación. El edificio tiene una altura aproximada de 12 metros y presenta en su fachada sur unas vigas intermedias en los tres pisos los cuales sirven como apoyo para unos ventanales y aportan una rigidez distinta a la mostrada en la fachada norte del edificio donde estas vigas no existen.

En esta investigación se realiza un análisis estructural del edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica como parte del cumplimiento de los estudios patológicos a realizar en las edificaciones de la CUC. Para este análisis la investigación se estructuró en cinco capítulos que se describen a continuación:

En el Capítulo I, Problema, se especifican las razones por las cuales se realiza esta investigación al mismo tiempo que se mencionan cada uno de los objetivos, aportes y limitaciones entre los cuales se desarrollara la investigación.

En el Capítulo II, Marco teórico, se presentaran las definiciones necesarias para la comprensión del Trabajo, como lo son una reseña histórica de la ciudad universitaria, conceptos relacionados con la declaración de la CUC como Patrimonio Cultural de la Humanidad, conceptos relacionados con el aspecto estructural y del deterioro de las edificaciones.

En el Capítulo III, Metodología, en este capítulo se mencionan todas las actividades realizadas para alcanzar los objetivos planteados en la investigación, estas actividades fueron agrupadas en cuatro fases las cuales son: recopilación de información teórica y planimétrica, identificación de la estructura a analizar, modelo y recálculo de la estructura respecto a las normas COVENIN vigentes y por último análisis de la estructura recalculada.

En el Capítulo IV, Información Planimétrica, se presenta la información recopilada correspondiente al cálculo de la edificación a través de planos y memorias encontradas, además de mediciones en sitio y datos obtenidos a través del uso del sistema Ferrosan FS10, el cual se utilizó para comprobar los armados encontrados en los planos estructurales. Por último se realizó un levantamiento de todos los daños que afectan a la edificación en la actualidad evaluándose la magnitud del daño.

En el Capítulo V, Recálculo de la Estructura, se describe la metodología utilizada para realizar el recálculo de la edificación con el uso del programa de cálculo estructural ETABS. Después se exponen los resultados y el análisis de los resultados obtenidos durante la investigación.

# CAPÍTULO I

## Problema

### I.1. Planteamiento del Problema

La Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) fue declarada en el año 2000 Patrimonio Cultural de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); al momento de la declaración una de las condiciones fue realizar el estudio estructural de todas las edificaciones presentes en la CUC. A raíz de esto surge la creación del Consejo para la Preservación y el Desarrollo de la Universidad Central de Venezuela (COPRED), organismo encargado de velar por la preservación y mantenimiento del patrimonio, cumpliendo así con los requerimientos dictados por la UNESCO. Para estos estudios, el Departamento de Ingeniería Estructural junto con COPRED crearon una línea de investigación con el fin de realizar las evaluaciones estructurales de las edificaciones pertenecientes a la CUC.

El edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica “Melchor Centeno Vallenilla” fue construido a principio de los años 50, por lo que forma parte de los edificios más antiguos de la CUC y hace muy particular su evaluación, ya que para el momento de su construcción no existían normas sismorresistentes, las cuales se implementaron luego del terremoto de 1967.

Se propone en el marco de este Trabajo Especial de Grado realizar la evaluación estructural del edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, la cual requiere principalmente, el estudio de los planos existentes en COPRED,

recopilar información sobre la historia y reparaciones realizadas a lo largo de su vida útil y la inspección visual para verificar y evaluar el estado actual de la edificación.

Para esta evaluación se contará con documentos e informaciones esenciales del edificio, como los planos, las diferentes reparaciones a través de los años de uso, las normas vigentes para el año de construcción del mismo.

Con ésta evaluación se busca conocer el estado actual de la edificación desde el punto de vista estructural y observar cómo sería el comportamiento de la misma ante un posible sismo verificando así si el diseño original cumple con las normas sismorresistentes vigentes.

Las principales limitantes que se pueden presentar a lo largo de esta evaluación son: el nivel de detalle de los planos, esto debido a que los mismos son muy antiguos y quizás no presenten tantos detalles de armado como se desearía, la utilización del ferroskan FS-10 para la verificación del armado del edificio ya que se pueden encontrar lugares en donde el uso del aparato sea muy complicado.

Luego de realizados estos estudios se desea contestar las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el estado estructural del edificio sede de la Escuela Ingeniería Eléctrica?
- ¿Es el edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica una edificación sismorresistente?
- ¿Según los resultados obtenidos, a que conclusiones podemos llegar acerca del estado de la edificación?

## **I.2. Objetivos**

### **I.2.1. Objetivo General:**

Evaluar el comportamiento estructural del edificio de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería ubicado en la Ciudad Universitaria de Caracas.

### **I.2.2. Objetivos Específicos:**

1. Indicar los lineamientos que establece la UNESCO con respecto a la conservación y mantenimiento de estructuras patrimoniales aplicables a la evaluación de la edificación a estudiar.
2. Identificar los parámetros estructurales y no estructurales, no contemplados en el diseño original.
3. Identificar el nivel de deterioro físico de la estructura.
4. Recalcular la estructura de acuerdo a las Normas Venezolanas Vigentes utilizando un programa de Cálculo estructural.

### I.3 Aportes

El edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica comenzó a construirse a principios de 1950, bajo las “Normas para el Cálculo de Edificios” del año 1945, diseñadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), fecha para la cual dichas normas no contemplaban formalmente los criterios de sismorresistencia que actualmente son requisito indispensable para el desarrollo de proyectos de edificaciones en Venezuela.

A mediados de 1967, exactamente el 29 de Julio ocurrió un Sismo en la Ciudad de Caracas, que tuvo una duración de aproximadamente 35 a 55 segundos y con una magnitud de 6.5 en la escala de Richter; este sismo arrojó un saldo de 236 personas fallecidas, 2000 heridos y daños materiales calculados en más de 10 millones de dólares<sup>1</sup>. Es debido a este sismo que en Venezuela se empieza a considerar el aspecto sismorresistente a la hora de construir. El día 12 de septiembre del 2009, ocurrió nuevamente un sismo, esta vez de magnitud 6.2, que sacudió a la Zona Central del país por aproximadamente 20 segundos, ocasionando fundamentalmente daños materiales en varias zonas de Venezuela.

Debido a esto, se considera este Trabajo de Grado de suma importancia ya que será un aporte significativo a la comunidad que convive diariamente en este edificio y en la Ciudad Universitaria de Caracas, así como para la conservación y preservación del Patrimonio, puesto que permitirá conocer si los parámetros estructurales contemplados a lo largo de su diseño original, cumplen con las normas vigentes de sismorresistencia, generando así las bases para una posterior adaptación de dichas normas en el caso que se requiera. Como resultado se

---

<sup>1</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto\\_de\\_Caracas\\_de\\_1967](http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_Caracas_de_1967)

espera una reducción de la vulnerabilidad de dicho edificio ante un nuevo evento sísmico, así como la estimación de una inversión acorde con el diagnóstico efectuado.

Adicionalmente, este Trabajo de Grado permitirá poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera, así como aplicar, evaluar y elegir métodos para el diseño y aplicación de modelos de evaluación del comportamiento de una edificación construida hace mas de 50 años, para lo cual se utilizará el programa para cálculo de estructuras conocido como ETABS V.9, con el objeto de analizar el comportamiento de la estructura ante un posible evento sísmico.

Como estudiantes de la Universidad Central de Venezuela realizaremos un aporte importante ya que se evaluará una de las estructuras pertenecientes a la CUC. Lo cual es una exigencia por parte de la UNESCO para la conservación del patrimonio y a su vez se obtendrán datos acerca del estado estructural de la edificación y así poder hacer de este un sitio más seguro para las personas que diariamente conviven en esta edificación.

## **CAPÍTULO II**

### **Marco Teórico**

#### **II.1 Historia de la Ciudad Universitaria de Caracas<sup>2</sup>**

El origen de la Universidad Central de Venezuela 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, situado en la Plaza Mayor de la ciudad de Santiago de León de Caracas. En 1827, Simón Bolívar promulgó los nuevos Estatutos Republicanos para la Universidad, y en 1856, ésta se independizó del Seminario, al trasladar sus dependencias al viejo edificio que había ocupado en tiempos de la Colonia el Convento de San Francisco, situado a dos cuadras hacia el sudoeste de la Plaza Bolívar.

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 hizo concretar finalmente, pese a las resistencias y fuertes críticas, 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. La Facultad de Medicina y sus servicios hospitalarios serían el centro alrededor del cual organizar, en principio, la nueva Universidad. Habiéndose considerado

---

<sup>2</sup><http://www.centenariovillanueva.web.ve/CUC/SuPasado/historiaydesarrollo/FramesHistoriaDesarrollo.htm>.

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 el sitio de la hacienda reunía las mejores condiciones topográficas y una futura localización como centro geográfico de la ciudad.

En 1944, se inició la construcción del urbanismo de la Ciudad Universitaria teniendo como arquitecto responsable de la misma a Carlos Raúl Villanueva y se contrató la construcción de los edificios de Medicina, comenzando, en enero de 1945, con las fundaciones del Instituto Anatómico-Patológico (1945-1952).

El campus de la Universidad Central de Venezuela (UCV), está conformado por ochenta y nueve (89) edificaciones, con variados diseños arquitectónicos, sede de nueve facultades y diversas dependencias administrativas y de investigación, servicios culturales, deportivos y hospitalarios para el beneficio de una creciente comunidad universitaria y de una gran cantidad de visitantes que convoca la UCV.

Los Edificios del conjunto de la Facultad de Ingeniería (1949-1967), se comenzaron a construir a finales de los cuarenta. Concebidos en su mayoría como cuerpos bajos, muy sencillos, destinados a servir como lugares de trabajo y estudio, con laboratorios y aulas, constituyen parte del tejido que va formando el conjunto de la Ciudad Universitaria. Siendo edificaciones eminentemente funcionales, Villanueva no deja de crear en ellas atractivos espacios y recorridos, pasillos cubiertos que unen a los edificios entre sí y auditorios que emergen como volúmenes prismáticos a modo de esculturas, siendo la Biblioteca de la Escuela Básica de Ingeniería (1949-1950), la pieza más destacada del conjunto.

Este conjunto de edificaciones diferentes entre sí, no solamente por la función a la cual están destinadas, sino al carácter que deben transmitir, unidas por medio de la gran variedad de Pasillos Cubiertos y plenamente integradas con los jardines y con las obras de arte, constituye el desarrollo de ese urbanismo orgánico, dinámico, fluido y complejo, que Carlos Raúl Villanueva logró alcanzar a través de su evolución arquitectónica, desde de la composición académica francesa hacia la construcción del espacio moderno tropical.

## **II.2. La Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) como Patrimonio Cultural de la Humanidad<sup>3</sup>**

### **II.2.1 Criterios de UNESCO para la selección de bienes a ser incluidos en la Lista de Patrimonios.**

Los Criterios de inscripción de bienes culturales son los siguientes :

- I. Representa una obra maestra del genio creativo humano.
- II. Presenta una importante relación de valores humanos, en un periodo de tiempo o en un área cultural del mundo, desarrollos en la arquitectura o tecnología, arte monumental, diseño urbano o diseño paisajístico.
- III. Representa un testimonio único o por lo menos excepcional de una tradición cultural o de una civilización existente o ya desaparecida.

---

<sup>3</sup> AZUAJE, PEÑA. TEG "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO SEDE DE LAS ESCUELAS DE INGENIERIA DE PETROLEO, GEOLOGIA Y QUIMICA DE LA FACUKLTAD DE INGENIERIA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS".

**IV.** Ser un ejemplo extraordinario de un tipo de construcción o arquitectura o ensamble tecnológico o paisaje, que ilustra periodos significantes de la historia humana.

**V.** Ser un ejemplo excepcional de un asentamiento humano tradicional, o de uso de suelo representativo de una cultura (o culturas), especialmente cuando sea vulnerable bajo el impacto de cambios irreversibles.

**VI.** Ser directamente o tangiblemente relacionada con eventos o tradiciones vivas, con ideas o creencias, con trabajos artísticos y literarios de valor universal. (El comité considera que este criterio debe justificar la inclusión en la lista solo en circunstancias excepcionales y en conjunto con otros criterios culturales o naturales).

La postulación de la CUC como Patrimonio Cultural de la Humanidad, ante la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), se realizó en el año 1999. El proyecto se realizó bajo la tutela del Instituto del Patrimonio Cultural (IPC), que junto con un equipo de colaboradores, se encargó de la recopilación de la información necesaria para optar por el Título de Patrimonio Cultural de la Humanidad.

Entre los criterios propuestos como justificación del proyecto, enviados a UNESCO, tenemos:

***1. Representa una obra maestra del genio creativo humano.***

La CUC representa indudablemente una obra de arte que es a su vez una obra maestra del genio creador humano. Los diferentes espacios arquitectónicos y

urbanos se encuentran acompañados por obras de arte de diferentes artistas que junto a Carlos Raúl Villanueva participaron en el proyecto; son de gran calidad y presentan características inigualables, tienen como esencia transmitir la emoción estética de sus autores.

***II. Presenta una importante relación de valores humanos, en un periodo de tiempo o en un área cultural del mundo, desarrollos en la arquitectura o tecnología, arte monumental, diseño urbano o diseño paisajístico.***

La CUC representa una gran parte de los planteamientos propuestos por las vanguardias artísticas y arquitectónicas a comienzos del siglo XX en Europa. Constituye un ejemplo excepcional de un pequeño recinto de un mundo utópico reflejando ese tiempo y expresando la calidad del urbanismo moderno, el uso de la tecnología moderna, la creación de formas abstractas modernas, y la construcción de una integración espacio del interior y exterior reflejada en la dimensión del tiempo.

***III. Representa un testimonio único o por lo menos excepcional de una tradición cultural o de una civilización existente o ya desaparecida.***

La CUC es un testimonio excepcional de una arquitectura, un urbanismo del arte moderno y a su vez está íntimamente ligado a nuestra cultura y condiciones locales. Es un ejemplo de lo que debe ser una arquitectura ventilada, abierta y protegida, que se ajusta por completo a nuestro clima.

***IV. Ser un ejemplo extraordinario de un tipo de un tipo de construcción o arquitectura o ensamble tecnológico o paisaje, que ilustra periodos significantes de la historia humana.***

Es un excelente ejemplo de los conceptos urbanos, arquitectónicos y artísticos modernos, e ilustra de manera perfecta ese periodo importante de la historia de la humanidad.

**II.2.2. Lineamientos que establece la UNESCO respecto a la conservación y mantenimiento de las estructuras patrimoniales para la edificación en estudio.<sup>4</sup>**

Una vez declarada la CUC, como Patrimonio Cultural de la Humanidad, el estado o los institutos relacionados al mismo se comprometen a preservar todos sus bienes, ya que el patrimonio cultural se encuentra amenazado de destrucción. No sólo por las causas tradicionales de deterioro, sino también por la evolución de la vida social y económica, el deterioro o la desaparición de un bien del patrimonio cultural o natural constituye un empobrecimiento nefasto del patrimonio de los pueblos del mundo. La protección del patrimonio a escala nacional es en muchos incompletos, dada la magnitud de los medios que requiere y la insuficiencia de los recursos económicos, científicos y técnicos del país en cuyo territorio se encuentra el bien que ha de ser protegido.

Por esto, la constitución de la UNESCO estipula que la Organización ayudará a la conservación, al progreso y a la difusión del saber, velando por la

---

<sup>4</sup> AZUAJE, PEÑA. TEG "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO SEDE DE LAS ESCUELAS DE INGENIERIA DE PETROLEO, GEOLOGIA Y QUIMICA DE LA FACUKLTAD DE INGENIERIA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS".

conservación y la protección del patrimonio universal, y recomendando a los interesados las convenciones internacionales que sean necesarias para ese objeto; recomendaciones y resoluciones internacionales existentes a favor de los bienes culturales y naturales, demuestran la importancia que tiene para todos los pueblos del mundo la conservación de esos bienes únicos e irremplazables de pueblos de cualquiera que sea el país a que pertenezcan, que ciertos bienes del patrimonio cultural y natural presentan un interés excepcional que exige se conserven como elementos del patrimonio mundial de la humanidad entera, y que, ante la amplitud y la gravedad de los nuevos peligros que les amenazan, incumbe a la colectividad internacional entera participar en la protección del patrimonio cultural y natural de valor universal excepcional prestando una asistencia colectiva que sin reemplazar la acción del Estado interesado la complete eficazmente. Es por ello que resulta indispensable adoptar nuevas disposiciones convencionales que establezcan un sistema eficaz de protección colectiva del patrimonio cultural y natural de valor excepcional organizada de una manera permanente, y según métodos científicos y modernos, por lo tanto:

La UNESCO, establece en la Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural:

*En el punto II, artículo 5, referente a la conservación del Patrimonio Mundial*

## II. PROTECCION NACIONAL Y PROTECCION INTERNACIONAL DEL PATRIMONIO CULTURAL Y NATURAL

Con objeto de garantizar una protección y una conservación eficaces y revalorizar lo más activamente posible el patrimonio cultural y natural situado en su territorio y

en las condiciones adecuadas a cada país, cada uno de los Estados Partes en la presente Convención procurará dentro de lo posible:

- a) Adoptar una política general encaminada a atribuir al patrimonio cultural y natural una función en la vida colectiva y a integrar la protección de ese patrimonio en los programas de planificación general.
- b) Instituir en su territorio, si no existen, uno o varios servicios de protección, conservación y revalorización del patrimonio cultural y natural, dotados de un personal adecuado que disponga de medios que le permitan llevar a cabo las tareas que le incumban.
- c) Desarrollar los estudios y la investigación científica y técnica y perfeccionar los métodos de intervención que permitan a un estado hacer frente a los peligros que amenacen su patrimonio cultural y natural.
- d) Adoptar las medidas jurídicas, científicas, técnicas, administrativas y financieras adecuadas, para identificar, proteger, conservar, revalorizar y rehabilitar ese patrimonio.
- e) Facilitar la creación o el desenvolvimiento de centros nacionales o regionales de formación en materia de protección, conservación y revalorización del patrimonio cultural y natural y estimular la investigación científica en ese campo.

### II.3. Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica “Melchor Centeno Vallenilla”.

#### II.3.1. Ubicación del Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica “Melchor Centeno V”. (Ver Imagen 2.1)



**Imagen. 2.1 Foto aérea de la CUC**

*Fuente: <http://elultimatumhiperboreo.blogspot.com/2008/01/universidad-central-de-venezuela.html>. Consultado el 19 de Agosto de 2010*

El edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica se encuentra ubicado en la Zona Sur de la CUC y tiene como linderos al Norte con el edificio de Física de la Facultad de Ingeniería, al Sur con el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), al Este con la Cancha de la Facultad de Ingeniería y la

Facultad de Arquitectura y Urbanismo y al Oeste con el edificio de las Escuelas de Ingeniería de Petróleo, Química y Geología, Geofísica y Minas.

### **II.3.3. Constitución del Suelo debajo del Edificio.<sup>5</sup>**

En el año 1950 se realizó un estudio de suelo en el lugar donde posteriormente se construiría el “Laboratorio de Mecánica y Electricidad” hoy conocido como la Escuela de Ingeniería Eléctrica “Melchor Centeno Vallenilla”. El estudio se llevó a cabo tomando en cuenta las cargas que resultaron luego del diseño del edificio. En total se realizaron diez perforaciones a lo largo del terreno sobre el cual se construyó la edificación, las mismas por considerarlo conveniente tuvieron una profundidad media de quince metros

Luego de analizadas y clasificadas cada una de las muestras o perforaciones se concluyó que la zona está constituida en su mayor parte por material limoso, con cantidades variables de arena, arcilla y grava.

Con respecto a los porcentajes de humedad del suelo se observó que la misma es variable, fluctuando entre 10% y 30%, siendo la más cargada el área comprendida por las perforaciones 7, 8, 9 y 10, las cuales corresponden al eje central de la edificación y a su vez la más cargada (Ver Imagen 2.2), la humedad de la capa areno-limo-gravosa es de 20% y el límite líquido de 16%. En el estrato siguiente o sea el limo-arcillo-arenoso, la condición es idéntica pues la humedad llega a 30% y el límite líquido a 29%; y así en los otros estratos.

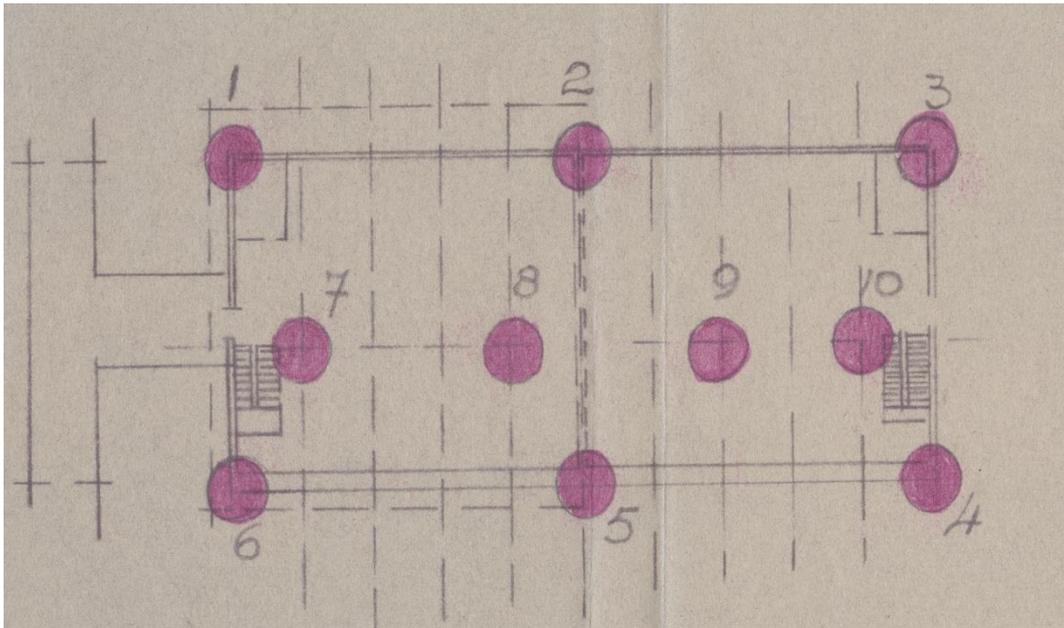
Entre las conclusiones que arrojó el estudio se determinó que el coeficiente admisible de trabajo del terreno, en estas circunstancias, es bajo y se recomendó no pasar de 0,75 a 0,8 kg/cm<sup>2</sup>.

---

<sup>5</sup> López, Eudoro S.(1950). Estudio de Suelos del área donde se construyó el Edificio de Ingeniería Eléctrica. (Archivador 18, Gaveta C, N°43)

En el informe del estudio de suelos también se aclaró que al practicarse un drenaje eficiente alrededor del edificio, podría aumentar el coeficiente de trabajo del suelo, ya que las condiciones generales del mismo eran buenas excepto por la humedad reinante, la cual además se verificó con perforaciones a mano hasta una profundidad de 7 metros obteniendo con pocas diferencias los resultados arrojados por el equipo standard de perforación.

A continuación se muestra la distribución de las perforaciones.



**Imagen 2.2. Ubicación de las Perforaciones**

*Fuente: López, Eudoro S.(1950). Estudio de Suelos del área donde se construyó el Edificio de Ingeniería Eléctrica. (Archivador 18, Gaveta C, N°43)*

## II.4. Normas MOP 1947 y Norma Venezolana 1753-2006

**Tabla 2. 2 Comparación de las características importantes de la Norma MOP 1947 y la Norma Venezolana 1753-2006**

Características importantes	MOP de 1947	Norma Venezolana 1753-2006
<b>Hipótesis</b>	El concreto Armado es un material, homogéneo e isótropo. Y satisface la Ley de Hooke.	El Concreto Armado es un material, Homogéneo e isótropo. Y satisface la Ley de Hooke
<b>Tipo de Acero</b>	Se permite el uso de barras tanto lisas como corrugadas, se considera la perfecta adherencia del concreto y el acero.	Solo se permite el empleo de barras corrugadas y se establece que existe una perfecta adherencia entre el acero y el concreto.
<b>Disposición de las Armaduras en las vigas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En las vigas rectangulares, se colocaran siempre los estribos de ligazón entre las zonas de compresión y tracción; estos estribos serán como mínimo <math>\phi</math> 1/4" a distancias no mayores de 30 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Siempre se realiza una armadura, la cual cuenta con una zona de confinamiento (zona sísmica) que se halla a 2h de la viga en cada extremo de la misma.</li> <li>La Separación de los estribos nunca debe ser mayor a:               <ol style="list-style-type: none"> <li>30cm de la zona de confinamiento</li> <li><math>d/2</math> o 6ª cm</li> </ol> </li> <li>La separación mínima es de 7cm</li> <li>Donde d es la altura útil de la viga.</li> </ul>
<b>Recubrimiento en Vigas y Columnas</b>	No será inferior a 2,5 cm	Varía entre 4 y 7,5 cm
<b>Columnas</b>	La menor dimensión de la sección de columnas cuadradas o rectangulares, no será inferior a 25cm. Para columnas de sección circular, el diámetro no puede ser menor al valor mencionado. El área de acero longitudinal varía entre 0,5% y 4%	Para las columnas cuadradas el área no debe ser menor a $600\text{cm}^2$ y ninguna de sus caras debe ser menor a 30cm. Y para las secciones circulares del diámetro mínimo es 25 cm. Para nivel de diseño ND1, el área de acero longitudinal varía entre 1% y 8% para los otros niveles de diseño, varía entre 1% y 6%.
<b>Losas Nervadas</b>	Para luces de 4 a 6 m por lo menos debe tener un nervio transversal, y para luces mayores de 6m por lo menos 2 nervios transversales	Si la luz es mayor a 6m entonces se emplea un nervio transversal a la dirección del armado.

## II.5. Ensayos No destructivos<sup>6</sup>

Se denomina ensayo no destructivo a cualquier tipo de prueba que se le practique a un material y no altere de forma permanente sus propiedades químicas, físicas, mecánicas o dimensionales. Este tipo de ensayos implican en el elemento un daño imperceptible o nulo.

Los distintos métodos que implican los ensayos no destructivos tienen su fundamento en la aplicación de fenómenos físicos, como por ejemplo: ondas electromagnéticas, acústicas, emisión de partículas subatómicas, elásticas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

Los ensayos no destructivos proveen generalmente datos menos exactos que los destructivos, sin embargo resultan más baratos, ya que, no implican la destrucción de la pieza a examinar. En ocasiones los ensayos no destructivos únicamente buscan verificar la homogeneidad y continuidad del material utilizado, por lo que se complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.

En los edificios de carácter patrimonial los ensayos que se realizan son de carácter no destructivo, para evitar daños tangibles en su estructura y una posible pérdida de la condición patrimonial.

---

<sup>6</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayonodestructivo>

## **II.6. Modelaje y Recálculo de la estructura del Edificio con el programa Etabs v9.<sup>7</sup>**

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 versión 9 posee una poderosa e intuitiva interfaz gráfica con procedimientos de modelaje, análisis y diseño sin igual, todos integrados usando una base de datos común. Aunque fácil y sencillo para estructuras simples, ETABS también puede manejar los más grandes y complejos modelos de edificios, incluyendo un amplio rango de comportamientos no lineales, haciéndolo la herramienta predilecta para ingenieros estructurales en la industria de la construcción.

ETABS es un sistema completamente integrado. Detrás de una interface 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. Esta integración significa que usted crea solo un sistema de modelo de piso y sistemas de barras verticales y laterales para analizar y diseñar el edificio completo.

Las convenciones de entrada y de salida usadas corresponden a la terminología común de edificaciones. Con ETABS, los modelos se definen de forma lógica: piso por piso, viga por viga, columna por columna, tramo por tramo, muro por muro y no como corrientes de puntos y elementos no descritos como lo hacen la mayoría de los programas para fines generales. Así la definición estructural es simple, ordenada y significativa.

---

<sup>7</sup> Hernández, Eliud. "Análisis y Diseño estructural utilizando el programa ETABS v9". Código: CSI-ETADS-T1-V1-07-

## II.7. Daños estructurales<sup>8</sup>

Para determinar la capacidad resistente de estructuras existentes o de alguna de sus partes, se debe comenzar con detallada y bien planificada inspección visual en la cual, con documentación escrita y gráfica, se hagan evidentes los eventuales defectos y se señalan las áreas más dañadas.

La inspección visual solo contempla una serie de daños como lo son:

**Corrosión del acero de refuerzo:** Entendemos por corrosión, la oxidación de las barras de refuerzo en el concreto y su correspondiente deterioro; esto puede llegar a su destrucción si no se detiene por medios tecnológicos. En todo el mundo se producen enormes pérdidas económicas por la inutilización de las obras afectadas o bien por los costos de reparación.

La corrosión se puede producir en muchos lugares geográficos, sin embargo hay lugares donde su riesgo es muy intenso como por ejemplo, el área de islas y costas del Mar Caribe, del cual nuestro litoral forma parte.

---

<sup>8</sup> Porrero J, Ramos C, Manual del Concreto Estructural, conforme con la norma COVENIN 1753:03.



**Imagen 2.3. Corrosión del acero de Refuerzo**

*Fuente: [http://www.humi-stop.ch/cancer\\_beton.php?lang=sp](http://www.humi-stop.ch/cancer_beton.php?lang=sp) Consultado el 19 de Agosto de 2010*

**Falta de recubrimiento:** es causado por un mal encofrado o por el desprendimiento del concreto que se encuentra en la superficie de los elementos, cuando existe la falta de recubrimiento las barras de acero quedan visibles en la superficie de los elementos.

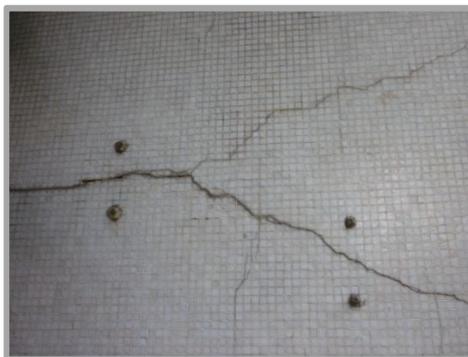


**Imagen 2.4. Falta de Recubrimiento**

*Fuente: Foto tomada el 22 de Julio de 2010 De la escalera Este del Edificio Sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica*

**Grietas:** Las grietas del concreto se producen siempre por tracción. Las tensiones de compresión, de torsión o de corte, que resultan excesivas, se alivian mediante la aparición de grietas de tracción paralelas a las trayectorias principales de compresión, que son perpendiculares a las de tracción.

La observación y análisis de la forma y posición de las grietas en los elementos estructurales, casi siempre permiten establecer el tipo de sollicitación que las originó, lo cual es primordial para definir las causas de las grietas. En el estudio de las grietas hay que observar cuidadosamente los siguientes aspectos: el ancho en la superficie, la profundidad y el movimiento



**Imagen 2.5. Grietas**

*Fuente: Foto tomada el 22 de Julio de 2010 de la Fachada Oeste del Edificio Sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica*

**Desprendimiento y/o Fisuras de mosaicos de cerámica vitrificada:** Caída o fisuras en los mosaicos que forman parte del recubrimiento de algunos elementos de tabiquería.



**Imagen 2.6. Desprendimiento y/o fisura de mosaicos de cerámica vitrificada**

*Fuente: Foto tomada el 22 de Julio de 2010 de la Fachada Este del Edificio Sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica*

**Humedad:** es identificado cuando ocurre un cambio de color sobre la superficie del mismo, existen diferentes tipos de humedad según su causa: por filtración, por condensación, por capilaridad, y accidental. En este estudio no se realizan distinción del tipo de humedad, solo se indica la presencia de la misma.



**Imagen 2.7. Humedad**

*Fuente: Foto tomada el 22 de Julio de 2010 de una de las Paredes del Edificio Sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica*

**Capa Vegetal:** Presencia de plantas en los elementos, generalmente encontrados en lados bordes o superficie superior debido al depósito de humedad.



**Imagen 2.8. Capa Vegetal**

*Fuente: Foto tomada el 22 de Julio de 2010 de la Pared de la Fachada Este del Edificio Sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica*

## **CAPÍTULO III**

### **Método**

#### **III.1 Etapas de la investigación**

El presente Trabajo Especial de Grado es de tipo analítico y experimental. Para realizar el análisis se deben seguir ciertos pasos, que comienzan con la recolección sobre los requerimientos que mantiene la UNESCO Y la COPRED para el mantenimiento de la CUC, como Patrimonio Mundial de la Humanidad, así como la recopilación de información referente a la estructura a evaluar, como son los planos originales, las memorias descriptivas, memorias de cálculo, estudios, todo esto con la finalidad de comparar dicha información con los resultados obtenidos mediante el recálculo de la misma y así poder analizar el comportamiento estructural del edificio. A partir de esto, la solución al problema planteado consiste en realizar juicios acerca del estado actual de la edificación y de su comportamiento en caso de sismo, tomando en cuenta su condición de patrimonio.

##### **III.1.1 Fase 1. Recopilación de Información Teórica y Planimetría**

- Recopilación de información relacionada con la UNESCO y los requerimientos para ser Patrimonio Mundial de la Humanidad.

En esta etapa se obtendrá toda la información referente a la UNESCO, los criterios para la selección de bienes a ser incluidos en la lista de patrimonio,

criterios según los cuales se aprobó la inscripción de la CUC como Patrimonio Mundial, entre otros

- Recopilación de información sobre los requerimientos de COPRED para la preservación de la CUC como patrimonio.

Se visitará la sede de COPRED en la CUC, para la obtención de los lineamientos que establece la UNESCO con respecto a la conservación y mantenimiento de las estructuras patrimoniales, así como las funciones que desempeña COPRED para el mantenimiento y preservación de las edificaciones de concreto armado de la CUC.

- Búsqueda de planos originales e historia documental del edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica “Melchor Centeno Vallenilla”

Para obtener esta información se visitará la sede de COPRED, para pedir que se nos proporcione todo lo referente a los planos originales, memorias descriptivas, memorias de cálculo del edificio en estudio. También se visitará dicho edificio con la finalidad de obtener información sobre su historia, sus usos actuales y modificaciones realizadas con respecto al diseño original.

### **III.1.2. Fase 2. Identificación de la Estructura a Analizar**

- Descripción del deterioro actual del edificio.

Tomando en cuenta que el edificio Melchor Centeno Vallenilla tiene aproximadamente 60 años construido, se realizará una inspección visual del

mismo con la finalidad de señalar los diferentes cambios físicos y deterioros que han sufrido los elementos estructurales a lo largo del tiempo. Para la realización de esta actividad será necesario visitar la edificación y describir su situación actual.

- Verificación y comparación de la información obtenida con las características y funciones del edificio

Considerando que el edificio tiene aproximadamente 60 años construido y una vez realizada la inspección de edificio, se pudo señalar las diferencias geométricas y funcionales que posee actualmente el edificio con respecto a la información planimétrica obtenida con anterioridad.

- Ensayos no destructivos

Se realizó el ensayo de ultrasonido, mediante el uso del ferroskan FS10, utilizando su modo de detección rápida, donde se pudo obtener el número de barras presentes en el elemento, la distancia entre refuerzos y un valor estimado del recubrimiento de concreto. Estos ensayos no destructivos fueron realizados a un grupo determinado de columnas y vigas, con la finalidad de comparar los resultados obtenidos con los diferentes datos visualizados en los planos y memoria descriptiva.

- Inspección del uso actual de cada una de las áreas del edificio, conforme para el cual fue diseñado.

Se inspeccionó el edificio para obtener la información “in situ” referente al uso que se le está dando a las diversas áreas del mismo, y así poder asignarle al modelo estructural la carga variable correspondiente a cada una de las diferentes zonas, según establece la norma COVENIN 2002-1988 “Criterios y Acciones mínimas para el proyecto de Edificaciones”, además para registrar las variaciones de uso, que ha obtenido desde su construcción.

### **III.1.3. Fase 3. Modelo y Recálculo de la estructura del Edificio respecto a la Norma COVENIN 1753-2006 y COVENIN 1756-2006**

Luego de recopilada toda la información planimetría, bibliográfica y haber realizado la comprobación mediante una inspección visual, el siguiente paso será recalculando la estructura siguiendo el protocolo establecido por el Departamento de Ingeniería Estructural con base en las normas Venezolana 1753-2006 y la COVENIN 1756-2001 “Edificaciones Sismorresistentes”. Para este recálculo se realizará un modelo de la estructura con ayuda del programa ETABS v9 y se someterá a los diversos tipos de solicitaciones establecidos en las normas nombradas anteriormente. El programa utilizado es un programa diseñado bajo las Normas Americanas ACI, por lo que los resultados obtenidos fueron adaptados a las Normas Venezolanas vigentes.

### **III.1.4. Fase 4. Análisis de la Estructura Recalculada**

Esta etapa se basará en la creación de tablas en los cuales se expongan los resultados obtenidos mediante el recálculo de la estructura basándose en las

normas actuales (COVENIN 1756-2001, Norma Venezolana 1753-2006). Se analizará si el edificio Melchor Centeno Vallenilla cumple con los valores de desplazamientos máximos, acero mínimo, cambio de rigidez Viga-Columna y efecto P-delta, que establecen las normas actuales.

## **CAPÍTULO IV**

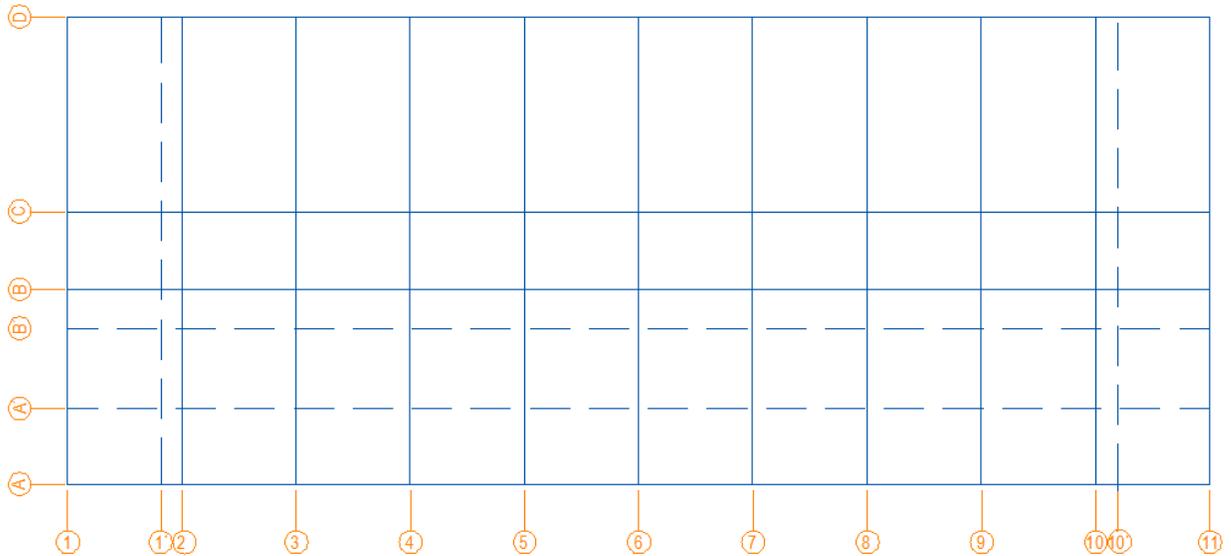
### **Información Planimétrica**

Para adquirir y recopilar la Información Planimétrica y teórica del edificio, así como datos técnicos de interés, se visitó la sede del COPRED para planificar las diferentes visitas a la Casa de La Hacienda Ibarra, sitio donde se encuentran archivados todos los planos originales de la CUC, así como los diferentes estudios de suelo y demás información de vital importancia para el proyecto.

Se adquirieron una serie de planos estructurales, arquitectónicos y estudio de suelos de la edificación, que constituye todo lo que se refiere a envigados, columnas, losas de entrepiso, azotea, despiece de armados en las vigas, tablas con el armado de las columnas, detallado de la fachada, escalera y demás detalles que presentaba la edificación, perfil estratigráfico y ubicación de las perforaciones para el estudio de suelos. Una vez recopilada toda esta información se procedió a realizarse el levantamiento planimétrico de la estructura, con la finalidad de comparar y comprobar los datos obtenidos.

## IV.1 Características de los elementos estructurales del edificio

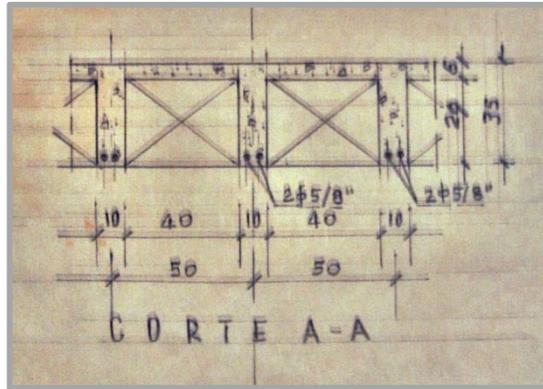
Se presenta en la Imagen una planta tipo, indicando los ejes longitudinales y transversales del edificio.



**Imagen 4.1. Planta tipo del edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.**

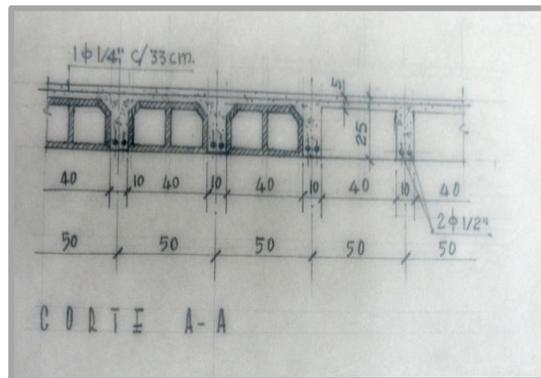
### IV.1.1 Losas

Las Losas de la edificación son nervadas y armadas en una sola dirección. Según información obtenida en los planos, las losas presentan dos geometrías diferentes, siendo las losas del piso 1 y piso 2 iguales con un espesor de  $h=35$  cm,  $b=50$  cm, y ancho de los nervios 10 cm y la losa de la azotea con un espesor de  $h=30$  cm,  $b= 50$ cm y ancho de los nervios 10cm. (Ver Imagen 4.2 y Imagen 4.3)



**Imagen 4.2. Corte Losas de Entrepisos**

Plano: Escuela de Ingeniería. Laboratorio de Electricidad. Detalles de Estructura del 1<sup>er</sup> Piso y 2<sup>do</sup> Piso. Nro. 23-E-69



**Imagen 4.3. Corte Losas de Entrepisos**

Plano: Escuela de Ingeniería. Laboratorio de Electricidad. Detalles de Estructura de la Azotea. Nro. 23-E-70

Tanto el Piso 1 como el Piso 2 poseen 4 losas nervadas, y dos losas de escaleras, mientras que la Azotea solo posee una losa.

Para denominar las Losas se usara la siguiente codificación, primero se colocará el numero del piso en la que se encuentra ubicado, seguido de la letra L como abreviación de Losa o LE para abreviar las losas de escaleras, y por último

el numero de Losa a la que nos referimos. Por ejemplo si queremos hablar de la losa 1 ubicada en el piso 2 la denominaremos 2L1.

#### **IV.1.2 Columnas**

Según la norma COVENIN 1756-2001 en su sección 6.2.1 existen tres niveles de diseño: ND1 (nivel de diseño menor), ND2 y ND3, estos niveles vienen dados según el nivel de ductilidad de una estructura ante un sismo. Para el caso puntual de esta edificación el nivel de diseño escogido es el ND1 el cual no requiere de la aplicación de requisitos adicionales a los establecidos para acciones gravitacionales en zonas sísmicas

Tomando en cuenta el nivel de diseño utilizado para la edificación en estudio, que en nuestro caso fue ND1, debido al año en que se realizaron los cálculos y la construcción del edificio los cuales fueron previos a la consideración de requisitos adicionales sismorresistentes en la norma, se establece una comparación de la normativa vigente Norma Venezolana 1753-2006 con la norma MOP 1947, en lo que respecta al área de acero.

A continuación se presenta las tablas 4.1, 4.2 y 4.3, donde se indica, las secciones, dimensiones, la distribución de acero, los números de barras, el porcentaje de acero, de todas las columnas, ubicadas en cada uno de los niveles de la edificación.

**Tabla 4. 1 Armado de las Columnas**

Nombre	Planta Baja - Primer Piso					
	X	Y	Area (cm2)	Armadura	Ligadura	Sección
C1	40	70	2800	6 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C2	30	30	900	8 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C3	30	30	900	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C3A-C3B	30	30	900	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C3C	30		707	6 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/8	circular
C4	40	70	2800	6 $\phi$ 3/4"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C5	40	70	2800	20 $\phi$ 1 1/4"	$\phi$ 3/8" c/14	rectangular
C6	40	45	1800	8 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C7	40	45	1800	12 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/15	rectangular
C8	40	70	2800	20 $\phi$ 1 1/4" 2 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/14	rectangular
C9	40	70	2800	20 $\phi$ 1 1/4"	$\phi$ 3/8" c/14	rectangular
C10	40	40	1600	8 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C11	40	40	1600	10 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/20	rectangular
C12	40	70	2800	20 $\phi$ 1 1/4" 2 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/14	rectangular
C13	40	70	2800	6 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C14-C15	40	30	1200	6 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C15A-C15B	40	30	1200	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C16	40	70	2800	6 $\phi$ 3/4"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
Nombre	Primer Piso - Segundo Piso					
	X	Y	Area (cm2)	Armadura	Ligadura	Sección
C1	40	70	2800	6 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C2 (2)	30	30	900	6 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C3	30	30	900	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C3A-C3B	30	30	900	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C3C (2)	30		707	6 $\phi$ 1/2"	$\phi$ 1/4" c/8	circular
C4	40	70	2800	6 $\phi$ 3/4"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C5	40	70	2800	20 $\phi$ 1 1/4"	$\phi$ 5/8" c/14	rectangular
C6 (2)	40	40	1600	6 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/20	rectangular
C7 (2)	40	40	1600	6 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/20	rectangular
C8	40	70	2800	20 $\phi$ 1 1/4" 2 $\phi$ 1"	$\phi$ 5/8" c/14	rectangular
C9	40	70	2800	20 $\phi$ 1 1/4"	$\phi$ 5/8" c/14	rectangular

Nombre	Primer Piso - Segundo Piso					
	X	Y	Area (cm2)	Armadura	Ligadura	Sección
C10 (2)	40	40	1600	6 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/20	rectangular
C11 (2)	40	40	1600	6 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/20	rectangular
C12	40	70	2800	20 $\phi$ 1 1/4" 2 $\phi$ 1"	$\phi$ 5/8" c/14	rectangular
C13 (2)	40	70	2800	8 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C14-C15 (2)	40	30	1200	6 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C15A-C15B	40	30	1200	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C16	40	70	2800	6 $\phi$ 3/4"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
Nombre	Segundo Piso - Azotea					
	X	Y	Area (cm2)	Armadura	Ligadura	Sección
C1 (2)	40	70	2800	8 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C2 (3)	30	30	900	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C3	30	30	900	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C3A-C3B	30	30	900	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
-	30		-	-	-	circular
C4 (2)	40	70	2800	6 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C5 (2)	40	70	2800	14 $\phi$ 1 1/4"	$\phi$ 1/2" c/12	rectangular
C6 (3)	40	40	1600	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C7 (3)	40	40	1600	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C8 (2)	40	70	2800	10 $\phi$ 1 1/4" 8 $\phi$ 1"	$\phi$ 1/2" c/12	rectangular
C9 (2)	40	70	2800	14 $\phi$ 1 1/4"	$\phi$ 1/2" c/12	rectangular
C10 (3)	40	40	1600	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C11 (3)	40	40	1600	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C12 (2)	40	70	2800	10 $\phi$ 1 1/4" 8 $\phi$ 1"	$\phi$ 1/2" c/12	rectangular
C13(2)	40	70	2800	8 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular
C14-C15 (2)	40	30	1200	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C15A-C15B	40	30	1200	4 $\phi$ 5/8"	$\phi$ 1/4" c/25	rectangular
C16 (2)	40	70	2800	6 $\phi$ 1"	$\phi$ 3/8" c/25	rectangular

NOTA:

Columnas C3,C6,C7,C8,C9,C10,C11,C12 el  
f'c= 200 kg/cm<sup>2</sup>

Columnas C1,C2,C4,C5,C13,C14,C15,C16 el  
f'c= 150 kg/cm<sup>2</sup>

La Norma Venezolana 1753-2006 en su sección 10.7.3 .c establece que para estructuras con un nivel de diseño ND1, la cuantía geométrica debe tener valores entre 0,01 y 0,08.

Este valor de cuantía geométrica ( $\rho$ ) es una relación entre el área de las barras de acero longitudinal y el área neta de la sección de concreto, en las tablas a continuación, se marca con color azul aquellos valores que no se encuentran dentro del rango antes mencionado.

 Valores que no se encuentran dentro del Rango antes mencionado

**Tabla 4.2 Verificación de la cantidad de Acero en las Columnas**

Nombre	Planta Baja - Primer Piso					
	Numero de Barras	Diametro de Barras	Diametro de Barras (cm)	As (cm <sup>2</sup> )	Area Columna (cm <sup>2</sup> )	$\rho$ (%)
C1	6	1	2,54	30,40	2800	1,09
C2	8	1	2,54	40,54	900	4,50
C3	4	5/8	1,59	7,92	900	0,88
C3A-C3B	4	5/8	1,59	7,92	900	0,88
C3C	6	5/8	1,59	11,88	707	1,68
C4	6	3/4	1,91	17,10	2800	0,61
C5	20	1 1/4	3,18	158,35	2800	5,66
C6	8	1	2,54	40,54	1800	2,25
C7	12	1	2,54	60,80	1800	3,38
C8	20	1 1/4	3,18	168,48	2800	6,02
	2	1	2,54			

Nombre	Planta Baja - Primer Piso					
	Numero de Barras	Diametro de Barras	Diametro de Barras (cm)	As (cm2)	Area Columna (cm2)	p (%)
C9	20	1 1/4	3,18	158,35	2800	5,66
C10	8	1	2,54	40,54	1600	2,53
C11	10	1	2,54	50,67	1600	3,17
C12	20	1 1/4	3,18	168,48	2800	6,02
	2	1	2,54			
C13	6	1	2,54	30,40	2800	1,09
C14-C15	6	1	2,54	30,40	1200	2,53
C15A-C15B	4	5/8	1,59	7,92	1200	0,66
C16	6	3/4	1,91	17,10	2800	0,61
Nombre	Primer Piso - Segundo Piso					
	Numero de Barras	Diametro de Barras	Diametro de Barras (cm)	As (cm2)	Area Columna (cm2)	p (%)
C1	6	1	2,54	30,40	2800	1,09
C2	6	5/8	1,59	11,88	900	1,32
C3	4	5/8	1,59	7,92	900	0,88
C3A-C3B	4	5/8	1,59	7,92	900	0,88
C3C	6	1/2	1,27	7,60	707	1,08
C4	6	3/4	1,91	17,10	2800	0,61
C5	20	1 1/4	3,18	158,35	2800	5,66
C6	6	5/8	1,59	11,88	1600	0,74
C7	6	5/8	1,59	11,88	1600	0,74
C8	20	1 1/4	3,18	168,48	2800	6,02
	2	1	2,54			
C9	20	1 1/4	3,18	158,35	2800	5,66
C10	6	5/8	1,59	11,88	1600	0,74
C11	6	5/8	1,59	11,88	1600	0,74
C12	20	1 1/4	3,18	168,48	2800	6,02
	2	1	2,54			
C13	8	1	2,54	40,54	2800	1,45
C14-C15	6	5/8	1,59	11,88	1200	0,99
C15A-C15B	4	5/8	1,59	7,92	1200	0,66
C16	6	3/4	1,91	17,10	2800	0,61

Nombre	Segundo Piso - Azotea					
	Numero de Barras	Diametro de Barras	Diametro de Barras (cm)	As (cm2)	Area Columna (cm2)	p (%)
C1	6	1	2,54	30,40	2800	1,09
C2	4	5/8	1,59	7,92	900	0,88
C3	4	5/8	1,59	7,92	900	0,88
C3A-C3B	4	5/8	1,59	7,92	900	0,88
C3C	-	-	-	-	-	-
C4	6	1	2,54	30,40	2800	1,09
C5	14	1 1/4	3,18	110,84	2800	3,96
C6	4	5/8	1,59	7,92	1600	0,49
C7	4	5/8	1,59	7,92	1600	0,49
C8	10	1 1/4	3,18	119,71	2800	4,28
	8	1	2,54			
C9	14	1 1/4	3,18	110,84	2800	3,96
C10	4	5/8	1,59	7,92	1600	0,49
C11	4	5/8	1,59	7,92	1600	0,49
C12	10	1 1/4	3,18	119,71	2800	4,28
	8	1	2,54			
C13	8	1	2,54	40,54	2800	1,45
C14-C15	4	5/8	1,59	7,92	1200	0,66
C15A-C15B	4	5/8	1,59	7,92	1200	0,66
C16	6	1	2,54	30,40	2800	1,09

**Tabla 4.3 Distribución de Columnas por piso**

Planta Baja			Primer Piso			Segundo Piso		
Ubicación	Columna		Ubicación	Columna		Ubicación	Columna	
1	A	C4	1	A	C4	1	A	C4 (2)
	B	C2		B	C2 (2)		B	C2 (3)
	C	C3		C	C3		C	C3
	D	C1		D	C1		D	C1 (2)
2	A	C8	2	A	C8	2	A	C8 (2)
	B	C7		B	C7 (2)		B	C7 (3)
	C	C6		C	C6 (2)		C	C6 (3)
	D	C5		D	C5		D	C5 (2)
3	A	C12	3	A	C12	3	A	C12 (2)
	B	C11		B	C11 (2)		B	C11 (3)
	C	C10		C	C10 (2)		C	C10 (3)
	D	C9		D	C9		D	C9 (2)
4	A	C12	4	A	C12	4	A	C12 (2)
	B	C11		B	C11 (2)		B	C11 (3)
	C	C10		C	C10 (2)		C	C10 (3)
	D	C9		D	C9		D	C9 (2)
5	A	C12	5	A	C12	5	A	C12 (2)
	B	C11		B	C11 (2)		B	C11 (3)
	C	C10		C	C10 (2)		C	C10 (3)
	D	C9		D	C9		D	C9 (2)

Planta Baja			Primer Piso			Segundo Piso		
Ubicación	Columna		Ubicación	Columna		Ubicación	Columna	
6	A	C12	6	A	C12	6	A	C12 (2)
	B	C11		B	C11 (2)		B	C11 (3)
	C	C10		C	C10 (2)		C	C10 (3)
	D	C9		D	C9		D	C9 (2)
7	A	C12	7	A	C12	7	A	C12 (2)
	B	C11		B	C11 (2)		B	C11 (3)
	C	C10		C	C10 (2)		C	C10 (3)
	D	C9		D	C9		D	C9 (2)
8	A	C12	8	A	C12	8	A	C12 (2)
	B	C11		B	C11 (2)		B	C11 (3)
	C	C10		C	C10 (2)		C	C10 (3)
	D	C9		D	C9		D	C9 (2)
9	A	C12	9	A	C12	9	A	C12 (2)
	B	C11		B	C11 (2)		B	C11 (3)
	C	C10		C	C10 (2)		C	C10 (3)
	D	C9		D	C9		D	C9 (2)
10	A	C8	10	A	C8	10	A	C8 (2)
	B	C7		B	C7		B	C7 (3)
	C	C6		C	C6		C	C6 (3)
	D	C5		D	C5		D	C5 (2)
11	A	C16	11	A	C16	11	A	C16 (2)
	B	C15		B	C15 (2)		B	C15 (2)
	C	C14		C	C14 (2)		C	C14 (2)
	D	C13		D	C13 (2)		D	C13 (2)

#### IV.1.2 Vigas

**Tabla 4.4 Sección, dimensión y armado de cada tipo de viga presente en la estructura.**

TIPO	Nombre de la viga	Sección	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	AREA DE ACERO (cm <sup>2</sup> )						
						ARRIBA			ABAJO			TOTAL (CM <sup>2</sup> )
						IZQ	MED	DER	IZQ	MED	DER	
1	1V1, 2V1	Rectangular	35	24	840	6,03	3,81	7,94	3,81	6,03	6,35	33,97
2	1V1, 2V1	Rectangular				7,94	6,99	6,99	6,35	4,45	5,08	37,78
3	1V1, 2V1	Rectangular				6,99	6,35	6,99	5,08	4,45	5,08	34,93
4	3V1,3V2	Rectangular	25	50	1250	5,08	3,18	8,57	3,81	5,72	8,57	34,93
5	3V1,3V2	Rectangular				8,57	3,18	6,35	8,57	4,76	6,35	37,78
6	3V1,3V2	Rectangular				6,35	3,18	6,35	6,35	4,76	6,35	33,34
7	1V2, 2V2	Rectangular	35	24	840	8,57	6,35	10,16	2,54	4,76	5,08	37,47
8	1V2, 2V2	Rectangular				10,16	5,72	8,89	5,08	4,13	5,08	39,05
9	1V2, 2V2	Rectangular				8,89	5,72	8,89	5,08	4,13	5,08	37,78
10	1V2, 2V2	Rectangular				8,89	5,72	8,89	5,08	4,13	5,08	37,78
11	1V2A, 2V2A,3V2A	Rectangular	40	19	760	2,54	5,72	3,81	3,18	3,18	3,18	21,59
12	1V2A, 2V2A,3V2A	Rectangular				3,81	2,54	3,49	3,18	2,54	2,54	18,10
13	1V2A, 2V2A,3V2A	Rectangular				3,49	2,54	3,49	2,54	2,54	2,54	17,15
14	1V3, 2V3	Rectangular	35	30	1050	4,76	3,18	6,35	3,18	4,76	5,72	27,94
15	1V3, 2V3	Rectangular				6,35	2,54	5,72	5,72	4,13	5,08	29,53
16	1V3, 2V3	Rectangular				5,72	2,54	5,72	5,08	4,13	5,08	28,26
17	3V3	Rectangular	25	30	750	4,13	2,54	5,72	2,54	4,13	4,45	23,50
18	3V3	Rectangular				5,72	1,91	5,08	4,45	3,49	3,81	24,45
19	3V3	Rectangular				5,08	1,91	5,08	3,81	3,49	3,81	23,18
20	1V3A	Rectangular	35	54	1890	13,34	13,34	13,34	17,78	17,78	18,10	93,66
21	1V3A	Rectangular				13,34	4,45	5,72	18,10	4,13	5,08	50,80
22	1V3A	Rectangular				5,72	5,08	5,72	5,08	4,13	5,08	30,80
23	2V3A	Rectangular	35	54	1890	6,67	6,67	13,34	11,11	11,11	13,02	61,91
24	2V3A	Rectangular				13,34	6,67	5,72	13,02	4,13	5,08	47,94
25	2V3A	Rectangular				5,72	2,54	5,72	5,08	4,13	5,08	28,26
26	1V3B, 2V3B	Rectangular	45	30	1350	3,18	3,18	3,18	8,89	11,11	8,89	38,42

TIPO	Nombre de la viga	Sección	Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	AREA DE ACERO (cm <sup>2</sup> )						
						ARRIBA			ABAJO			TOTAL (CM2)
						IZQ	MED	DER	IZQ	MED	DER	
27	1V4, 2V4	Rectangular	85	40	3400	19,69	3,81	25,40	19,05	25,40	19,05	112,40
28	1V4, 2V4	Rectangular				25,40	19,05	25,40	19,05	31,75	19,05	139,70
29	1V4, 2V4	Rectangular				25,40	3,81	19,69	19,05	25,40	19,05	112,40
30	3V4	Rectangular	75	40	3000	8,26	3,18	22,86	17,78	20,32	15,88	88,27
31	3V4	Rectangular				22,86	15,24	22,86	15,88	3,18	15,88	95,89
32	3V4	Rectangular				22,86	3,18	8,26	12,70	20,32	17,78	85,09
33	1V6,2V6	Rectangular	90	30	2700	3,18	3,18	3,18	5,72	5,72	5,72	26,67
34	1V6,2V6	Rectangular				3,18	17,78	20,32	5,72	5,72	11,43	64,14
35	1V6,2V6	Rectangular				20,32	3,18	6,99	11,43	16,51	13,97	72,39
36	3V6	Rectangular	70	30	2100	6,35	2,54	10,16	9,21	11,75	10,48	50,48
37	3V6	Rectangular				10,16	7,62	10,16	10,48	3,81	10,48	52,71
38	3V6	Rectangular				10,16	2,54	6,35	10,48	11,75	9,21	50,48
39	1V6A	Rectangular	90	40	3600	3,18	3,18	3,18	5,72	5,72	5,72	26,67
40	1V6A	Rectangular				3,18	10,16	22,23	5,72	5,72	18,42	65,41
41	1V6A	Rectangular				22,23	3,18	10,80	18,42	17,78	15,24	87,63
42	1V6B, 2V6B	Rectangular	50	40	2000	6,99	3,18	6,99	5,72	9,53	5,72	38,10
43	1V6C, 2V6C	Rectangular	50	30	1500	6,99	3,18	6,99	5,72	9,53	5,72	38,10
44	3V7	Rectangular	70	40	2800	6,35	2,54	10,16	11,75	11,75	6,67	49,21
45	3V7	Rectangular				10,16	7,62	10,16	3,81	3,81	3,81	39,37
46	3V7	Rectangular				10,16	2,54	6,35	6,67	11,75	11,75	49,21
47	1V8	Rectangular	84	40	3360	3,18	3,18	3,18	4,76	4,76	4,76	23,81
48	1V9	Rectangular	30	30	900	3,49	2,54	3,49	1,91	2,86	1,91	16,19

## IV.2 Ensayos no destructivos a las columnas y vigas de la estructura

Se realizaron ensayos no destructivos del tipo de ultrasonido, para esto se usó el Ferroskan FS10 en el modo de detección rápida, donde se logró observar el número de cabillas, la distancia entre los refuerzos, el recubrimiento de concreto, y el diámetro de las barras. Estos ensayos fueron realizados en un determinado

grupo de vigas y columnas para así comparar los datos proporcionados mediante el ensayo con los obtenidos en los planos y memorias descriptivas

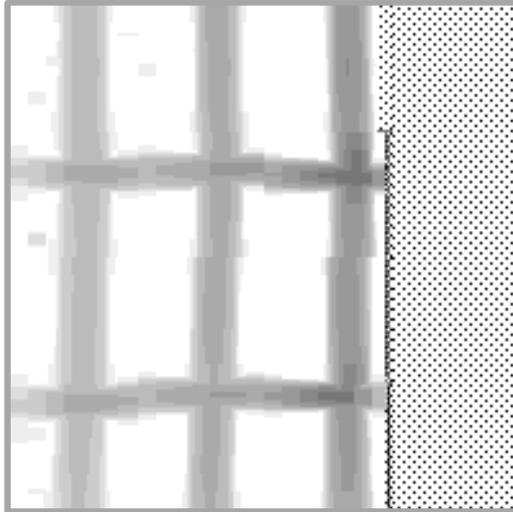
Antes de realizar los ensayos se llevó a cabo una inspección visual para elegir el número de vigas y columnas que tuvieran expuesta por lo menos dos caras y así poder realizar los ensayos y obtener un óptimo resultado. Una vez realizada dicha inspección se observó que solo se podía ver 1 viga (en sus 3 Tramos) y 7 columnas.

Para llevar a cabo los ensayos se contó con el apoyo del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), ya que los mismos contaban con el equipo necesario, en esta ocasión el Ferroskan FS10, y el personal capacitado para realizar los mismos, como se muestra en las imágenes 4.4, 4.5, 4.6, y 4.7.

El resto de la información de los elementos levantados, ubicación, fotos y demás características se encuentran en los Anexos A, al final del Trabajo Especial de Grado.



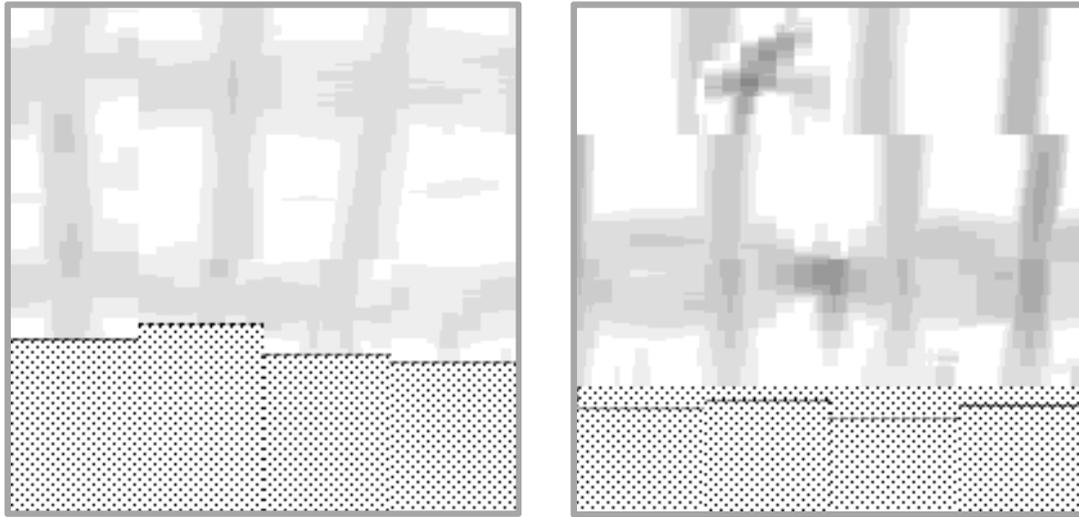
**Imagen 4.4. Obtención de Radiografías de la Columna C13**



**Imagen 4.5. Radiografías de la Columna C13**



**Imagen 4.6 Obtención de Radiografías de la Viga del 3er Tramo de la Viga 1V4**



**Imagen 4.7. Radiografías del 3er Tramo de la Viga 1V4**

**Tabla 4.5. Tabla Comparativa entre separación de Estribos y Recubrimiento de las Columnas según la información de los planos originales y los obtenidos en el ensayo.**

Elemento		Armado	Separación de estribos		Recubrimiento
Tipo	Ubicación	Condición	Por plano (cm)	Ferroskan (cm)	Recubrimiento aproximado (cm)
C12	PB	Parece no cumplir con el armado sin embargo no se puede asegurar debido a que la imagen está cortada	15	Cumple	5
C13	PB	Se observa que la columna cumple con el armado presentado en los planos	25	30 (No Cumple)	2.5-5
C9	PB	Se observa que la columna cumple con el armado presentado en los planos	14	Cumple	2.5-5
C4	PB	Se observa que la columna cumple con el armado presentado en los planos	25	30 (No Cumple)	2.5-5

Elemento		Armado	Separación de estribos		Recubrimiento
Tipo	Ubicación	Condición	Por plano (cm)	Ferroscañ (cm)	Recubrimiento aproximado (cm)
C10	PB	Parece tener el armado de los planos sin embargo no se puede asegurar debido a que los bordes de la imagen esta borrosa.	25	30 (No Cumple)	No se puede determinar
1V4	PB	Parece no tener el armado de los planos sin embargo no se puede asegurar debido a que la imagen esta borrosa.	20	Cumple	No se puede determinar
1V4	PB	Parece tener el armado de los planos sin embargo no se puede asegurar debido a que los bordes de la imagen están cortados.	20	Cumple	No se puede determinar
1V4	PB	Parece tener el armado de los planos sin embargo no se puede asegurar debido a que los bordes de la imagen están cortados.	20	Cumple	No se puede determinar

Nota: Para la Viga 1V4 se asume que el armado es el que se encuentra en los planos originales ya que si se observa la imagen detenidamente, se puede notar dos filas en la parte inferior de 4 cabillas. Esto no puede ser comprobado con la imagen de la otra cara ya que la misma está cortada.

Los resultados arrojados por este ensayo dejan ver que con respecto al acero longitudinal en las columnas, de las 5 ensayadas solo la columna C12 no cumple con el armado que corresponde a los planos originales, en lo que se refiere a las vigas solo se pudo evaluar una en sus 3 tramos los cuales presentan diferentes armados, observando que uno de estos tramos no cumple con el

armado indicado en los planos originales. Es importante destacar que aun cuando el ensayo en campo con el Ferroskan no tuvo ninguna dificultad, cuando se obtuvieron las imágenes no salieron tan bien como se esperaba, y que los diámetros de las cabillas presentes en los elementos estructurales ensayados, no pudieron ser medidos, debido a que el Ferroskan se encontraba descalibrado.

Con respecto al refuerzo transversal presentes en las columnas se observa que solo dos de las cinco estudiadas cumple con las especificaciones de los planos originales de la edificación, también se puede notar que en la norma. Mientras que en el análisis realizado a la viga las separaciones cumplen en los tres tramos analizados con los encontrados en los planos originales.

### **IV.3 Estado Actual de la Edificación**

Para la determinación del estado actual de la edificación, se procedió a realizar una inspección visual de la misma, donde se evaluaron los diferentes daños presentes en los distintos elementos estructurales. Para lograr dicho fin se elaboró una planilla de daños basada en diferentes Trabajos Especiales de Grado, de la misma línea de Investigación. Para respaldar dicha información se tomaron una serie de fotos que mostrarán los daños presentes en la estructura los cuales se encuentran en dichas planillas- Los daños observados fueron: la presencia de humedad, la falla de recubrimiento en las barras de acero, la corrosión del acero de refuerzo, las grietas en los elementos, el desprendimiento o fisura de mosaicos y la presencia de Capa Vegetal. En la Tabla 4.6 se observa una referencia con números de la magnitud de los diferentes daños

**Tabla 4.6. Escala de Daños Utilizada**

Tipo de Daño	Escala de Daños				
	1	2	3	4	5
<b>Humedad</b>	Presencia de Humedad en menos del 10% del elemento	Presencia de Humedad entre el 10% al 25% del elemento	Presencia de Humedad entre el 25% al 50% del elemento	Presencia de Humedad entre el 50% y 75% del elemento	Presencia de Humedad entre el 75% al 100% del elemento
<b>Recubrimiento</b>	Menos de 10 cm de acero sin recubrimiento en todo el elemento	Menos de 10 cm a 30cm de acero sin recubrimiento en todo el elemento	Menos de 30 cm a 50 cm de acero sin recubrimiento en todo el elemento	Menos de 50 cm a 80 cm de acero sin recubrimiento en todo el elemento	Más de 80 cm de acero sin recubrimiento en todo el elemento
<b>Corrosión</b>	Acero sin Recubrimiento con muy poca corrosión	Acero sin Recubrimiento con corrosión poco apreciable	Acero sin Recubrimiento totalmente corroído en la zona expuesta	Acero corroído en el interior del elemento, pequeñas grietas en el concreto que se encuentra alrededor de la barra	Acero Corroído en el interior del elementos grandes grietas en el concreto que se encuentra alrededor de la barra
<b>Grietas</b>	Presencia de Grietas en menos del 10% del elemento	Presencia de Grietas entre el 10% al 25% del elemento	Presencia de Grietas entre el 25% al 50% del elemento	Presencia de Grietas entre el 50% y 75% del elemento	Presencia de Grietas entre el 75% al 100% del elemento
<b>Des. y/o fisura de mosaico</b>	Se observan áreas con mosaicos desprendidos en menos del 10% de la superficie	Se observan áreas con mosaicos desprendidos en menos del 10% al 25% de la superficie	Se observan áreas con mosaicos desprendidos en menos del 25% al 50% de la superficie	Se observan áreas con mosaicos desprendidos en menos del 50% al 75% de la superficie	Se observan áreas con mosaicos desprendidos en más del 75% de la superficie
<b>Capa Vegetal</b>	Presencia de por lo menos 2 plantas no mayor a 5 cm de altura	Presencia de por lo menos 5 plantas no mayor a 5 cm de altura	Presencia de 3 ó más plantas entre 5 a 10 cm de altura	Presencia de 5 plantas entre 3 a 10 cm de altura	Presencia de plantas de más de 10 cm de altura

A continuación se presenta una muestra de las planillas de inspección de daños, que contienen las imágenes enumeradas que respaldan los mismos, y más adelante en las imágenes 4.8, 4.9 y 4.10 se presentan los diferentes planos de planta de cada nivel que corresponden a los diferentes daños. El resto de las planillas de daños se encuentran en los Anexos B al final del Trabajo Especial de Grado.

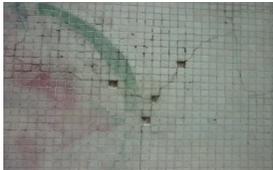
**Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales**

**Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas**

N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
1	2	Pared	7-8	D	Parte Inferior	Humedad	X	4		
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
						Capa Vegetal				
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
2	PB	Columna	9	A	Parte Inferior	Humedad	X	4		
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
						Capa Vegetal				
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
3	PB	Ventana	8-9	A	Parte Inferior	Humedad	X	3		
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
						Capa Vegetal				

**Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales**

**Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas**

N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo	Nivel			
4	PB	Pared	11	A-B	Parte Inferior	Humedad				Pintura sobre los mosaicos, para tapar grafiti realizado en el edificio.
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	5		
						Des. y/o fisura de mosaico	X	3		
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo	Nivel			
5	PB	Pared	11	A-B	Parte Inferior	Humedad				Pintura sobre los mosaicos, para tapar grafiti realizado en el edificio.
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	5		
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo	Nivel			
6	PB	Pared	11	A-B	Parte Inferior	Humedad				Pintura sobre los mosaicos, para tapar grafiti realizado en el edificio.
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	5		
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										

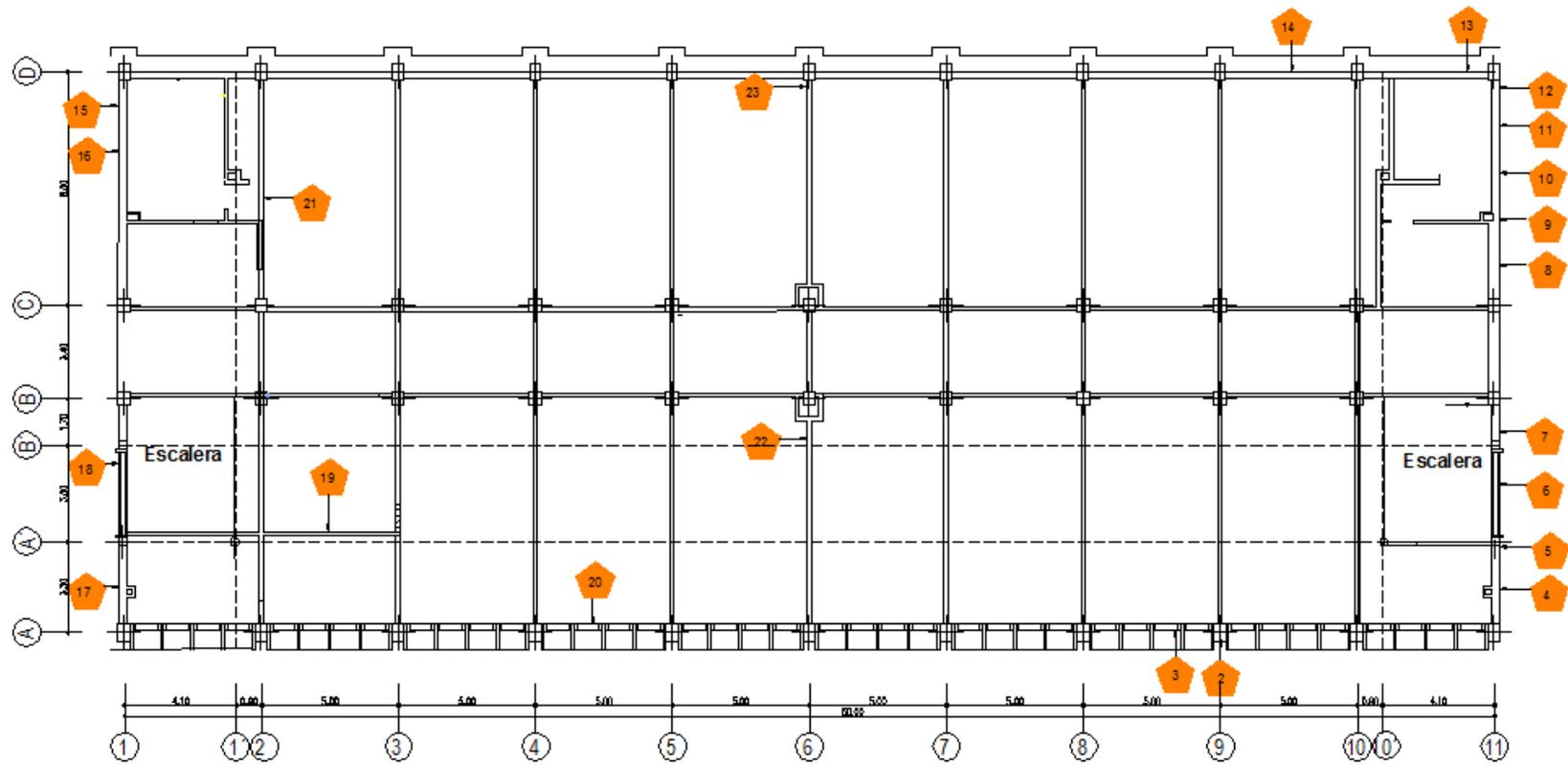


Imagen 4.8 Plano de Daños Planta Baja

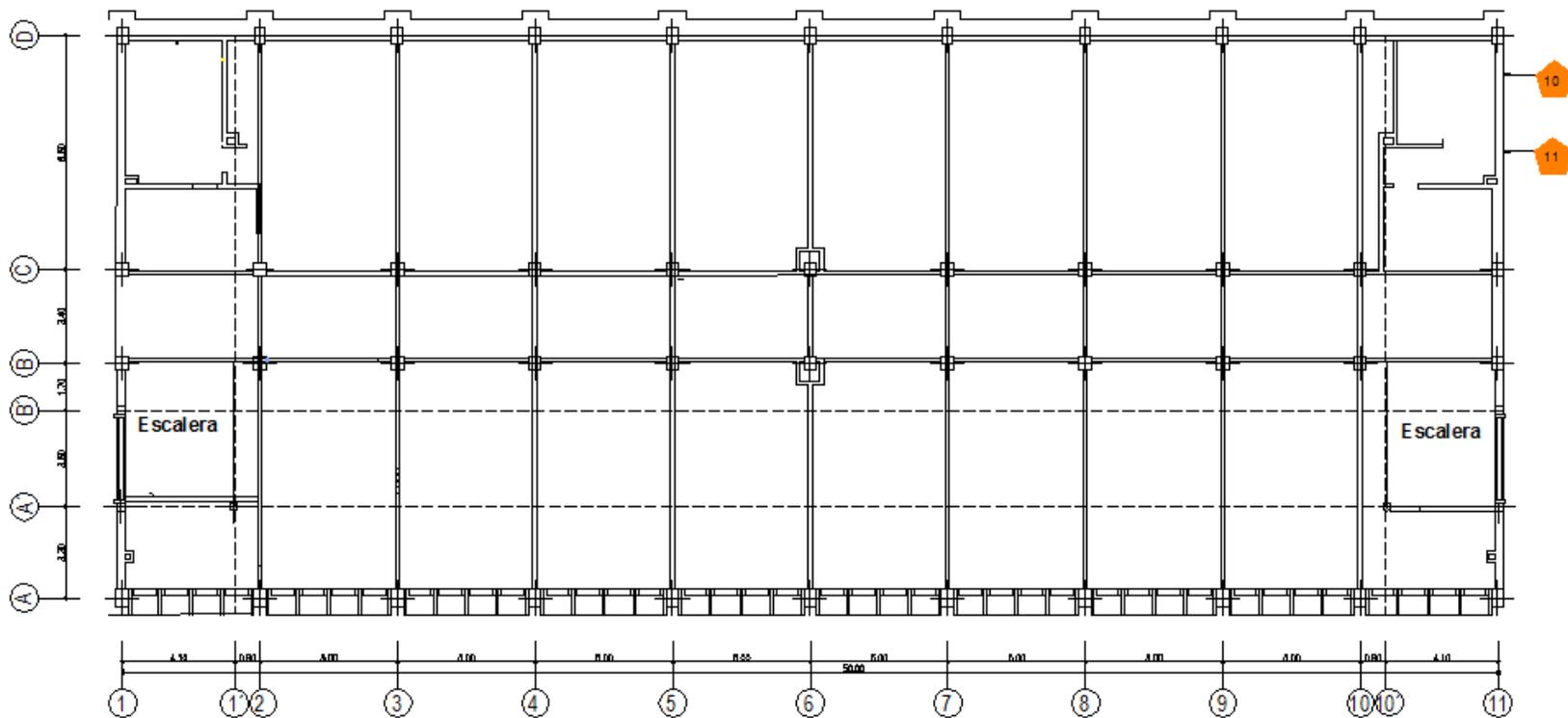


Imagen 4.9 Plano de Daños Piso 1

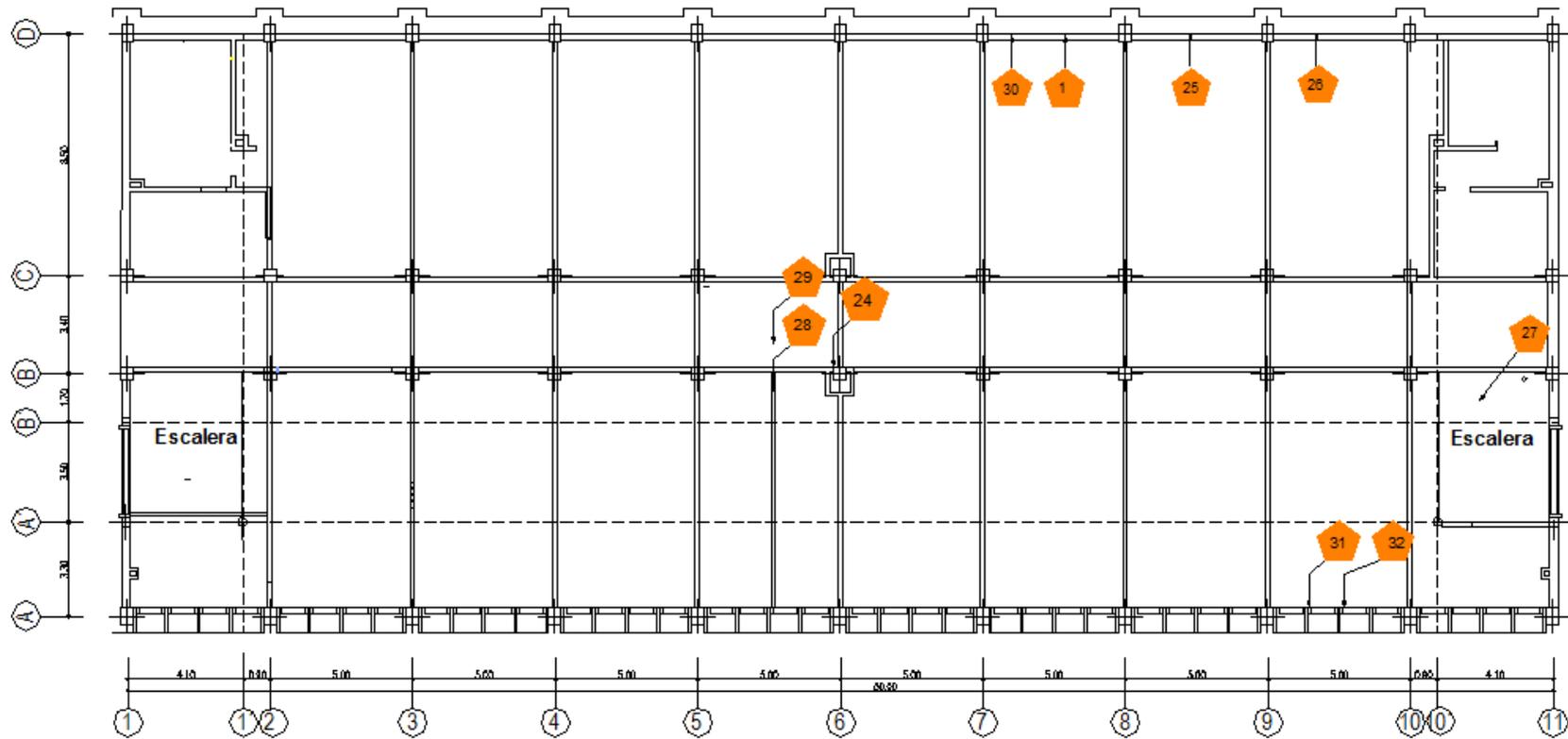


Imagen 4.10 Plano de Daños Piso 2

Se observó que la edificación en general se encuentra en buen estado, tomando en cuenta su vida de uso, la mayoría de los problemas de deterioro vienen dado por grietas o por humedad y están en la fachada de la edificación y fuera de elementos estructurales como lo son vigas y columnas.

Se verificó que el drenaje de aguas de lluvia de la azotea no funciona correctamente lo que hace que la losa se inunde al momento de una lluvia en gran parte de su área, esto a su vez, ocasiona que la losa presente humedad en ciertos lugares a pesar de la presencia de impermeabilización. También se observó la presencia de humedad en paredes internas de la edificación, sobre todo en aquellas que poseían aires acondicionados- Con respecto a las paredes exteriores la fachada este y la oeste, se encuentran deterioradas en aproximadamente un 90 % con presencia de grietas y desprendimiento de mosaicos, en lo que se refiere a las Fachadas Norte y Sur, poseían gran cantidad de aires acondicionados, así como vidrios rotos a lo largo del 80% de las ventanas, sin embargo no se encontró nada grave desde el punto de vista estructural.

#### **IV.4 Inspección del uso actual de cada una de las áreas del edificio conforme al cual fue diseñado.**

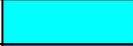
Se realizó una inspección visual de los diferentes usos que posee actualmente el edificio, para así poder asignarle las diferentes cargas vivas que corresponde a cada una de las zonas de la edificación, y así poder registrar las variaciones de uso que ha tenido el edificio desde que fue construido.

En las Imágenes 4.11, 4.12 Y 4.13 se observan los diferentes planos donde se establece cada uno de los usos que poseen las diferentes zonas de la

edificación, en cada uno de sus niveles, para hacer cada uno de los planos se realizo la tabla 4.7 donde se le asigno un color a cada uno de los usos existentes.

El edificio posee actualmente nuevas divisiones hechas con paredes de bloques y tabiquería (tabiquería liviana), así como modificaciones en las piezas sanitarias teniendo más o menos de las que indican los planos originales, estos cambios no se encuentran reflejados en ninguno de los planos que fueron proporcionados.

**Tabla 4.7 Leyenda de los Planos (Significado de cada uno de los colores según el uso)**

<b>Pasillo</b>	
<b>Laboratorio</b>	
<b>Biblioteca</b>	
<b>Oficinas</b>	
<b>Sala de Computación</b>	
<b>Baños</b>	
<b>Escalera</b>	
<b>CEEIE</b>	
<b>Salones</b>	
<b>Sala de Post-Grado</b>	

### Ubicación de cada una de las áreas en cada piso

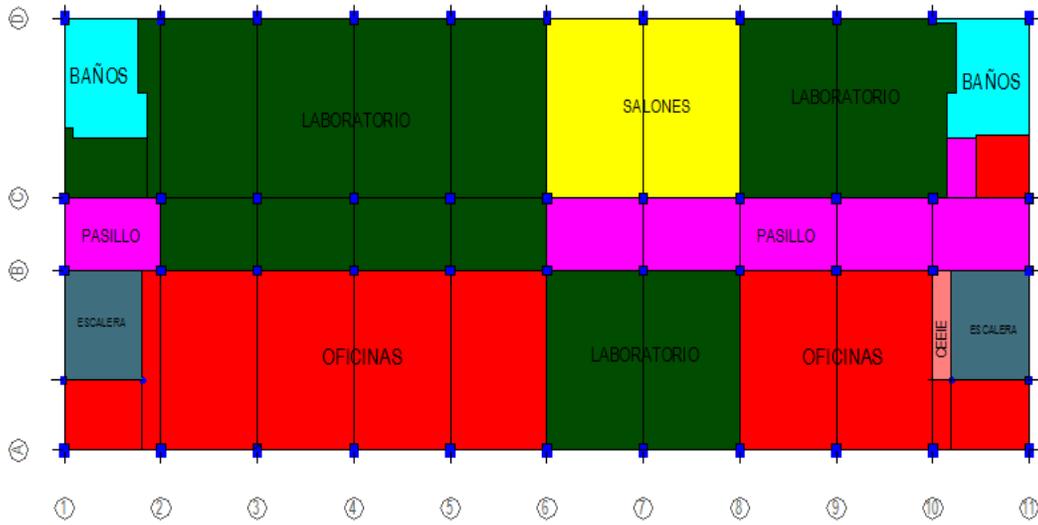


Imagen 4.11. Plano de Usos Planta Baja

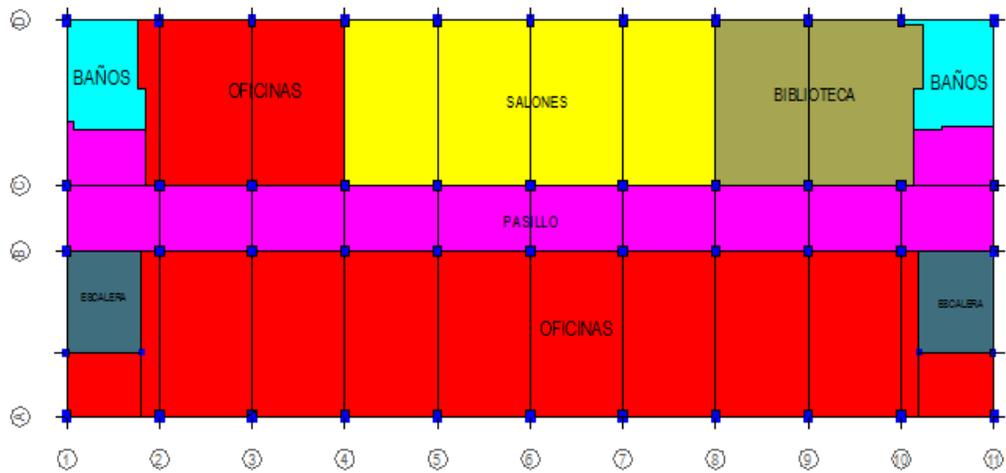
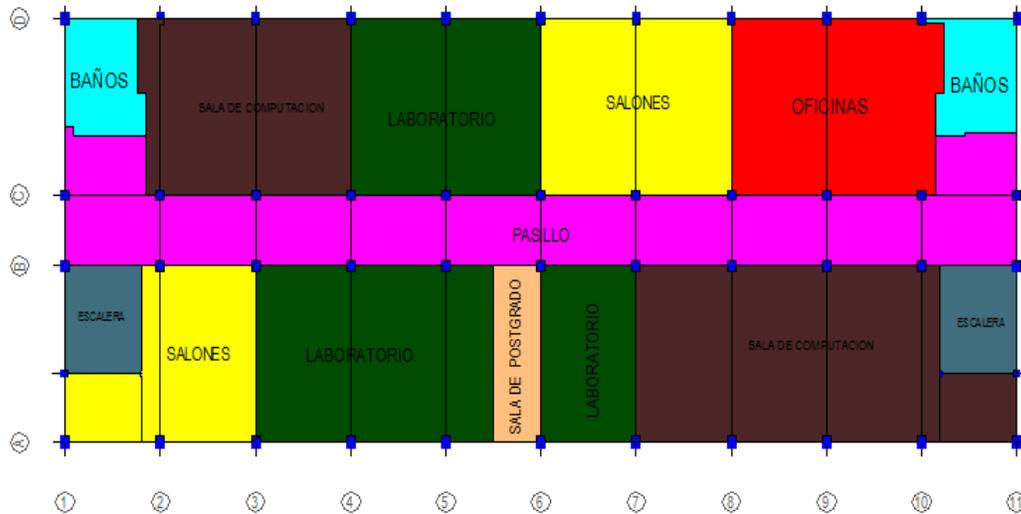


Imagen 4.12. Plano de Usos Piso 1



**Imagen 4.13. Plano de Usos Piso 2**

Según revisión previa de las memorias de cálculo, se observó que para el cálculo del edificio las cargas utilizadas eran las que correspondían a la normativa MOP vigente para la época de la construcción del mismo.

En el edificio existen nuevas paredes divisorias que no se contemplan en el plano original de éste, así como cambios en los usos de los diferentes ambientes para los cuales fue construido el mismo.

Existe cierta curiosidad sobre la distribución original del edificio, ya que como se pudo observar este edificio es uno de los mas atípicos que existen en todo el conjunto realizado por Villanueva, ya que mientras los demás tienen hasta 40 planos de detalles, éste solo posee como mucho 10 planos, de los cuales ninguno contempla los usos originales para los que fue construido el mismo. Para buscar dicha información nos basamos en los planos digitales proporcionados por el Profesor Pedro Pinto, Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y los

facilitados por el COPRED, los cuales resultaron ser diferentes, por lo que la información sobre los usos originales no es totalmente confiable, así que nos basamos en los planos de fecha más antigua suponiendo que los mismo son los que más se asemejan a los usos originales.

## **CAPÍTULO V**

### **Recálculo de la Estructura**

#### **V.1 Protocolo de Recálculo**

El recálculo de la edificación consistió en la obtención del acero de refuerzo requerido en los elementos estructurales, tomando la topología y la geometría encontrada en la información planimétrica recopilada, mediante modelos analizados con el uso de un programa de análisis estructural. Adicionalmente se obtuvieron diferentes parámetros del análisis dinámico, como lo son el periodo de la estructura, los desplazamientos, la deriva, los modos de vibración, la cortante basal entre otros.

Para realizar dicho recálculo se uso el programa ETABS adecuando los valores obtenidos mediante el programa a las normas Venezolanas vigentes

#### **V1.1 Normas**

Para realizar el protocolo de Recálculo se procedió a realizar el análisis estructural de la edificación, el cual estuvo basado en los lineamientos y criterios que se abarcan en las normas vigentes, tanto venezolanas como internacionales, entre estas normas encontramos:

- Norma Venezolana 1753-2006. "Proyecto y Construcción de Obras de Concreto Estructural"

- Normas COVENIN 2002-1988. “Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones”
- Normas COVENIN 1756-2001. “Edificaciones Sismorresistentes”
- Norma Americana ACI 318-2005 “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural”

### **V.1.2 Calidad de los Materiales**

La información encontrada en las memorias de cálculo, y en los planos originales del proyecto, muestran que el edificio presenta diferentes tipos de concreto para algunos elementos estructurales, siendo usado en su mayoría una resistencia del concreto ( $f'c$ ) de 150 Kg/cm<sup>2</sup>, y para algunos elementos estructurales en particular de 200 Kg/cm<sup>2</sup>, ya que según decían los planos y las memorias se tuvo que cambiar la resistencia de ciertos elementos estructurales para que soportaran sin problemas la carga actuante en los mismo, estos valores no pudieron ser comprobado debido a la condición de Patrimonio de la Humanidad de la CUC, que condiciona la realización de ensayos destructivos en sus estructuras.

En lo que corresponde al acero de refuerzo en la edificación, luego de ser revisados los archivos que se poseían sobre el edificio no indicaban el valor del acero utilizado por lo que utilizamos como referencia los diferentes trabajos de grado que seguían la misma línea de investigación, donde indicaban que para esa época el acero utilizado poseía una tensión admisible ( $f_s$ ) de 1400 Kg/cm<sup>2</sup>. Para efectos del recálculo de la estructura se requirió la tensión cedente ( $f_y$ ) del acero que según la Teoría Clásica, es el doble de la  $f_s$ , por lo que se utilizó 2800 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **V.1.3 Métodos de Análisis Estructural**

La norma COVENIN 1756-2001, en su Capítulo 9, artículo 9.1 establece que cada edificación deberá ser analizada tomando en consideración los efectos traslacionales y torsionales, por uno de los métodos descritos en ese Capítulo.

En el Capítulo 9, apartado 9.2, se presentan una serie de tablas para los análisis mínimos que se deben realizar para cada edificación, en la tabla 9.1 de dicho Capítulo se establece que para estructuras regulares de menos de 10 pisos ó 30 metros de altura, debe realizarse por lo menos un análisis estático, en el cual los efectos traslacionales serán determinado con el Método Estático Equivalente, explicado en el Artículo 9.3 de la misma norma, y los efectos torsionales con el Método de la Torsión Estática, explicado en el artículo 9.5. Sin embargo este mismo apartado (9.2) permite que los métodos antes nombrados puedan ser sustituidos por métodos más refinados según orden dado en el artículo 9.1 de la norma.

Por lo que basados en la consideración nombrada anteriormente, se sustituyó el Análisis Estático para el caso de sismo, por el Análisis Dinámico Espacial, el cual calcula los efectos traslacionales y los efectos torsionales mediante el Método de Superposición Modal con Tres Grados de Libertad por nivel, explicado en el artículo 9.6 de la misma norma.

### **V.1.4 Sistema Estructural**

La estructura en estudio es un conjunto o sistema compuesto por vigas y columnas que forman pórticos en dos direcciones, uno de estos sistemas de pórticos está conformado por vigas planas (dirección este-oeste). La norma para

Edificaciones Sismorresistentes (COVENIN 1756-2001) establece que por ser una edificación aporticada capaz de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante sus columnas y vigas, se considera que la estructura en estudio es una estructura de Tipo I.

### V.1.5 Cargas Consideradas

Las cargas actuantes sobre la estructura, se determinaron según las consideraciones o lineamientos establecidos en la Norma COVENIN 2002-1988, para los siguientes casos:

#### V.1.5.1 Cargas Permanentes (CP)

Son las que actúan continuamente sobre la edificación. En esta se incluyen los pesos propios de los elementos estructurales (vigas, columnas y losas) y de los no estructurales tales como tabiquería, acabados, recubrimientos, etc. La determinación de estas acciones se hizo en base al Capítulo 4 de la norma mencionada anteriormente.

**Tabla 5.1 Cargas distribuidas Permanentemente**

Cargas Distribuidas Permanentemente	
Elemento Constructivo	Peso Unitario (kg/m <sup>2</sup> )
Tabiquería y paredes de mampostería con bloques de arcilla de 20 cm de espesor frisado por ambas caras	330
Friso parte inferior de la losa	22
Porcelana sobre base de 1,5 cm	40
<b>TOTAL</b>	<b>392</b>

**Nota:** Se colocó un total de carga permanente de 392 Kg/m<sup>2</sup> y para el techo 160 Kg/m<sup>2</sup>

### V.1.5.2 Cargas Variables (CV)

Las cargas variables se determinaron para cada ambiente de la edificación de acuerdo a su uso actual, de acuerdo con la tabla 5.1 de la norma mencionada anteriormente.

**Tabla 5.2 Cargas distribuidas Permanentemente**

<b>Cargas Distribuidas Variable sobre entrepiso</b>	
<b><i>Uso de la Edificación: Edificios Educativos (Escuelas, liceos, universidades, institutos técnicos y similares)</i></b>	
<b>Ambiente</b>	<b>Carga (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Áreas Públicas (pasillos, comedores, vestuarios, salas de estar).	400
Áreas Privadas (aulas, laboratorios servicios y mantenimiento)	300
Azoteas o Terrazas	100
Bibliotecas, Archivos y similares (sala de lectura)	300
Bibliotecas, Archivos y similares (estanterías sobre rieles)	1100
Escaleras y Escaleras de Escape	500

### V.1.5.3 Cargas Accidentales (S)

La acción debida al sismo se consideró según lo establecido en el capítulo 7 de la norma COVENIN 1756-2001

## **V.1.6 Espectro de Diseño**

### **V.1.6.1 Características y Factores de la Zona**

La tabla de Zonificación Sísmica de la Norma COVENIN 1756-2001, establece que todo el Distrito Capital se encuentra en una zona sísmica tipo 5, considerada, por la misma norma como una zona de elevado peligro Sísmico, con un coeficiente de aceleración horizontal ( $A_0$ ) de  $0,30 \text{ m/seg}^2$ .

Según lo establecido en estudios previos, la CUC está localizada en una zona de suelos firmes y densos, por lo que según la tabla 5.1 de la norma mencionada anteriormente, el suelo sobre el cual se construyó la edificación tiene una forma espectral S2, y un factor de corrección de la aceleración horizontal ( $\varphi$ ) de  $0,95 \text{ m/seg}^2$ .

Por otro lado por ser la edificación en estudio una estructura de Tipo educacional, la misma forma parte de los edificios del Grupo A de la Clasificación de Edificaciones según el uso, establecido en la norma antes mencionada, y observando la tabla 6.1, le corresponde un factor de importancia ( $\alpha$ ) de 1,30.

### **V.1.6.2 Nivel de Diseño**

El nivel de diseño de la estructura se estableció según los comentarios de la norma COVENIN 1756-2001, donde se plantean que para edificaciones de concreto armado diseñadas y construidas según las normativas vigentes en Venezuela antes de 1955, el nivel de diseño para edificaciones de mampostería

confinada por miembros estructurales como es el caso del edificio en estudio, es ND1.

TABLA C-12.1  
ORIENTACION PARA LA SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE DISEÑO PRESENTES

DESCRIPCION DEL SISTEMA RESISTENTE A SISMOS	NIVELES DE DISEÑO PRESENTES EN OBRAS CONSTRUIDAS EN ZONAS SISMICAS, EN EL LAPSO SEÑALADO			
	Hasta 1955	1955-1967	1967-1982	>1982
Estructuras aporricadas de concreto armado de más de 3 a 4 pisos	ND1	ND1	ND2	ND3
Estructuras de mampostería confinada con miembros de concreto armado	ND1	ND1	(1)	(1)

**Imagen 5.1. Tabla C.12.1 para la selección de los niveles de diseño**

*Fuente: Tomado de los Comentarios de la Norma COVENIN 1756-2001*

#### V.1.6.2 Factor de Reducción de Respuesta

Por ser un sistema estructural Tipo I y considerando el nivel de diseño seleccionado de los comentarios de la norma COVENIN 1756-2001, la misma establece en su tabla 6.4 que para estas características el factor de respuesta correspondiente es de dos (2).

FACTORES DE REDUCCION R

Nivel de Diseño	ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO				
	TIPO DE ESTRUCTURA (SECCIÓN 6.3.1)				
	I	II	III	IIIa	IV
ND3	6.0	5.0	4.5	5.0	2.0
ND2	4.0	3.5	3.0	3.5	1.5
ND1	2.0	1.75	1.5	2.0	1.25

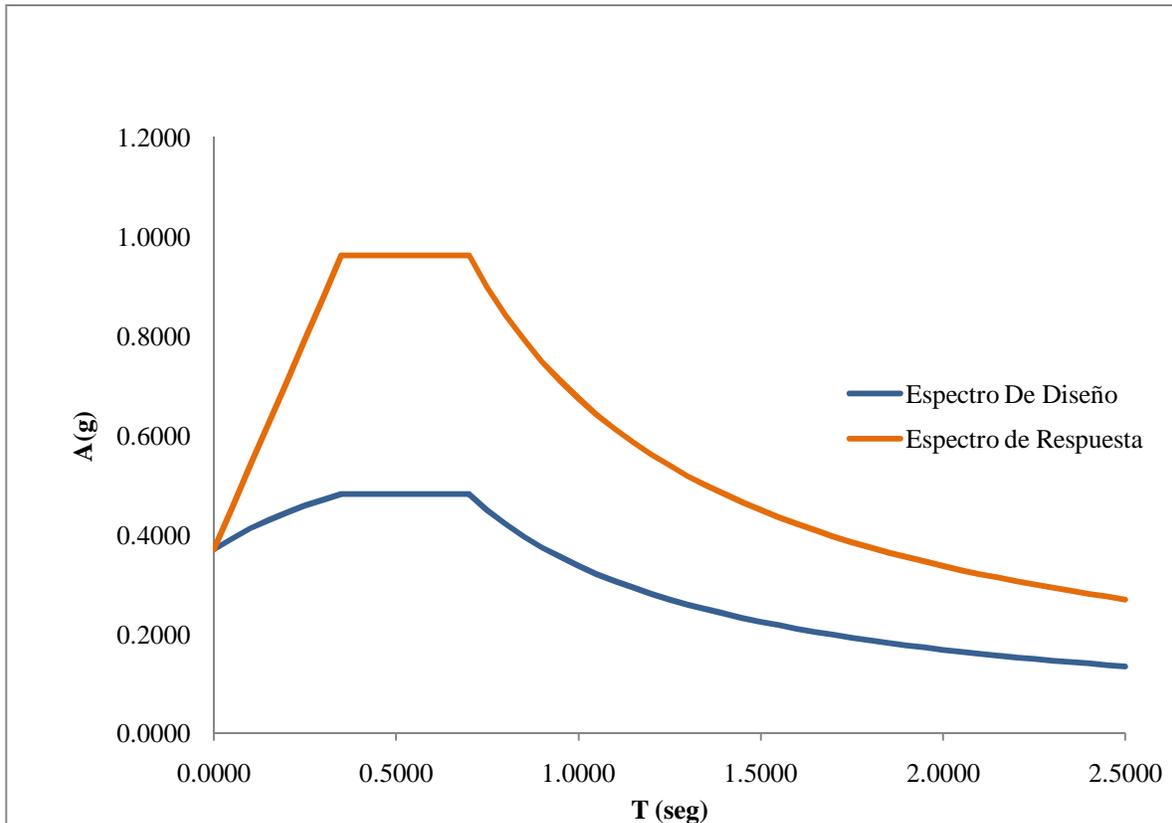
**Imagen 5.2. Tabla 6.4 Factores de Reducción. Norma COVENIN 1756-2001**

*Fuente: Tomado de los Comentarios de la Norma COVENIN 1756-2001*

Con los valores obtenidos anteriormente y los lineamientos establecidos en el Capítulo 7 de la Norma COVENIN 1756-2001, se construyó el espectro de diseño y de respuesta de la edificación en estudio. A continuación se muestra en la tabla 5.3 un resumen de los datos y valores empleados, Y en la imagen 5.3 se puede observar el espectro de diseño y el de respuesta utilizados.

**Tabla 5.3 Datos utilizados para el Cálculo del Espectro de Diseño**

Datos y Valores Empleados		Valores	Referencia COVENIN 1756-2001
Sistema Estructural		Tipo I	Artículo 6.3.1
Características de la Zona	Zona Sísmica	5	Tabla 4.1
	Aceleración Horizontal ( <b>A<sub>o</sub></b> )	0,30	Tabla 4.1
	Forma Espectral	S2	tabla 5.1
	Factor de Corrección de A <sub>o</sub> ( <b>φ</b> )	0,95	tabla 5.1
	Clasificación Según Uso	Grupo A	Artículo 6.1.1
	Factor de Importancia ( <b>α</b> )	1,3	Tabla 6.1
Nivel de Diseño		ND1	Artículo 6.2.1
Factor de Reducción de Respuesta		2	Tabla 6.4
Máximo periodo en intervalo constante de Espectros Normales ( <b>T*</b> )		0,7	Tabla 7.1
Factor de Magnificación de promedio ( <b>β</b> )		2,6	Tabla 7.1
Exponente que define la rama descendente del Espectro ( <b>p</b> )		1	Tabla 7.1
Período de Variación de Respuesta ( <b>T+</b> )		0,1	Tabla 7.2
Periodo a partir del cual el Espectro tiene el valor constante ( <b>To</b> )		0,175	Artículo 7.2



**Imagen 5.3. Espectro de Diseño y de Respuesta**

### V.1.7 Combinaciones de Carga

Como establece el Capítulo 9 de la Norma COVENIN 1753-2006, de acuerdo a lo que se refiere a las solicitaciones sobre la estructura, indica en la tabla 9.3 (“Combinaciones de Solicitaciones para el Estado Límite de Agotamiento Resistente”), de dicho Capítulo que deben ser estudiadas las siguientes combinaciones de carga:

1.  $U = 1,4CP$
2.  $U = 1,4CP + 1,6CV + 0,5CVT$
3.  $U = 1,4CP + 0,5CV + 1,6CVT$
4.  $U = 1,2CP + 0,5(CV + CVT) \pm Sx \pm 0,3Sy$

5.  $U = 1,2CP + 0,5(CV + CVT) \pm 0,3Sx \pm Sy$
6.  $U = 0,9CP \pm Sx \pm 0,3Sy$
7.  $U = 0,9CP \pm 0,3Sx \pm Sy$

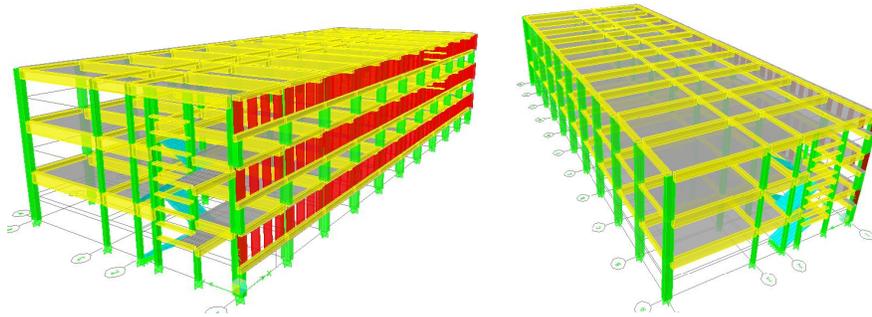
La norma COVENIN 1756-2001 establece en su Capítulo 8, con respecto a las solicitaciones sísmicas, que para cada una de ellas, que al valor absoluto de cada solicitación debida a una componente sísmica horizontal, se le incorporará el 30% de la misma solicitación debida a la componente sísmica ortogonal. También se alternan los signos + y – para su combinación con las cargas gravitatorias presentes en las combinaciones mencionadas.

#### **V.1.8 Modelo Analizado**

Para los efectos del recálculo se procedió a definir un Modelo, el cual se denominó Modelo 1, donde se colocaron todas y cada una de las características particulares que poseía el edificio.

Este Modelo fue el final, luego de realizar 3 Modelos anteriores que se fueron mejorando hasta llegar al Modelo 1, que fue el que mejor se ajustó a la estructura estudiada.

A continuación se observa una imagen en tres (3) dimensiones del Modelo 1



**Imagen 5.4 Modelo 1**

## **V.2 Resultados y Análisis.**

Como resultado del recálculo de la estructura se obtuvieron los valores correspondientes a las propiedades dinámicas, así como también datos de vital importancia para la evaluación estructural del edificio.

### **V.2.1 Peso de la Estructura.**

Para el cálculo del Peso de la estructura se definieron las participación de las masas de la siguiente manera:

Peso Propio = 100%

Carga Variable = 50%

Sobre-Carga Permanente =100%

Carga Variable de Techo = 25%

A continuación se presentan en la Tabla 5.4 el peso de cada uno de los pisos del modelo estudiado, así como también el peso total de la estructura. Estos valores se obtuvieron mediante del programa, donde nos dan los valores de los pesos de los elementos por piso.

**Tabla 5.4 Peso de la Estructura**

Azotea		Piso 2		Piso 1	
Elemento	Peso (kg)	Elemento	Peso (kg)	Elemento	Peso (kg)
Columnas (200)	51450,633	Columnas (200)	72186,120	Columnas (200)	77761,080
Columnas (150)	38657,542	Columnas (150)	26253,944	Columnas (150)	20363,711
Vigas	200630,675	Vigas	225767,021	Vigas	224572,730
Paredes	8896,627	Paredes	9310,424	Paredes	9310,424
Piso	622857,600	Piso	605786,688	Piso	605786,688
-	-	Rampa	13174,052	Rampa	13174,052
Peso Total Por piso (kg)	922493,077		952478,249		950968,685
Peso Total del Edificio (kg)			2825940,011		
Peso Total del Edificio (Ton)			2825,940		

### V.2.2 Cortante Basal

La norma 1756-2001 en su artículo 9.6.2.1 establece que la Cortante Basal deducida de la combinación modal o Cortante Basal Dinámica ( $V_{ox}$  y  $V_{oy}$ ), debe ser mayor al valor de la Cortante Basal Estática ( $V_o$ ) determinado para un período  $T=1,6 T_a$ .

Para comprobar dichos valores se calculó la Cortante Basal estática para dicho período ( $1,6 T_a$ ), una vez que se obtuvo, se procedió a dividir el mismo por el cortante basal dinámico de cada dirección proporcionado por el programa, para así obtener el Factor de corrección.

Como los valores de los factores de corrección dieron menor a uno debido a que el valor del Cortante Basal estático dio menor al valor al del Cortante

Basal Dinámico, no se hace necesario realizar ninguna corrección ya que los valores cumplen con lo que establece la norma.

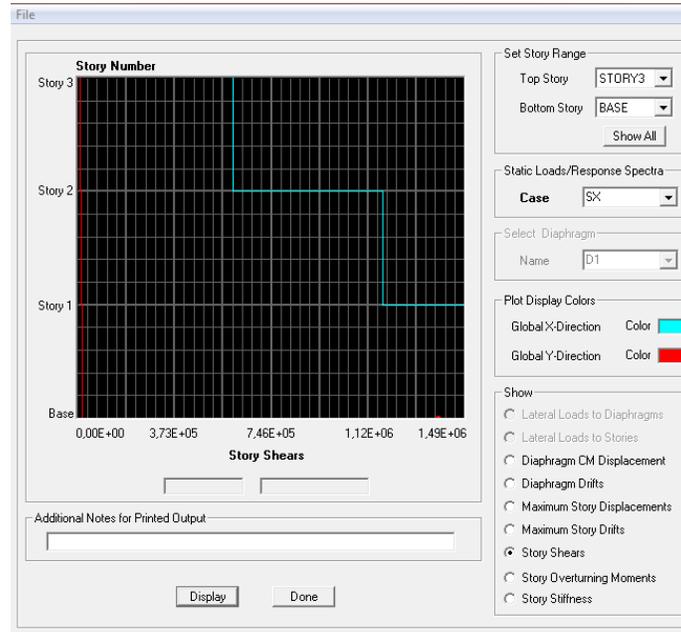
El las tablas 5.5 y 5.6 se presentan tantos los datos de la estructura como los cálculos que se realizaron para obtener los valores de los factores de corrección en ambas direcciones. Seguidamente en las imágenes 5.5 y 5.6 se puede apreciar los gráficos correspondientes a la Cortante Basal por piso en cada una de las direcciones.

**Tabla 5.5 Datos de la Estructura**

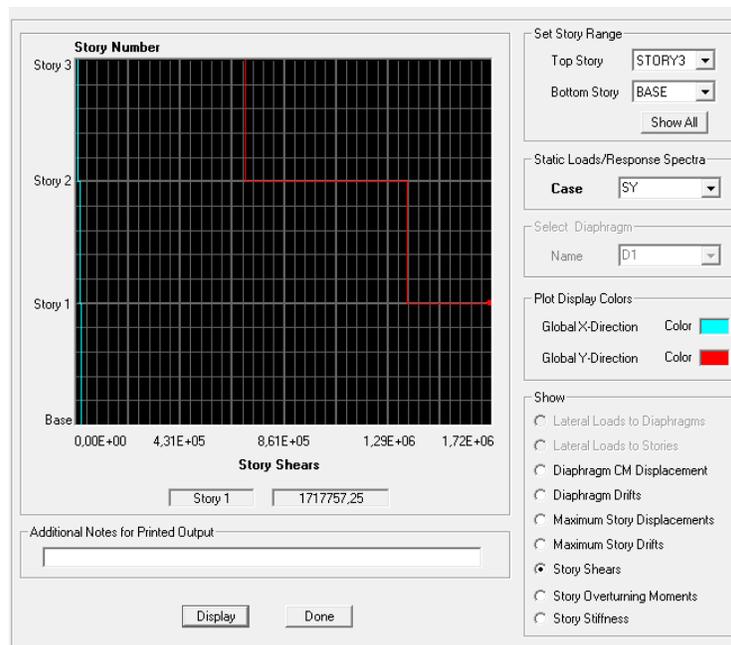
<b>DATOS DE LA ESTRUCTURA</b>	
<b>Tipo de Edificación</b>	<b>Altura de la Edificación</b>
Tipo de Estructura I	hn (m) =11,9
<b>Nivel de Diseño</b>	<b>Coefficiente de Aceleración Horizontal</b>
ND1	Ao= 0,30
<b>Clasificación según su uso</b>	<b>Factor de Importancia</b>
Grupo A	$\alpha = 1,3$
<b>Zona Sísmica</b>	<b>Factor de Reducción de Respuesta</b>
5	R = 2
<b>Forma espectral</b>	<b>Máximo Periodo</b>
S2	T* (s) = 0,70
<b>Numero de Niveles</b>	
N =3	

**Tabla 5.6 Cálculos de los Factores de Corrección para el Modelo**

<b>CALCULOS DE LA CORTANTE BASAL</b>	
<b>Período Estimado</b>	<b>Cortante estático Basal</b>
$T_a = 0,07 * h_n^{0,75}$	$V_o = \mu * A_d * w$
Ta = 0,448 seg	Vo = 1235218,379 Kg
<b>Factor de Minoración</b>	<b>Verificación del Coeficiente Sísmico</b>
$\mu = 1,4 * \frac{N+9}{2N+12}$	Se debe Cumplir que :
$\mu = 0,93$	$\frac{V_o}{W} \geq \frac{\alpha * A_o}{R}$
<b>Período Fundamental</b>	Vo/W = 0,4371      ( $\alpha * A_o$ )/R = 0,195
$T = 1,6T_a$	<b>CUMPLE</b>
T = 0,72 seg	
<b>Aceleración para el Periodo T</b>	<b>Cortante Basal Dinámico del Programa</b>
Ad= 0,47 seg	
<b>Peso de la Estructura</b>	Vox = 1488176,88 Kg
W = 2825940,011 Kg	Voy = 1717757,25 Kg
<b>Factores de Corrección</b>	
Fcx	0,83
Fcy	0,72



**Imagen 5.5. Gráfico del Cortante Basal por piso en la Dirección “X”**



**Imagen 5.6. Gráfico del Cortante Basal por piso en la Dirección “Y”**

### V.2.3 Centro de Masa

Los valores tanto de los centros de masa como de rigidez, de cada uno de los pisos de la estructura se obtuvieron mediante el programa. A continuación se presenta la tabla 5.7, donde se presentan dichos centros.

**Tabla 5.7 Centros de Masa y de Rigidez**

Nivel	Centro de Masa (m)		Centro de Rigidez	
	X <sub>CM</sub>	Y <sub>CM</sub>	X <sub>CR</sub>	Y <sub>CR</sub>
Techo	25,291	9,517	25,207	8,42
P2	25,246	9,35	25,333	8,394
P1	25,281	9,204	25,184	8,634

### V.2.4 Análisis Modal

En la norma Covenin 1756-2001 en su Capítulo 9, artículo 9.7.3.2 dice que el número de modos de vibración a utilizar en el análisis es aquel que garantice que la suma de las masas participativas de los modos en cada una de las direcciones horizontales del sismo, excede el noventa por ciento (90%) de la masa total del edificio.

A continuación se presenta la tabla 5.8 donde se reflejan el número de modos necesarios para cumplir con la consideración mencionada anteriormente, además también se refleja el período de cada uno de éstos modos.

**Tabla 5.8 Análisis Modal**

Modo	Periodo	% Masa Participativa			
		X	Y	Sumatoria X	Sumatoria Y
1	0,819799	85,6172	0,0025	85,6172	0,0025
2	0,650363	0,0105	85,3202	85,6278	85,3228
3	0,587836	1,1189	0,2139	86,7467	85,5367
4	0,290367	10,1498	0	96,8965	85,5367
5	0,223502	0,0012	10,9675	96,8977	96,5043

Como se puede observar en la Tabla 5.8 la mayor participación fue de los modos traslacionales, alcanzando el 90% de la masa participativa en los primeros 5 modos.

### V.2.5 Deriva

La deriva no es más que la diferencia de los desplazamientos laterales totales entre dos niveles o pisos consecutivos,

La deriva de la estructura en estudio fue calculada según lo establecido en el Capítulo 10 de la norma Covenin 1756-2001 donde establece lo siguiente:

El desplazamiento lateral total  $\Delta_i$  del nivel  $i$  se calculará como:

$$\Delta_i = 0.8 R \Delta_{ei} \quad (10.1)$$

donde:

$R$  = Factor de reducción dado en el Artículo 6.4, incluidas las eventuales modificaciones establecidas en la Sección 6.4.1.

$\Delta_{ei}$  = Desplazamiento lateral del nivel  $i$  calculado para las fuerzas de diseño, suponiendo que la estructura se comporta elásticamente, incluyendo: los efectos traslacionales, de torsión en planta y  $P-\Delta$ .

Dicha norma en su tabla 10.1 establece que las edificaciones pertenecientes al grupo A, susceptibles a sufrir daños por deformaciones de la estructura, tendrán una deriva máxima de 0,012. A continuación se presenta la tabla 5.9 donde se verifican que los valores de las derivas de los puntos más

alejados del centro de rigidez no pasen del valor máximo mencionado anteriormente.

**Tabla 5.9 Verificación de las Derivas**

Piso	Derivas elásticas		Derivas reales		Comparación con norma $\Delta/h_e < 0.012$	
	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_{xr}$	$\Delta_{yr}$		
Techo	0,006308	0,005048	0,0100928	0,0080768	Cumple	Cumple
Piso 2	0,01015	0,007708	0,01624	0,0123328	No Cumple	No cumple
Piso 1	0,008604	0,006284	0,0137664	0,0100544	No cumple	Cumple

Cabe destacar que para obtener este resultado se utilizó la formula 10.1 mencionada anteriormente donde  $\Delta_i$ , es lo que en la tabla se llamo derivas reales,  $\Delta_{ei}$  derivas elásticas, y para este caso por el tipo de edificio R tiene un valor de 2.

La deriva máxima (0,012) fue superado por el 50% de los valores obtenidos con el programa. El mayor valor de las derivas en el modelo se encuentra en el piso dos con un valor de 0,016 por lo que se puede decir que en ninguno de los casos, la deriva máxima es superada por más del 36% de su valor.

### V.2.6 Factor de Resistencia en columnas

Para determinar y expresar la situación de las columnas, las cuales fueron chequeadas por el programa, se procedió a realizar una hoja de cálculo donde se separaron cada una de las columnas por piso y eje en el cual se encontraba, en esta se refleja el factor resultante del cociente de la resistencia de la columna, entre la resistencia que esta requiere para soportar las solicitaciones que se le apliquen. Para efectos de este Trabajo Especial de Grado, este factor fue

generado por el programa, y se denominó Factor de Resistencia de la Columna ( $F_R$ ). Cabe destacar que cuando este factor da un valor mayor a la unidad, la columna no se encuentra en la capacidad de soportar las solicitaciones a las cuales está siendo sometida, en el caso en que este factor es menor a la unidad, quiere decir que la columna tiene una capacidad mayor a la suma de las solicitaciones a las que está sometida.

A continuación se presentan en la Tablas 5.10 la escala de colores que representan los diferentes rangos de  $F_R$  obtenidos, en naranja los aquellos factores que están entre 1,00 y 5,00 en azul los que están entre 5,01 y 10 y en rojo los valores por encima de 10.

**Tabla 5.10 Escala de Colores para los Diferentes valores de  $F_R$**

Rango $F_R$	Color
1,00-5,00	
5,01-10,00	
10,01- 15,00	

A continuación se presenta la Tabla 5.11 la cual refleja los valores de  $F_R$  obtenidos para las columnas del Modelo 1, en esta tabla se puede observar que ninguna de las columnas tiene un valor de  $F_R$  menor a la unidad, lo que indica que las capacidades resistentes de las mismas no satisfacen las demandas.

**Tabla 5.11 Tabla de Factores de Resistencia ( $F_R$ ). Modelo 1**

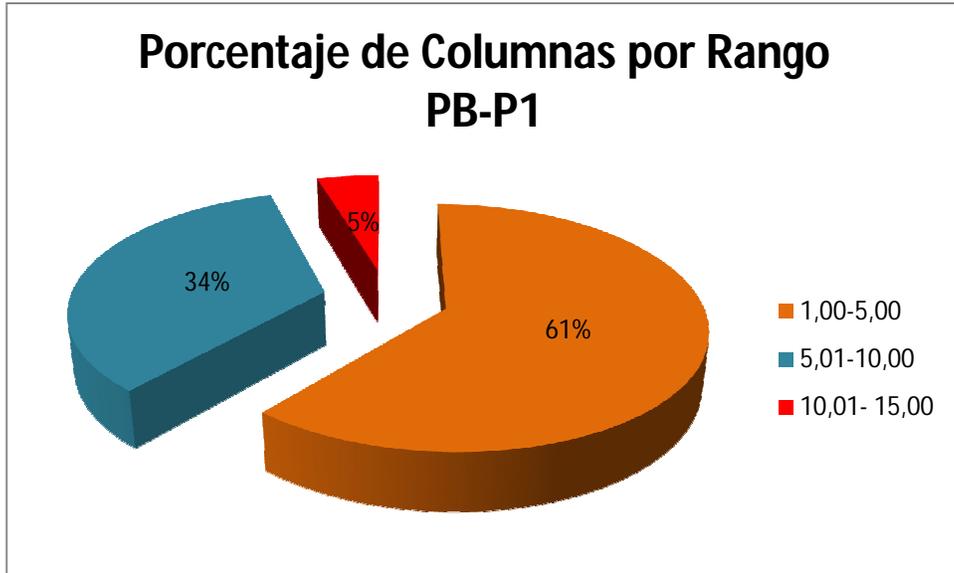
Planta Baja				Primer Piso			Segundo Piso				
Ubicación	Columna	Fr		Ubicación	Columna	Fr		Ubicación	Columna	Fr	
1	A	C4	11,953	1	A	C4	3,483	1	A	C4 (2)	1,15
	B	C3	8,977		B	C3	6,543		B	C3	4,582
	C	C2	3,989		C	C2 (2)	5,547		C	C2 (3)	10,642
	D	C1	5,771		D	C1	2,41		D	C1 (2)	1,24
2	A	C8	5,886	2	A	C8	3,042	2	A	C8 (2)	1,793
	B	C7	3,862		B	C7 (2)	10,195		B	C7 (3)	10,135
	C	C6	4,351		C	C6 (2)	11,521		C	C6 (3)	10,402
	D	C5	5,572		D	C5	2,897		D	C5 (2)	2,696
3	A	C12	5,055	3	A	C12	2,34	3	A	C12 (2)	1,65
	B	C11	3,581		B	C11 (2)	9,511		B	C11 (3)	10,402
	C	C10	3,955		C	C10 (2)	9,297		C	C10 (3)	9,947
	D	C9	5,387		D	C9	2,776		D	C9 (2)	2,455
4	A	C12	4,372	4	A	C12	2,267	4	A	C12 (2)	1,589
	B	C11	3,501		B	C11 (2)	9,113		B	C11 (3)	9,937
	C	C10	3,856		C	C10 (2)	8,961		C	C10 (3)	9,57
	D	C9	5,296		D	C9	2,273		D	C9 (2)	2,392
5	A	C12	4,697	5	A	C12	2,183	5	A	C12 (2)	1,547
	B	C11	3,408		B	C11 (2)	8,744		B	C11 (3)	9,582
	C	C10	3,743		C	C10 (2)	8,595		C	C10 (3)	9,168
	D	C9	5,206		D	C9	2,676		D	C9 (2)	2,314
6	A	C12	4,524	6	A	C12	2,128	6	A	C12 (2)	1,53
	B	C11	3,339		B	C11 (2)	8,39		B	C11 (3)	9,23
	C	C10	3,652		C	C10 (2)	8,241		C	C10 (3)	8,83
	D	C9	5,123		D	C9	2,636		D	C9 (2)	2,267
7	A	C12	4,604	7	A	C12	2,153	7	A	C12 (2)	1,592
	B	C11	3,386		B	C11 (2)	8,498		B	C11 (3)	9,497
	C	C10	3,712		C	C10 (2)	8,349		C	C10 (3)	9,042
	D	C9	5,182		D	C9	2,657		D	C9 (2)	2,318
8	A	C12	4,711	8	A	C12	2,206	8	A	C12 (2)	1,669
	B	C11	3,472		B	C11 (2)	8,686		B	C11 (3)	9,793
	C	C10	3,814		C	C10 (2)	8,531		C	C10 (3)	9,295
	D	C9	5,264		D	C9	2,699		D	C9 (2)	2,377

Planta Baja			Primer Piso			Segundo Piso					
Ubicación	Columna	Fr	Ubicación	Columna	Fr	Ubicación	Columna	Fr			
9	A	C12	4,826	9	A	C12	2,248	9	A	C12 (2)	1,7
	B	C11	3,533		B	C11 (2)	8,867		B	C11 (3)	10,109
	C	C10	3,941		C	C10 (2)	8,814		C	C10 (3)	9,56
	D	C9	5,342		D	C9	2,803		D	C9 (2)	2,429
10	A	C8	5,548	10	A	C8	2,747	10	A	C8 (2)	1,84
	B	C7	3,856		B	C7	11,695		B	C7 (3)	9,432
	C	C6	4,366		C	C6	10,765		C	C6 (3)	10,084
	D	C5	5,546		D	C5	2,917		D	C5 (2)	2,721
11	A	C16	11,679	11	A	C16	3,69	11	A	C16 (2)	1,272
	B	C15	3,494		B	C15 (2)	4,824		B	C15 (2)	5,185
	C	C14	4,09		C	C14 (2)	6,25		C	C14 (2)	6,82
	D	C13	5,585		D	C13 (2)	2,053		D	C13 (2)	1,416

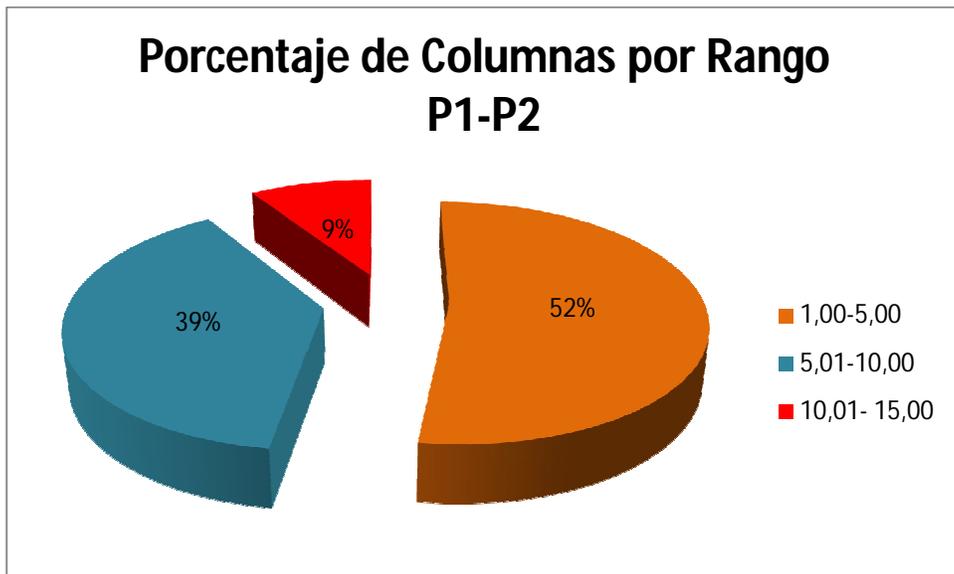
En la tabla 5.12 se observa un resumen del número de columnas que se encuentran en cada uno de los rangos de  $F_R$ . Para mayor apreciación de dicha cantidad se pueden observar las imágenes 5.7, 5.8 y 5.9

**Tabla 5.12. Resumen de Cantidad de Columnas por Rango de  $F_R$**

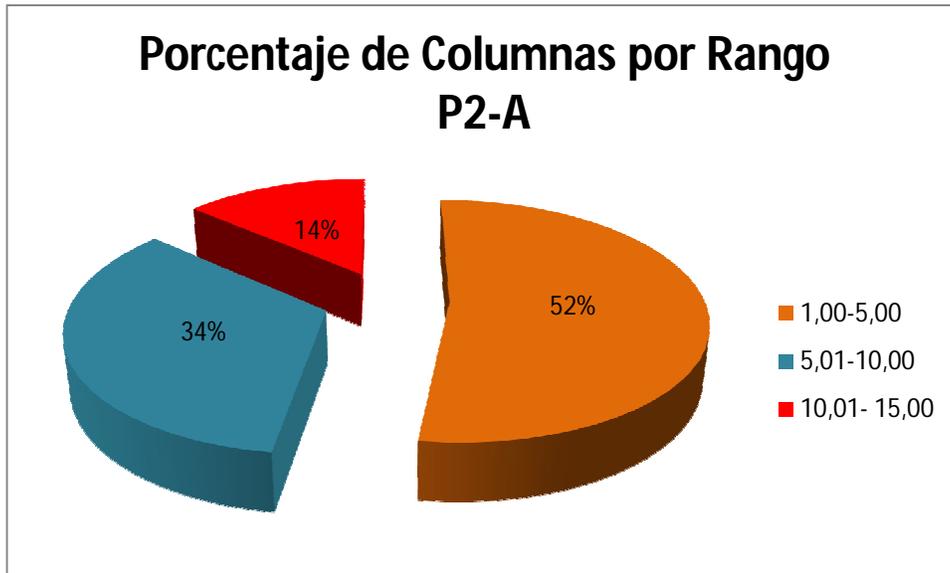
Rango Fr	Color	ENTREPISOS			Total Por Rango	Porcentaje de Columnas por Rango
		PB- Primer Piso	Primer Piso- Segundo Piso	Segundo Piso- Azotea		
1,00-5,00		27	23	23	73	55%
5,01-10,00		15	17	15	47	36%
10,01- 15,00		2	4	6	12	9%



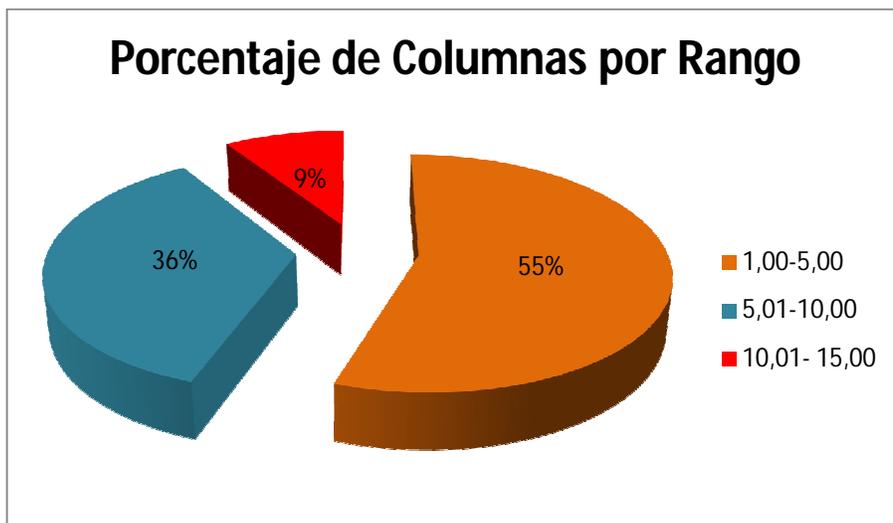
**Imagen 5.7. Gráfica de Porcentajes de columnas de Planta Baja por cada Rango de  $F_R$**



**Imagen 5.8. Gráfica de Porcentajes de columnas del Primer Piso por cada Rango de  $F_R$**



**Imagen 5.9. Gráfica de Porcentajes de columnas del Segundo Piso por cada Rango de  $F_R$**



**Imagen 5.10. Gráfica de Porcentajes de columnas por cada Rango de  $F_R$**

Chequeado el Factor de Resistencia ( $F_R$ ) de cada una de las columnas de la edificación y los datos reflejados en la gráfica se observó que el 100% de las mismas, no cuenta con la resistencia requerida para soportar las sollicitaciones a las cuales está sometido el edificio. Es importante resaltar que el 9% de estas columnas sobrepasan entre 10 y 15 veces su relación demanda/capacidad, mientras que un 36% y un 55% se encuentran entre un rango de 5 a 10 y 1 a 5 respectivamente.

### V.2.7 Acero Longitudinal en Vigas

Como resultado del análisis, el programa determina las cantidades de aceros que requieren cada una de las vigas para cumplir con las normas y así soportar las cargas a las cuales son sometidas.

Para realizar la comparación entre el refuerzo longitudinal existente y el acero obtenido por el programa, se diseñó una hoja de cálculo donde se compara por piso el valor de las diferentes zonas de la viga, resaltando con color naranja donde el acero cumple con la norma, con blanco donde requiere más cantidad de acero o es insuficiente y con rojo donde la viga falla.

A continuación se presentan una las tablas 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20 y 5.21 donde se reflejan los resultados del chequeo del acero para cada uno de los niveles del edificio.

**Tabla 5. 13 Rango de Cumplimiento de la Cantidad de Acero**

Acero Suficiente	Acero Insuficiente	FALLA

**Tabla 5.14. Revisión de Acero Longitudinal en Vigas del 1er Piso**

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
1D-2D	Arriba	1V1	6,03	3,81	7,94	O/S	6,265	O/S	Falla
	Abajo		3,81	6,03	6,35	O/S	8,275	O/S	
2D-3D	Arriba	1V1	7,94	3,18	6,99	O/S	5,733	O/S	Falla
	Abajo		6,35	4,45	5,08	O/S	6,673	O/S	
3D-4D	Arriba	1V1	6,99	6,35	6,99	O/S	5,680	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	O/S	6,631	O/S	
4D-5D	Arriba	1V1	6,99	6,35	6,99	O/S	5,639	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	O/S	6,592	O/S	
5D-6D	Arriba	1V1	6,99	6,35	6,99	O/S	5,595	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	O/S	6,547	O/S	
6D-7D	Arriba	1V1	6,99	6,35	6,99	O/S	5,561	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	O/S	6,503	O/S	
7D-8D	Arriba	1V1	6,99	6,35	6,99	O/S	5,601	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	O/S	6,529	O/S	
8D-9D	Arriba	1V1	6,99	6,35	6,99	O/S	5,636	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	O/S	6,547	O/S	
9D-10D	Arriba	1V1	7,94	3,18	6,99	O/S	5,704	O/S	Falla
	Abajo		6,35	4,45	5,08	O/S	6,917	O/S	
10D-11D	Arriba	1V1	6,03	3,81	7,94	O/S	6,515	O/S	Falla
	Abajo		3,81	6,03	6,35	O/S	8,531	O/S	
1C-2C	Arriba	1V3	4,76	3,18	6,35	10,406	4,520	18,801	Falla
	Abajo		3,18	4,76	3,18	8,847	5,196	12,489	
2C-3C	Arriba	1V3	6,35	5,72	5,72	18,583	4,520	17,012	Falla
	Abajo		2,54	4,13	2,54	13,218	4,520	12,189	
3C-4C	Arriba	1V3	5,72	5,08	5,72	17,477	4,520	17,327	Falla
	Abajo		2,54	4,13	2,54	12,605	4,520	12,461	
4C-5C	Arriba	1V3	5,72	5,08	5,72	17,356	4,520	17,287	Falla
	Abajo		2,54	4,13	2,54	12,441	4,520	12,421	
5C-6C	Arriba	1V3	5,72	5,08	5,72	17,369	4,520	17,314	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	12,443	4,520	12,459	

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
6C-7C	Arriba	1V3	5,72	5,08	5,72	17,340	4,520	17,343	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	12,409	4,520	12,941	
7C-8C	Arriba	1V3	5,72	5,08	5,72	17,308	4,520	17,323	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	12,366	4,520	12,482	
8C-9C	Arriba	1V3	5,72	5,08	5,72	17,314	4,520	17,706	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	12,419	4,520	12,687	
9C-10C	Arriba	1V3	6,35	5,72	5,72	17,317	4,520	18,439	Falla
	Abajo		2,54	4,13	2,54	11,968	4,500	12,829	
10C-11C	Arriba	1V3	4,76	3,18	6,35	20,159	4,520	15,335	Falla
	Abajo		3,18	4,76	3,18	14,114	7,090	13,195	
1B-2B	Arriba	1V3A	13,34	13,34	13,34	26,110	O/S	O/S	Falla
	Abajo		17,78	17,78	17,78	26,923	O/S	O/S	
2B-3B	Arriba	1V3A	13,34	4,45	5,72	16,863	7,313	25,141	Acero Insuficiente
	Abajo		6,99	4,13	2,54	9,423	8,136	16,791	
3B-4B	Arriba	1V3A	5,72	2,54	5,72	27,074	7,895	26,860	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	18,651	8,136	18,421	
4B-5B	Arriba	1V3A	5,72	2,54	5,72	26,629	7,760	26,595	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	18,077	8,136	18,189	
5B-6B	Arriba	1V3A	5,72	2,54	5,72	26,699	7,781	26,583	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	18,178	8,136	18,168	
6B-7B	Arriba	1V3A	5,72	2,54	5,72	26,737	7,793	26,530	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	18,210	8,136	18,131	
7B-8B	Arriba	1V3A	5,72	2,54	5,72	26,756	7,798	26,243	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	18,223	8,136	18,020	
8B-9B	Arriba	1V3A	5,72	2,54	5,72	26,946	7,856	26,929	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	18,469	8,136	18,609	
9B-10B	Arriba	1V3A	13,34	4,45	5,72	25,203	7,331	16,897	Acero Insuficiente
	Abajo		6,99	4,13	2,54	16,731	8,136	9,670	
10B-11B	Arriba	1V3A	13,34	13,34	13,34	O/S	O/S	28,516	Falla
	Abajo		17,78	17,78	17,78	O/S	O/S	28,932	
1A-2A	Arriba	1V2	5,40	3,18	6,99	O/S	9,548	O/S	Falla
	Abajo		2,54	4,76	5,08	O/S	8,641	O/S	
2A-3A	Arriba	1V2	6,99	2,54	5,72	O/S	4,971	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,13	5,08	O/S	5,627	O/S	
3A-4A	Arriba	1V2	5,72	3,18	5,72	O/S	5,018	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,13	5,08	O/S	6,076	O/S	
4A-5A	Arriba	1V2	5,72	2,54	5,72	O/S	4,996	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,13	5,08	O/S	6,060	O/S	

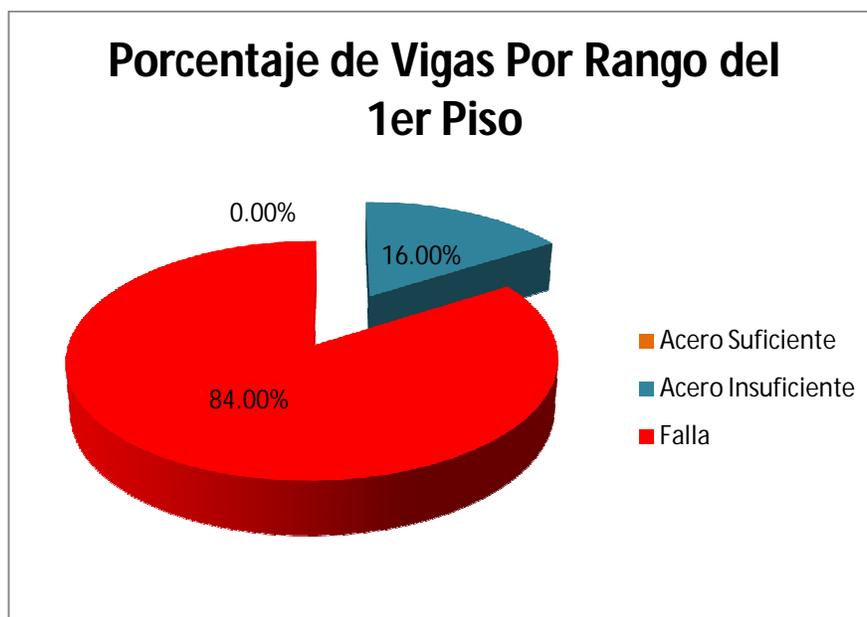
Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
5A-6A	Arriba	1V2	5,72	2,54	5,72	O/S	5,000	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,13	5,08	O/S	6,072	O/S	
6A-7A	Arriba	1V2	5,72	2,54	5,72	O/S	5,004	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,13	5,08	O/S	6,081	O/S	
7A-8A	Arriba	1V2	5,72	2,54	5,72	O/S	5,014	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,13	5,08	O/S	6,091	O/S	
8A-9A	Arriba	1V2	5,72	3,18	5,72	O/S	5,043	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,13	5,08	O/S	6,105	O/S	
9A-10A	Arriba	1V2	6,99	2,54	5,72	O/S	4,937	O/S	Falla
	Abajo		5,08	4,13	5,08	O/S	5,579	O/S	
10A-11A	Arriba	1V2	5,40	3,18	6,99	O/S	9,832	O/S	Falla
	Abajo		2,54	4,76	5,08	O/S	8,894	O/S	
B'1-B1	Arriba	1V6	3,18	3,18	3,18	10,897	9,738	7,978	Falla
	Abajo		5,72	5,72	5,72	11,341	10,656	9,240	
B'1-C1	Arriba	1V6	3,18	17,78	20,32	17,526	13,199	12,094	Falla
	Abajo		5,72	5,72	13,34	17,908	12,806	6,493	
C1-D1	Arriba	1V6	20,32	3,18	6,99	20,995	27,265	58,444	Falla
	Abajo		11,43	16,51	13,97	13,620	35,440	46,356	
A1-A'1	Arriba	1V6C	5,08	3,18	5,08	O/S	21,830	29,909	Falla
	Abajo		5,72	9,53	5,72	O/S	22,998	29,982	
A2-B2	Arriba	1V4	16,51	3,81	25,40	78,233	20,790	30,602	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	67,282	26,362	18,369	
B2-C2	Arriba	1V4	25,40	19,05	25,40	25,721	16,070	33,050	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	16,070	10,026	16,070	
C2-D2	Arriba	1V4	25,40	3,81	16,51	50,016	24,669	77,432	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	23,588	41,620	55,599	
A3-B3	Arriba	1V4	16,51	3,81	25,40	72,409	29,228	42,598	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	51,418	43,195	20,415	
B3-C3	Arriba	1V4	25,40	19,05	25,40	18,522	12,747	21,133	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	11,929	6,647	13,539	
C3-D3	Arriba	1V4	25,40	3,81	16,51	43,999	24,110	76,106	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	20,059	39,897	54,043	
A4-B4	Arriba	1V4	16,51	3,81	25,40	70,241	28,010	43,408	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	49,034	41,805	20,734	
B4-C4	Arriba	1V4	25,40	19,05	25,40	18,632	12,760	20,808	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	11,998	6,551	13,339	
C4-D4	Arriba	1V4	25,40	3,81	16,51	42,874	23,027	73,874	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	19,602	38,803	51,802	

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
A5-B5	Arriba	1V4	16,51	3,81	25,40	68,306	26,637	41,828	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	47,128	40,193	19,535	
B5-C5	Arriba	1V4	25,40	19,05	25,40	18,299	12,603	20,430	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	11,791	6,439	13,107	
C5-D5	Arriba	1V4	25,40	3,81	16,51	41,618	21,883	71,767	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	19,088	37,528	49,758	
A6-B6	Arriba	1V4	16,51	3,81	25,40	66,473	25,374	40,534	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	44,865	38,767	18,640	
B6-C6	Arriba	1V4	25,40	19,05	25,40	17,952	12,451	20,014	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	11,575	6,316	12,852	
C6-D6	Arriba	1V4	25,40	3,81	16,51	40,373	20,788	69,765	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	18,574	36,282	47,772	
A7-B7	Arriba	1V4	16,51	3,81	25,40	67,174	25,832	40,945	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	45,739	39,243	18,849	
B7-C7	Arriba	1V4	25,40	19,05	25,40	18,024	12,508	20,199	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	11,620	6,371	12,965	
C7-D7	Arriba	1V4	25,40	3,81	16,51	40,852	21,174	70,449	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	18,772	36,727	48,478	
A8-B8	Arriba	1V4	16,51	3,81	25,40	68,266	26,585	41,774	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	46,928	40,109	19,525	
B8-C8	Arriba	1V4	25,40	19,05	25,40	18,093	12,667	20,481	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	11,663	6,454	13,138	
C8-D8	Arriba	1V4	25,40	3,81	16,51	41,579	21,777	71,539	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	19,071	37,437	49,565	
A9-B9	Arriba	1V4	16,51	3,81	25,40	69,639	27,177	40,239	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	48,466	40,780	18,674	
B9-C9	Arriba	1V4	25,40	19,05	25,40	17,806	13,716	22,149	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	11,485	6,946	14,160	
C9-D9	Arriba	1V4	25,40	3,81	16,51	44,362	22,342	74,252	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	20,205	39,479	50,793	
A10-B10	Arriba	1V4	16,51	3,81	25,40	74,008	19,528	31,505	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	62,877	24,971	18,768	
B10-C10	Arriba	1V4	25,40	19,05	25,40	27,773	16,070	33,781	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	16,629	10,224	16,070	
C10-D10	Arriba	1V4	25,40	3,81	16,51	48,709	22,283	74,675	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	22,287	40,147	51,890	
A11-A11	Arriba	1V6B	5,08	3,18	5,08	O/S	25,102	35,412	Falla
	Abajo		5,72	9,53	5,72	O/S	26,881	35,340	

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
B'11- B11	Arriba	1V6A	3,18	3,18	3,18	10,997	10,769	10,809	Falla
	Abajo		5,72	5,72	5,72	11,620	12,105	12,200	
B'11- C11	Arriba	1V6A	3,18	10,16	22,86	20,535	17,075	14,063	Falla
	Abajo		5,72	5,72	8,26	20,931	17,075	6,908	
C11- D11	Arriba	1V6A	22,86	3,18	8,26	24,664	30,349	65,179	Falla
	Abajo		12,70	17,78	15,24	17,075	40,184	53,115	

**Tabla 5.15 Porcentaje de Vigas del 1er. Piso en Cada Rango**

Rango	Color	Total Por Rango	Porcentaje de Vigas por Rango
Acero Suficiente		0	16,00%
Acero Insuficiente		12	84,00%
Falla		63	0,00%
<b>TOTAL</b>		<b>75</b>	<b>100,00%</b>



**Imagen 5.11. Porcentaje de Vigas del Primer piso según Rango de cumplimiento**

**Tabla 5. 16 Rango de Cumplimiento de la Cantidad de Acero**

Acero Suficiente	Acero Insuficiente	Falla

**Tabla 5.17 Revisión de Acero Longitudinal en Vigas del 2do Piso**

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
1D-2D	Arriba	2V1	6,03	3,81	7,94	O/S	4,648	17,731	Falla
	Abajo		3,81	6,03	6,35	17,121	6,018	14,699	
2D-3D	Arriba	2V1	7,94	3,18	6,99	17,968	4,239	17,635	Falla
	Abajo		6,35	4,45	5,08	15,263	5,097	14,884	
3D-4D	Arriba	2V1	6,99	6,35	6,99	O/S	4,193	17,805	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	15,739	5,109	15,142	
4D-5D	Arriba	2V1	6,99	6,35	6,99	O/S	4,158	17,781	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	15,62	5,003	15,229	
5D-6D	Arriba	2V1	6,99	6,35	6,99	O/S	4,125	17,9	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	15,513	4,974	15,325	
6D-7D	Arriba	2V1	6,99	6,35	6,99	O/S	4,1	17,998	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	15,407	4,94	15,422	
7D-8D	Arriba	2V1	6,99	6,35	6,99	17,946	4,13	O/s	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	15,206	4,987	15,629	
8D-9D	Arriba	2V1	6,99	6,35	6,99	17,869	4,162	O/s	Falla
	Abajo		5,08	4,45	5,08	15,206	4,987	15,629	
9D-10D	Arriba	2V1	7,94	3,18	6,99	17,617	4,215	17,739	Falla
	Abajo		6,35	4,45	5,08	14,89	5,006	15,156	
10D-11D	Arriba	2V1	6,03	3,81	7,94	17,917	4,619	O/s	Falla
	Abajo		3,81	6,03	6,35	14,843	6,252	15,668	
1C-2C	Arriba	2V3	4,76	3,18	6,35	12,986	4,344	14,903	Falla
	Abajo		3,18	4,76	3,18	9,516	4,52	8,228	
2C-3C	Arriba	2V3	6,35	5,72	5,72	15,973	4,52	14,949	Falla
	Abajo		2,54	4,13	2,54	10,243	4,52	9,731	
3C-4C	Arriba	2V3	5,72	5,08	5,72	14,8	4,313	14,699	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	9,41	4,52	9,431	
4C-5C	Arriba	2V3	5,72	5,08	5,72	14,775	4,306	14,661	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	9,493	4,481	9,487	
5C-6C	Arriba	2V3	5,72	5,08	5,72	14,71	4,286	14,67	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	9,464	4,488	9,496	

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
6C-7C	Arriba	2V3	5,72	5,08	5,72	14,694	4,281	14,68	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	9,452	4,477	9,507	
7C-8C	Arriba	2V3	5,72	5,08	5,72	14,679	4,285	14,707	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	9,441	4,483	9,533	
8C-9C	Arriba	2V3	5,72	5,08	5,72	14,653	4,269	14,571	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	9,382	4,486	9,449	
9C-10C	Arriba	2V3	6,35	5,72	5,72	14,818	4,52	15,635	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	9,64	4,52	10,133	
10C-11C	Arriba	2V3	4,76	3,18	6,35	15,314	4,468	12,045	Falla
	Abajo		3,18	4,76	3,18	9,137	4,529	9,135	
1B-2B	Arriba	2V3A	6,67	6,67	11,11	31,702	31,699	40,275	Falla
	Abajo		11,11	11,11	8,89	26,289	37,513	32,203	
2B-3B	Arriba	2V3A	11,11	6,67	5,72	20,532	6,678	22,911	Acero Insuficiente
	Abajo		8,89	4,13	2,54	12,686	7,674	14,715	
3B-4B	Arriba	2V3A	5,72	5,08	5,72	22,09	6,543	22,36	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	13,645	7,781	13,919	
4B-5B	Arriba	2V3A	5,72	5,08	5,72	22,522	6,581	22,393	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	13,963	7,685	13,978	
5B-6B	Arriba	2V3A	5,72	5,08	5,72	22,495	6,575	22,364	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	13,945	7,709	13,95	
6B-7B	Arriba	2V3A	5,72	5,08	5,72	22,543	6,582	22,416	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	13,973	7,672	13,92	
7B-8B	Arriba	2V3A	5,72	5,08	5,72	22,709	6,628	22,606	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	13,999	7,823	13,931	
8B-9B	Arriba	2V3A	5,72	5,08	5,72	22,786	6,647	22,162	Acero Insuficiente
	Abajo		2,54	4,13	2,54	13,934	7,802	13,636	
9B-10B	Arriba	2V3A	11,11	6,67	5,72	23,212	6,752	20,955	Acero Insuficiente
	Abajo		8,89	4,13	2,54	14,7	7,915	12,889	
10B-11B	Arriba	2V3A	6,67	6,67	11,11	O/S	31,895	39,725	Falla
	Abajo		11,11	11,11	8,89	35,902	34,476	33,438	
1A-2A	Arriba	2V2	5,40	3,18	6,99	O/S	8,087	O/s	Falla
	Abajo		2,54	4,76	5,08	16,981	7,741	15,911	
2A-3A	Arriba	2V2	6,99	2,54	5,72	16,291	4,077	16,917	Acero Insuficiente
	Abajo		5,08	4,13	5,08	13,037	5,544	13,503	
3A-4A	Arriba	2V2	5,72	3,18	5,72	17,151	4,54	16,992	Acero Insuficiente
	Abajo		5,08	4,13	5,08	13,658	5,954	13,605	
4A-5A	Arriba	2V2	5,72	2,54	5,72	17,073	4,538	17,047	Acero Insuficiente
	Abajo		5,08	4,13	5,08	13,59	5,916	13,688	

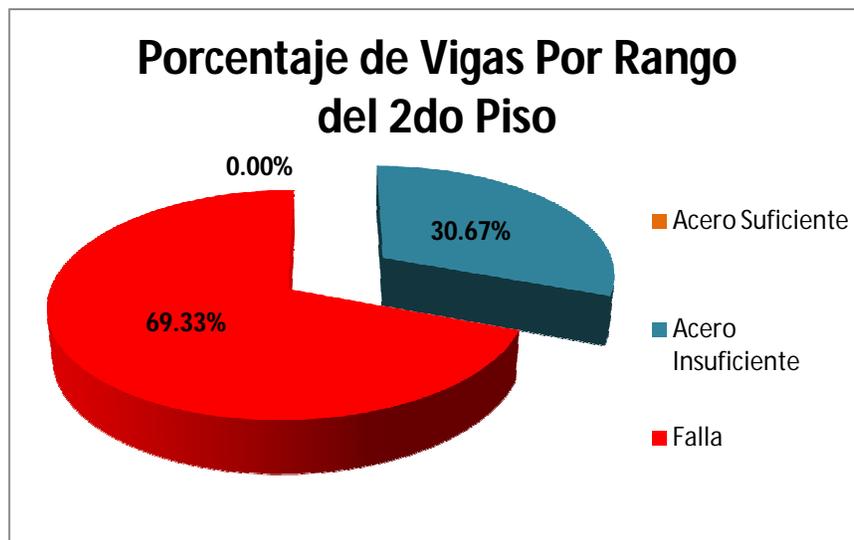
Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
5A-6A	Arriba	2V2	5,72	2,54	5,72	17,031	4,552	17,083	Acero Insuficiente
	Abajo		5,08	4,13	5,08	13,553	5,915	13,72	
6A-7A	Arriba	2V2	5,72	2,54	5,72	16,983	4,567	17,137	Acero Insuficiente
	Abajo		5,08	4,13	5,08	13,515	5,926	13,753	
7A-8A	Arriba	2V2	5,72	2,54	5,72	17,059	4,582	17,289	Acero Insuficiente
	Abajo		5,08	4,13	5,08	13,477	6,007	13,783	
8A-9A	Arriba	2V2	5,72	3,18	5,72	17,02	4,603	17,358	Acero Insuficiente
	Abajo		5,08	4,13	5,08	13,391	6,036	13,849	
9A-10A	Arriba	2V2	6,99	2,54	5,72	16,929	3,979	16,463	Acero Insuficiente
	Abajo		5,08	4,13	5,08	13,273	5,536	13,198	
10A-11A	Arriba	2V2	5,40	3,18	6,99	O/S	8,233	O/s	Falla
	Abajo		2,54	4,76	5,08	15,916	8,025	15,952	
B 1-B1	Arriba	2V6	3,18	3,18	3,18	10,524	9,65	10,237	Falla
	Abajo		5,72	5,72	5,72	9,808	11,332	12,806	
B 1-C1	Arriba	2V6	3,18	17,78	20,32	18,122	12,806	11,398	Falla
	Abajo		5,72	5,72	13,34	19,353	12,806	6,031	
C1-D1	Arriba	2V6	20,32	3,18	6,99	19,69	20,328	50,251	Falla
	Abajo		11,43	16,51	13,97	12,806	25,998	34,606	
A1-A 1	Arriba	2V6C	5,08	3,18	5,08	O/S	16,757	25,198	Falla
	Abajo		5,72	9,53	5,72	33,503	17,609	25,592	
A2-B2	Arriba	2V4	16,51	3,81	25,40	65,858	18,464	23,625	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	51,812	22,43	16,07	
B2-C2	Arriba	2V4	25,40	19,05	25,40	22,684	13,655	29,756	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	16,07	9,12	16,07	
C2-D2	Arriba	2V4	25,40	3,81	16,51	40,509	18,111	66,153	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	18,63	32,194	38,646	
A3-B3	Arriba	2V4	16,51	3,81	25,40	63,205	22,853	35,625	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	37,582	34,032	16,578	
B3-C3	Arriba	2V4	25,40	19,05	25,40	19,507	12,784	23,098	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	12,539	7,223	14,737	
C3-D3	Arriba	2V4	25,40	3,81	16,51	37,261	17,992	66,258	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	17,272	31,605	37,938	
A4-B4	Arriba	2V4	16,51	3,81	25,40	61,422	21,839	36,102	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	35,067	32,921	16,781	
B4-C4	Arriba	2V4	25,40	19,05	25,40	19,763	12,456	22,308	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	12,697	6,993	14,257	
C4-D4	Arriba	2V4	25,40	3,81	16,51	35,827	17,195	64,086	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	16,6664	30,36	35,674	

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
A5-B5	Arriba	2V4	16,51	3,81	25,40	59,865	20,799	34,952	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	33,216	31,717	16,291	
B5-C5	Arriba	2V4	25,40	19,05	25,40	19,306	11,976	21,43	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	12,415	6,735	13,721	
C5-D5	Arriba	2V4	25,40	3,81	16,51	34,36	16,316	62,08	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	16,07	29,065	33,686	
A6-B6	Arriba	2V4	16,51	3,81	25,40	58,324	19,795	33,939	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	31,563	30,62	16,07	
B6-C6	Arriba	2V4	25,40	19,05	25,40	18,89	11,796	20,933	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	12,157	6,588	13,416	
C6-D6	Arriba	2V4	25,40	3,81	16,51	33,402	16,07	60,484	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	16,07	28,142	31,785	
A7-B7	Arriba	2V4	16,51	3,81	25,40	59,313	20,196	34,768	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	32,185	31,33	16,212	
B7-C7	Arriba	2V4	25,40	19,05	25,40	19,416	12,024	21,184	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	12,482	6,662	13,57	
C7-D7	Arriba	2V4	25,40	3,81	16,51	33,796	16,07	61,123	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	16,07	28,524	32,578	
A8-B8	Arriba	2V4	16,51	3,81	25,40	60,536	20,772	35,878	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	33,071	32,292	16,686	
B8-C8	Arriba	2V4	25,40	19,05	25,40	20,011	12,31	21,532	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	12,849	6,765	13,783	
C8-D8	Arriba	2V4	25,40	3,81	16,51	34,373	16,302	62,034	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	16,07	29,072	33,69	
A9-B9	Arriba	2V4	16,51	3,81	25,40	61,594	21,302	35,007	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	34,61	32,857	16,314	
B9-C9	Arriba	2V4	25,40	19,05	25,40	19,783	12,102	21,476	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	12,709	6,748	13,749	
C9-D9	Arriba	2V4	25,40	3,81	16,51	34,752	16,715	63,308	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	16,205	29,475	35,016	
A10-B10	Arriba	2V4	16,51	3,81	25,40	62,753	17,402	25,759	Falla
	Abajo		22,23	25,40	25,40	48,34	21,729	16,07	
B10-C10	Arriba	2V4	25,40	19,05	25,40	25,789	6,07	27,82	Falla
	Abajo		22,23	31,75	22,23	16,07	8,577	16,07	
C10-D10	Arriba	2V4	25,40	3,81	16,51	37,076	16,541	62,805	Falla
	Abajo		25,40	25,40	22,23	17,194	29,877	35,244	
A11-A'11	Arriba	2V6B	5,08	3,18	5,08	42,579	19,187	29,242	Falla
	Abajo		5,72	9,53	5,72	39,87	20,417	29,617	

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
B'11-B11	Arriba	2V6A	3,18	3,18	3,18	12,482	11,338	11,969	Falla
	Abajo		5,72	5,72	5,72	11,708	13,683	15,52	
B'11-C11	Arriba	2V6A	3,18	10,16	22,86	20,531	17,075	9,392	Falla
	Abajo		5,72	5,72	8,26	22,669	17,075	7,126	
C11-D11	Arriba	2V6A	22,86	3,18	8,26	18,656	23,178	55,824	Falla
	Abajo		12,70	17,78	15,24	16,521	30,376	37,54	

**Tabla 5.18. Porcentaje de las Vigas del 2do Piso de Cada Rango**

Rango	Color	Total Por Rango	Porcentaje de Vigas por Rango
Acero Suficiente		0	0,00%
Acero Insuficiente		23	30,67%
Falla		52	69,33%
<b>TOTAL</b>		<b>75</b>	<b>100,00%</b>



**Imagen 5.12. Porcentaje de Vigas del Segundo piso según Rango de cumplimiento**

**Tabla 5. 19. Rango de Cumplimiento de la Cantidad de Acero**

CUMPLE	NO CUMPLE	FALLA

**Tabla 5.20. Revisión de Acero Longitudinal en Vigas de Azotea**

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
1D-2D	Arriba	3V1	5,08	3,18	8,57	15,532	4,487	12,332	Falla
	Abajo		3,81	5,72	6,99	11,682	5,022	8,398	
2D-3D	Arriba	3V1	8,57	3,18	6,35	12,168	3,622	11,428	Falla
	Abajo		6,99	4,76	6,35	8,617	3,96	7,997	
3D-4D	Arriba	3V1	6,35	3,18	20,32	11,955	3,567	11,513	Falla
	Abajo		6,35	4,76	6,35	8,474	3,944	8,073	
4D-5D	Arriba	3V1	6,35	3,18	20,32	11,868	3,544	11,601	Falla
	Abajo		6,35	4,76	6,35	8,404	3,915	8,153	
5D-6D	Arriba	3V1	6,35	3,18	20,32	11,804	3,527	11,674	Falla
	Abajo		6,35	4,76	6,35	8,318	3,888	8,227	
6D-7D	Arriba	3V1	6,35	3,18	20,32	11,712	3,516	11,76	Falla
	Abajo		6,35	4,76	6,35	8,236	3,788	8,304	
7D-8D	Arriba	3V1	6,35	3,18	20,32	11,625	3,54	11,856	Falla
	Abajo		6,35	4,76	6,35	8,159	3,904	8,387	
8D-9D	Arriba	3V1	6,35	3,18	20,32	11,532	3,558	11,922	Falla
	Abajo		6,35	4,76	6,35	8,067	3,933	8,444	
9D-10D	Arriba	3V1	8,57	3,18	6,35	11,474	3,61	12,123	Falla
	Abajo		6,99	4,76	6,35	7,99	3,963	8,594	
10D-11D	Arriba	3V1	5,08	3,18	8,57	12,456	3,999	13,645	Falla
	Abajo		3,81	5,72	6,99	8,392	5,022	10,478	
1C-2C	Arriba	3V3	4,13	2,54	5,72	5,969	1,818	4,869	Acero Insuficiente
	Abajo		1,27	4,13	2,54	4,318	2,344	3,013	
2C-3C	Arriba	3V3	5,72	4,45	5,08	4,993	1,545	4,814	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,545	3,013	
3C-4C	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,72	1,479	4,761	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,479	3,013	
4C-5C	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,805	1,491	4,787	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,491	3,013	
5C-6C	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,794	1,488	4,787	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,488	3,013	

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
6C-7C	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,787	1,488	4,793	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,488	3,013	
7C-8C	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,785	1,498	4,828	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,498	3,013	
8C-9C	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,675	1,48	4,705	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,48	3,013	
9C-10C	Arriba	3V3	5,72	4,45	5,08	4,867	1,566	5,067	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,566	3,013	
10C-11C	Arriba	3V3	4,13	2,54	5,72	4,786	1,486	3,736	Acero Insuficiente
	Abajo		1,27	4,13	2,54	3,013	2028	3,013	
1B-2B	Arriba	3V3	4,13	2,54	5,72	3,013	1,354	4,299	Acero Insuficiente
	Abajo		1,27	4,13	2,54	2,762	2,156	2,744	
2B-3B	Arriba	3V3	5,72	4,45	5,08	5,78	1,766	5,057	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,766	3,013	
3B-4B	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,555	1,458	4,689	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,458	3,013	
4B-5B	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,73	1,47	4,714	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,47	3,013	
5B-6B	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,723	1,468	4,73	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,468	3,013	
6B-7B	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,735	1,471	4,682	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,471	3,013	
7B-8B	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,749	1,475	4,691	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,475	3,013	
8B-9B	Arriba	3V3	5,08	1,91	5,08	4,704	1,462	4,505	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,462	3,013	
9B-10B	Arriba	3V3	5,72	4,45	5,08	5,085	1,76	5,761	Acero Insuficiente
	Abajo		1,91	3,49	1,91	3,013	1,76	3,013	
10B-11B	Arriba	3V3	4,13	2,54	5,72	4,384	1,37	3,415	Acero Insuficiente
	Abajo		1,27	4,13	2,54	2,795	2,304	3,013	
1A-2A	Arriba	3V2	5,08	3,18	8,57	13,053	3,849	11,381	Acero Insuficiente
	Abajo		3,81	5,72	6,99	9,033	5,022	6,895	
2A-3A	Arriba	3V2	8,57	3,18	6,35	11,695	4,042	11,532	No Cumple
	Abajo		6,99	4,76	6,35	7,091	5,022	7,427	
3A-4A	Arriba	3V2	6,35	3,18	20,32	111,626	3,921	11,512	Acero Insuficiente
	Abajo		6,35	4,76	6,35	7,235	5,022	7,176	
4A-5A	Arriba	3V2	6,35	3,18	20,32	11,654	3,885	11,57	Acero Insuficiente
	Abajo		6,35	4,76	6,35	7,23	5,022	7,245	

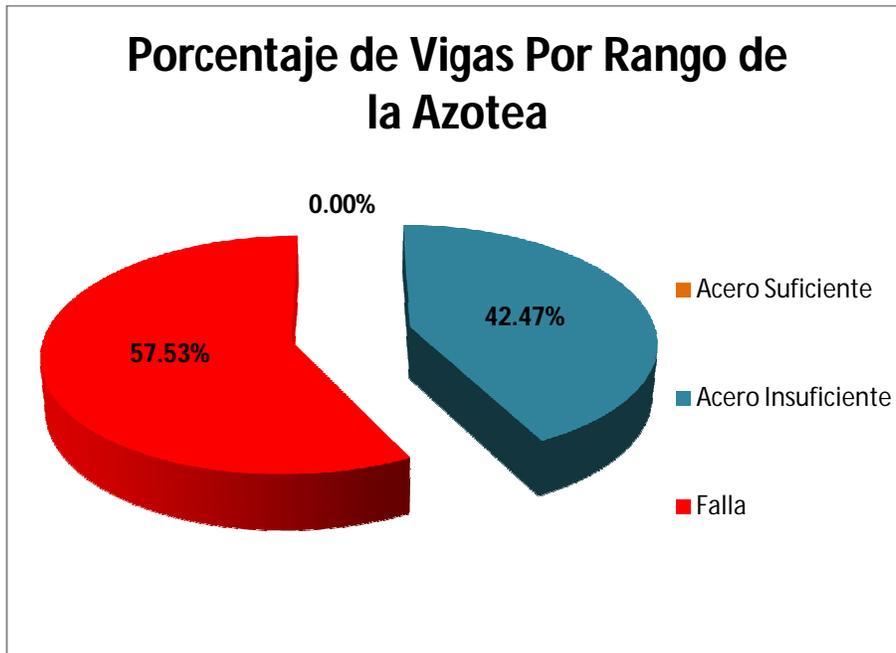
Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
5A-6A	Arriba	3V2	6,35	3,18	20,32	11,616	3,903	11,619	Acero Insuficiente
	Abajo		6,35	4,76	6,35	7,201	5,022	7,284	
6A-7A	Arriba	3V2	6,35	3,18	20,32	11,586	3,923	11,649	Acero Insuficiente
	Abajo		6,35	4,76	6,35	7,165	5,022	7,313	
7A-8A	Arriba	3V2	6,35	3,18	20,32	11,535	3,941	11,68	Acero Insuficiente
	Abajo		6,35	4,76	6,35	7,121	5,022	7,337	
8A-9A	Arriba	3V2	6,35	3,18	20,32	11,459	3,976	11,651	Acero Insuficiente
	Abajo		6,35	4,76	6,35	7,4	5,022	7,332	
9A-10A	Arriba	3V2	8,57	3,18	6,35	11,463	3,972	11,673	Acero Insuficiente
	Abajo		6,99	4,76	6,35	7,271	5,022	7,169	
10A-11A	Arriba	3V2	5,08	3,18	8,57	11,38	3,929	11,114	Acero Insuficiente
	Abajo		3,81	5,72	6,99	6,832	5,022	7,96	
A1-B1	Arriba	3V6	6,35	2,54	10,16	22,972	9,793	11,771	Falla
	Abajo		11,75	11,75	6,67	13,804	13,615	7,569	
B1-C1	Arriba	3V6	10,16	7,62	10,16	9,677	7,706	9,793	Falla
	Abajo		3,81	3,81	3,81	4,735	2,903	6,767	
C1-D1	Arriba	3V6	10,16	2,54	6,35	14,245	9,793	29,249	Falla
	Abajo		6,67	11,75	11,75	9,793	12,688	14,518	
A2-B2	Arriba	3V4	8,26	3,18	20,32	35,142	13,229	22,136	Falla
	Abajo		20,32	20,32	12,70	20,604	20,584	14,057	
B2-C2	Arriba	3V4	22,86	15,24	22,86	14,9	9,067	14,115	Falla
	Abajo		8,26	3,18	8,26	9,625	4,742	9,135	
C2-D2	Arriba	3V4	20,32	3,18	8,26	20,517	10,896	37,012	Falla
	Abajo		12,70	20,32	20,32	13,081	18,514	18,383	
A3-B3	Arriba	3V4	8,26	3,18	20,32	35,284	12,984	21,009	Falla
	Abajo		20,32	20,32	12,70	19,498	19,508	13,378	
B3-C3	Arriba	3V4	22,86	15,24	22,86	14,061	8,83	14,061	Falla
	Abajo		8,26	3,18	8,26	8,002	4,475	9,074	
C3-D3	Arriba	3V4	20,32	3,18	8,26	19,637	10,396	35,054	Falla
	Abajo		12,70	20,32	20,32	12,546	17,581	17,424	
A4-B4	Arriba	3V4	8,26	3,18	20,32	34,213	12,263	20,256	Falla
	Abajo		20,32	20,32	12,70	18,817	18,88	12,922	
B4-C4	Arriba	3V4	22,86	15,24	22,86	14,061	8,764	14,061	Falla
	Abajo		8,26	3,18	8,26	8,06	4,441	9,005	
C4-D4	Arriba	3V4	20,32	3,18	8,26	19,317	10,085	33,853	Falla
	Abajo		12,70	20,32	20,32	12,351	17,245	16,976	
A5-B5	Arriba	3V4	8,26	3,18	20,32	33,237	11,657	19,806	Falla
	Abajo		20,32	20,32	12,70	18,276	18,434	12,649	

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
B5-C5	Arriba	3V4	22,86	15,24	22,86	14,061	8,712	14,061	Falla
	Abajo		8,26	3,18	8,26	7,865	4,391	8,902	
C5-D5	Arriba	3V4	20,32	3,18	8,26	18,951	9,805	32,782	Falla
	Abajo		12,70	20,32	20,32	12,128	16,934	16,556	
A6-B6	Arriba	3V4	8,26	3,18	20,32	32,27	11,041	19,364	Falla
	Abajo		20,32	20,32	12,70	17,704	17,988	12,38	
B6-C6	Arriba	3V4	22,86	15,24	22,86	14,061	8,622	14,061	Falla
	Abajo		8,26	3,18	8,26	7,75	4,32	8,755	
C6-D6	Arriba	3V4	20,32	3,18	8,26	18,573	9,556	31,836	Falla
	Abajo		12,70	20,32	20,32	11,897	16,624	16,127	
A7-B7	Arriba	3V4	8,26	3,18	20,32	33,066	11,508	19,627	Falla
	Abajo		20,32	20,32	12,70	18,085	18,281	12,54	
B7-C7	Arriba	3V4	22,86	15,24	22,86	14,061	8,675	14,061	Falla
	Abajo		8,26	3,18	8,26	7,747	4,37	8,859	
C7-D7	Arriba	3V4	20,32	3,18	8,26	18,883	9,728	32,488	Falla
	Abajo		12,70	20,32	20,32	12,086	16,84	16,437	
A8-B8	Arriba	3V4	8,26	3,18	20,32	33,909	11,989	19,869	Falla
	Abajo		20,32	20,32	12,70	18,46	18,596	12,687	
B8-C8	Arriba	3V4	22,86	15,24	22,86	14,061	8,749	14,061	Falla
	Abajo		8,26	3,18	8,26	7,809	4,438	8,998	
C8-D8	Arriba	3V4	20,32	3,18	8,26	19,276	9,926	33,242	Falla
	Abajo		12,70	20,32	20,32	12,326	17,11	16,802	
A9-B9	Arriba	3V4	8,26	3,18	20,32	34,75	12,604	20,555	Falla
	Abajo		20,32	20,32	12,70	19,02	19,076	13,104	
B9-C9	Arriba	3V4	22,86	15,24	22,86	14,061	8,797	14,061	Falla
	Abajo		8,26	3,18	8,26	7,716	4,443	9,008	
C9-D9	Arriba	3V4	20,32	3,18	8,26	19,45	10,159	34,137	Falla
	Abajo		12,70	20,32	20,32	12,432	17,372	17,185	
A10-B10	Arriba	3V4	8,26	3,18	20,32	34,271	12,651	21,648	Falla
	Abajo		20,32	20,32	12,70	19,955	19,963	13,764	
B10-C10	Arriba	3V4	22,86	15,24	22,86	14,536	8,954	14,061	Falla
	Abajo		8,26	3,18	8,26	9,398	4,632	8,689	
C10-D10	Arriba	3V4	20,32	3,18	8,26	20,343	10,555	35,672	Falla
	Abajo		12,70	20,32	20,32	12,975	18,235	18,012	
A11-B11	Arriba	3V7	6,35	2,54	10,16	26,953	13,057	14,218	Falla
	Abajo		11,75	11,75	6,67	16,897	16,58	9,176	
B11-C11	Arriba	3V7	10,16	7,62	10,16	10,807	6,2	6,293	Acero Insuficiente
	Abajo		3,81	3,81	3,81	5,308	2,631	3,114	

Vano	Lugar	Viga	Acero de Plano			Acero de Programa			OBSERVACION
			Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha	
C11-D11	Arriba	3V7	10,16	2,54	6,35	13,057	12,071	31,316	Falla
	Abajo		6,67	11,75	11,75	9,334	15,779	16,268	

**Tabla 5.21. Porcentaje de las Vigas de Azotea en Cada Rango**

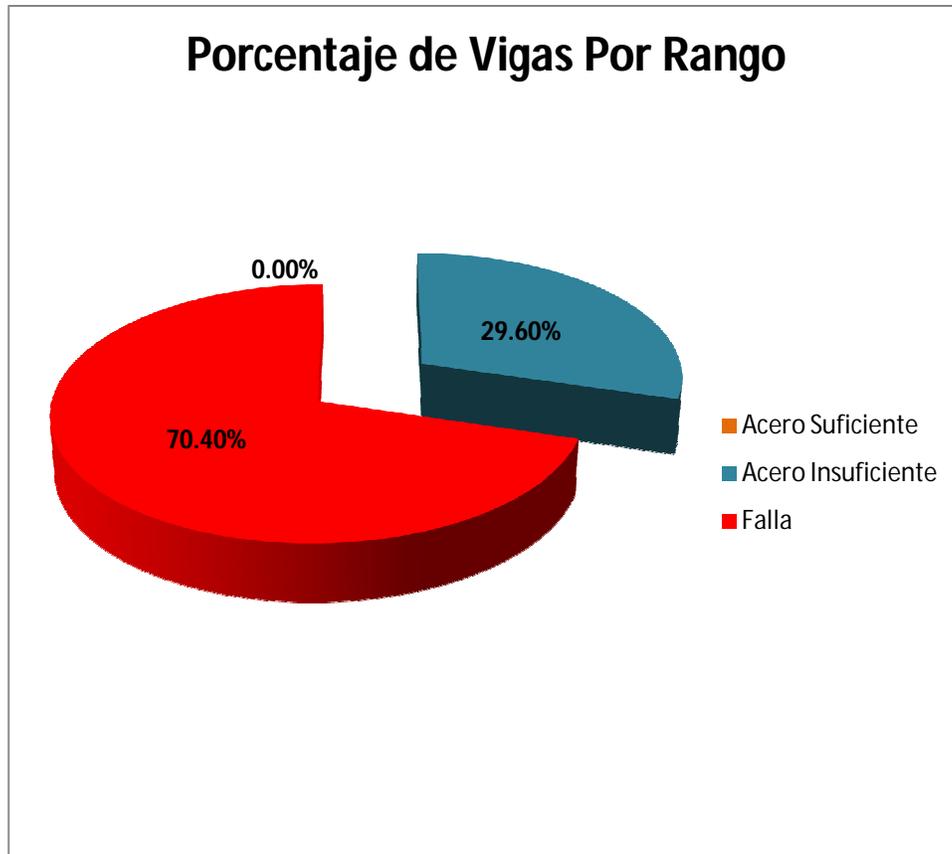
Rango	Color	Total Por Rango	Porcentaje de Vigas por Rango
Acero Suficiente	■	0	0,00%
Acero Insuficiente	■	31	42,47%
Falla	■	42	57,53%
TOTAL		73	100,00%



**Imagen 5.13. Porcentaje de Vigas del Techo según Rango de cumplimiento**

**Tabla 5.22. Porcentaje de Vigas en Cada Rango**

Rango	Color	Total Por Rango	Porcentaje de Vigas por Rango
Acero Suficiente	■	0	0,00%
Acero Insuficiente	■	66	29,60%
Falla	■	157	70,40%
TOTAL		223	100,00%



**Imagen 5.14. Porcentaje de Vigas según Rango de cumplimiento**

**Tabla 5.23. Porcentaje según tipo de Falla en Vigas**

<b>Tipo de falla</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Torsión</b>	<b>23,56%</b>
<b>Corte</b>	<b>76,44%</b>

De acuerdo con los resultados obtenidos en las gráficas, se puede observar que ninguna de las vigas cumple con el acero requerido por norma, el 29,60% de éstas no poseen el acero suficiente para soportar las solicitaciones a las que pudieran estar sometidas y el 70,40% falla ya sea por torsión y corte o porque la sección requiere más acero del permitido, lo cual se traduce en que la viga necesita ser diseñada y dimensionada nuevamente. Es importante resaltar que el nivel azotea fue el nivel en el que menos vigas fallaron, esto se debe a que es el nivel que está sometido a menos solicitaciones.

## **Conclusiones**

El presente Trabajo Especial de Grado se realizó en el marco de un proceso sistemático de registro y evaluación de las obras de concreto armado de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC), dirigido por el Consejo de Preservación y Desarrollo (COPRED) y el Departamento de Ingeniería Estructural de la Escuela de Ingeniería Civil.

De acuerdo con la comparación visual realizada y los datos encontrados en los planos originales, se notó que existen paredes de bloques y tabiquería liviana, no contemplados en el proyecto original, además de cambios en el uso de algunas de las áreas del edificio.

Además de esto se pudo observar que el edificio presenta vigas en ambas direcciones lo cual le aporta más rigidez al edificio en comparación a otras edificaciones de la CUC, que solo presenta vigas en una dirección. Sin embargo es importante resaltar que aun cuando el edificio presente vigas en ambas direcciones, las vigas son planas en una de ellas, lo que le aporta al edificio menos efectividad ante un evento sísmico.

Por otro lado, se observó que la edificación en general se encuentra en buen estado, tomando en cuenta su vida de uso, la mayoría de los problemas de deterioro vienen dado por grietas o por humedad y están en la fachada de la edificación y fuera de elementos estructurales como lo son vigas y columnas.

Cuando la edificación fue modelada y recalculada con el programa siguiendo los lineamientos que establece este tipo de investigación, se observó que el 100% de las columnas presentan una  $F_R$  menor a la unidad, es decir que la capacidad es menor a las solicitaciones a las cuales estas están sometidas, al igual paso con las vigas dando que ninguna de ellas cumplía con el acero requerido por norma, 29,6% de éstas no poseen el acero suficiente y 70,4% Falla ya sea por torsión o por corte, o porque la sección requiere más acero del permitido, lo cual se traduce en que la viga necesita ser diseñada y dimensionada nuevamente.

Basándonos en los resultados mencionados anteriormente, podemos concluir que la estructura, no cumple con las condiciones mínimas exigidas por la normativa vigente, por la que se rige la construcción de edificaciones en el país.

Aun cuando los resultados obtenidos no fueron óptimos, esto no quiere decir que la edificación vaya a colapsar ya que como se sabe todas las edificaciones de la CUC soportaron el terremoto ocurrido en Caracas en 1967, por lo que se cree que dichos edificios pueden presentar efectos locales favorables o efectos de sobre-resistencia que lo permitan soportar las acciones sísmicas.

## **Recomendaciones**

Dados los resultados obtenidos en este Trabajo Especial de Grado recomendamos la realización de un análisis por elementos finitos no lineales, que permita obtener resultados más exactos o confirmar los existentes, incorporando elementos no estructurales que puedan afectar el comportamiento del edificio. También se recomienda que COPRED lleve a cabo un proyecto de reforzamiento de la estructura teniendo en cuenta los lineamientos establecidos debido a la condición de Patrimonio Cultural de la Humanidad, luego de comprobados los resultados arrojados por este trabajo.

Para futuros tesis que vayan a realizar su Trabajo Especial de Grado, en esta misma línea de investigación, se recomienda que utilicen un Ferroskan que se encuentre calibrado, que les permita obtener imágenes más claras, para obtener una mejor comparación entre lo que dicen los planos y lo que presenta la estructura.

## Referencias Bibliográficas

Hernández, Eliud. "Análisis y Diseño estructural utilizando el programa ETABS v9".  
Código: CSI-ETADS-T1-V1-07

Nunes M, Vasco (2008). "Evaluación estructural del edificio sede principal de la facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Ciudad Universitaria de Caracas". Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela

Peña, José y Eylliana Azuaje (2009) "Evaluación estructural del edificio sede de las Escuelas de ingeniería de petróleo, geología y química de la facultad de Ingeniería de la Ciudad Universitaria de Caracas". Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela

Norma Venezolana 1753-2006. "Proyecto y Construcción de Obras de Concreto Estructural"

Nomas COVENIN 2002-1988. "Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones"

Normas COVENIN 1756-2001. "Edificaciones Sismorresistentes"

Norma Americana ACI 318-2005 "Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural"

<http://www.centenariovillanueva.web.ve/CUC/SuPasado/historiaydesarrollo/FramesHistoriaDesarrollo.htm>. (Consultado 14/01/10).

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayonodestructivo> (Consultado 14/01/10).

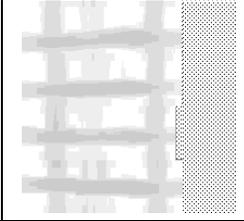
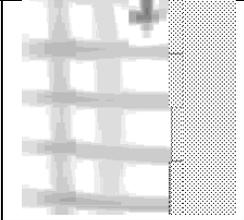
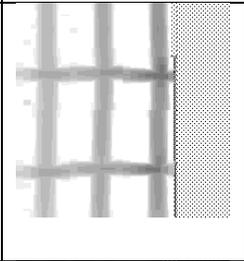
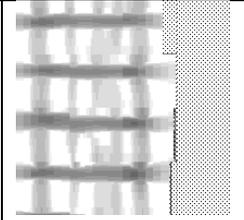
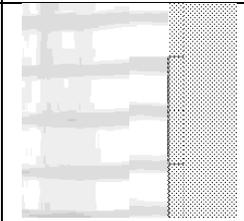
<http://elultimatumhiperboreo.blogspot.com/2008/01/universidad-central-de-venezuela.html>. (Consultado el 19/08/10).

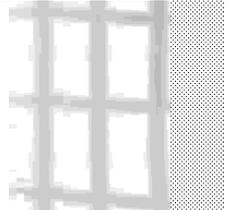
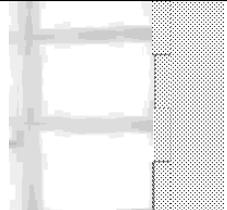
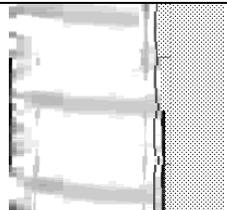
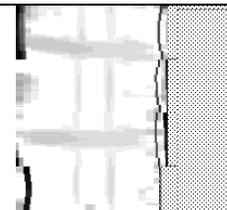
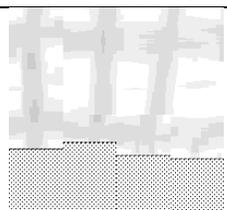
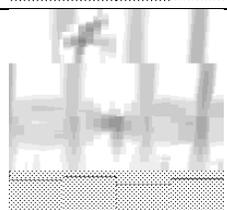
[http://www.humi-stop.ch/cancer\\_beton.php?lang=sp](http://www.humi-stop.ch/cancer_beton.php?lang=sp) (Consultado el 19/08/10).

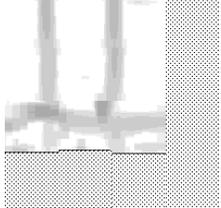
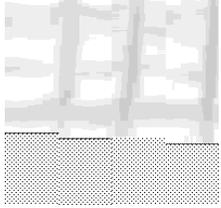
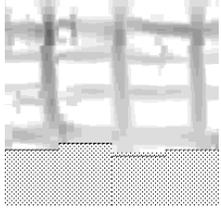
## **ANEXOS A**

Plano y fotos de los elementos ensayados con el Ferroskan

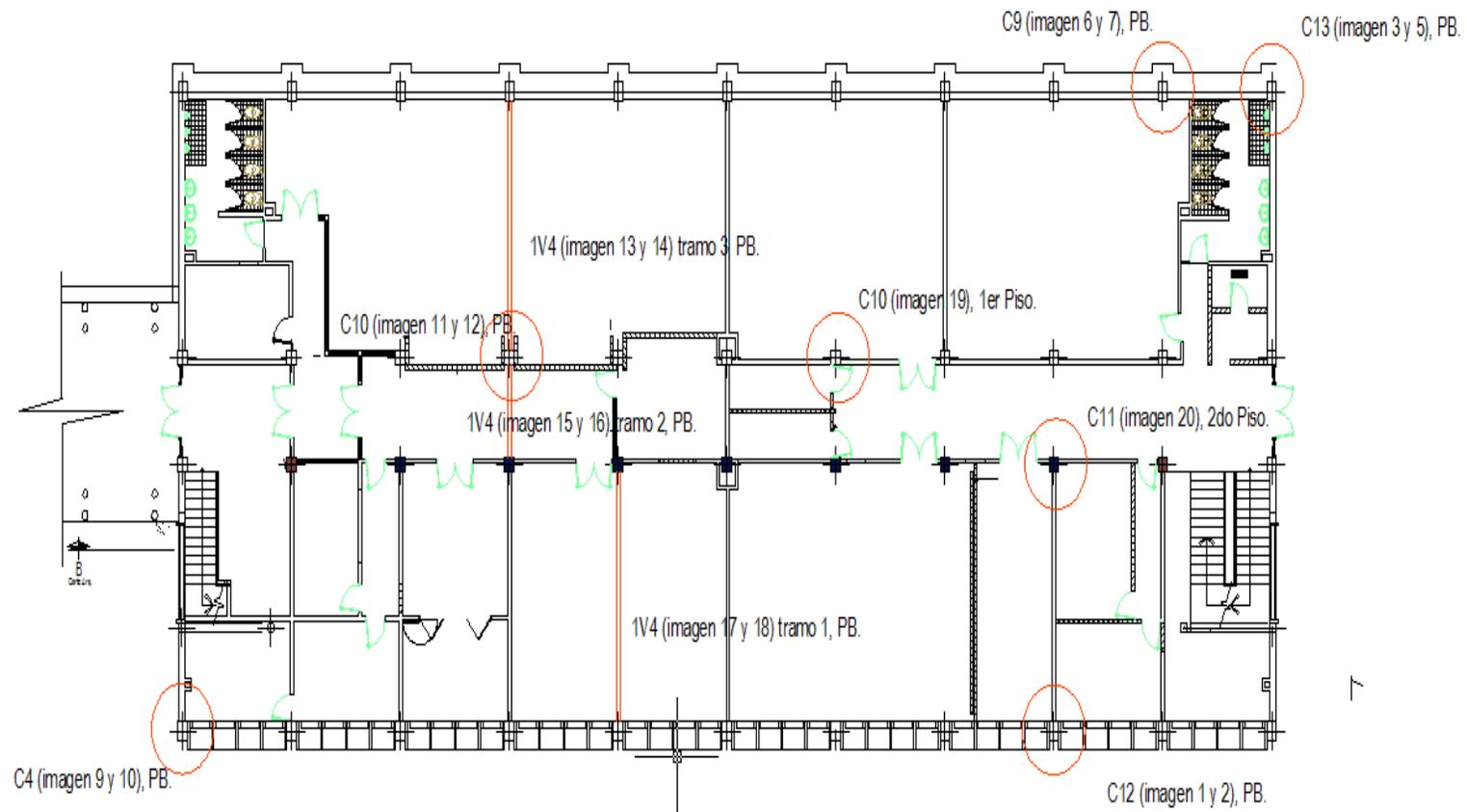
**Tabla de Elementos Ensayados con el Ferroskan**

Elemento Ensayado	Ubicación	Numero de Imagen	Radiografía	Foto durante el Ensayo
C12	PB	1		
		2		
C13	PB	3		
C9	PB	6		
		7		

Elemento Ensayado	Ubicación	Numero de Imagen	Radiografía	Foto durante el Ensayo
C4	PB	9		
		10		
C10	PB	11		
		12		
1V4 (3er Tramo)	1er Nivel	13		
		14		

Elemento Ensayado	Ubicación	Numero de Imagen	Radiografía	Foto durante el Ensayo
1V4 (2do Tramo)	1er Nivel	15		
		16		
1V4 (1er Tramo)	1er Nivel	17		
		18		

## Plano de los elementos ensayados con el ferroskan



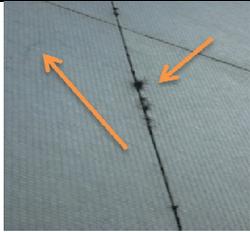
## **ANEXOS B**

Planillas de registro para el levantamiento de daños de los Elementos Estructurales

Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales										
Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
7		Pared y Bloque de Ventilación	11	A-B	Parte Inferior	Humedad	X	3		
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	4		
						Des. y/o fisura de mosaico	X	2		
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
8	PB	Pared	11	C-D	Parte Superior	Humedad				
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	5		
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
9	PB	Pared	11	C-D	Parte Inferior	Humedad				
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	5		
						Des. y/o fisura de mosaico	X	3		
Capa Vegetal										

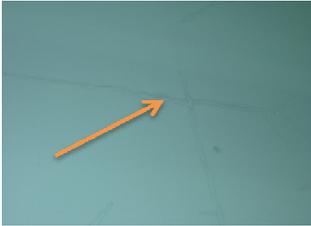
**Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales**

**Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas**

N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long		Tipo	Nivel			
10	1	Pared	11	C-D	Parte Superior	Humedad				Aparición de Capa Vegetal debido a la humedad presente en las grietas ocasionadas por los mosaicos
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	4		
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal	x	2								
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
Transv.	Long	Tipo	Nivel							
11	1	Pared	11	C-D	A lo largo de todo el elemento	Humedad				
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	4		
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
Transv.	Long	Tipo	Nivel							
12	PB	Pared	11	C-D	Parte Inferior	Humedad				
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	4		
						Des. y/o fisura de mosaico	X	3		
Capa Vegetal										

Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales										
Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
13	PB	Ventana	10-11	D	Todo el Elemento	Humedad				Vidrios rotos, y ventanas oxidadas debido al mal mantenimiento y a la humedad presente en el edificio
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
14	PB	Ventana	9-10	D	Parte Superior	Humedad				Vidrios rotos
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
15	PB	Losa de Piso	1	C-D	Parte Inferior	Humedad				Excavación en la parte inferior de la Losa de PB, en el lado Nor-Oeste del Edificio
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										

Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales										
Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
16	PB	Pared	1	C-D	Parte Superior	Humedad				Remaches, para controlar que la grieta no se siga abriendo más de lo que esta
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	5		
						Des. y/o fisura de mosaico				
						Capa Vegetal				
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
17	PB	Pared	1	A-B	Parte Inferior	Humedad				Grieta que se extiende a todo lo largo de la parte inferior de la fachada
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	5		
						Des. y/o fisura de mosaico				
						Capa Vegetal				
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
18	PB	Bloque de Ventilación	1	A-B	A lo largo de todo el elemento	Humedad	X	3		
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
						Capa Vegetal				

Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales										
Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
19	PB	Pared	3-4	A-B	Parte Superior	Humedad				Apertura de pared divisoria
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
20	PB	Pared	4-5	A	Parte Superior	Humedad	X	4		Apertura de Pared de Fachada para colocación de aire acondicionado
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
21	PB	Pared	2	C-D	Parte Superior	Humedad				
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	2		
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										

Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales											
Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas											
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones	
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel			
22	PB	Pared	6	C-D	Parte Superior	Humedad				Apertura de Pared divisoria para colocación de Aire acondicionado	
						Recubrimiento					
						Corrosión					
						Grietas					
						Des. y/o fisura de mosaico					
						Capa Vegetal					
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones	
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel			
23	PB	Pared	6	A-B	Parte Superior	Humedad				Apertura de Pared divisoria, para paso de tuberías de agua y de electricidad	
						Recubrimiento					
						Corrosión					
						Grietas		X			3
						Des. y/o fisura de mosaico					
						Capa Vegetal					
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones	
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel			
24	2	Pared	5-6	B	Parte Superior	Humedad				Apertura de Pared divisoria, para paso de tuberías	
						Recubrimiento					
						Corrosión					
						Grietas					
						Des. y/o fisura de mosaico					
						Capa Vegetal					

Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales										
Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
25	2	Pared	8-9	D	Parte Superior	Humedad	X	4		
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico Capa Vegetal				
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
26	2	Pared	9-10	D	Parte Superior	Humedad				Apertura de Pared de Fachada para colocación de aire acondicionado
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico Capa Vegetal				
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
27	2	Losa Escalera	10-11	A-B	Parte Inferior	Humedad				
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas	X	3		
						Des. y/o fisura de mosaico Capa Vegetal				

Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales										
Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
28	2	Pared	5-6	A-B		Humedad				Colocación de una Pared divisoria para crear el Salón de Post-Grado
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
						Capa Vegetal				
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
29	2	Losa de techo	5-6	B-C		Humedad		X		
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
						Capa Vegetal				
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo		Nivel		
30	2	Pared	7-8	D	Parte Inferior	Humedad		X		
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
						Capa Vegetal				

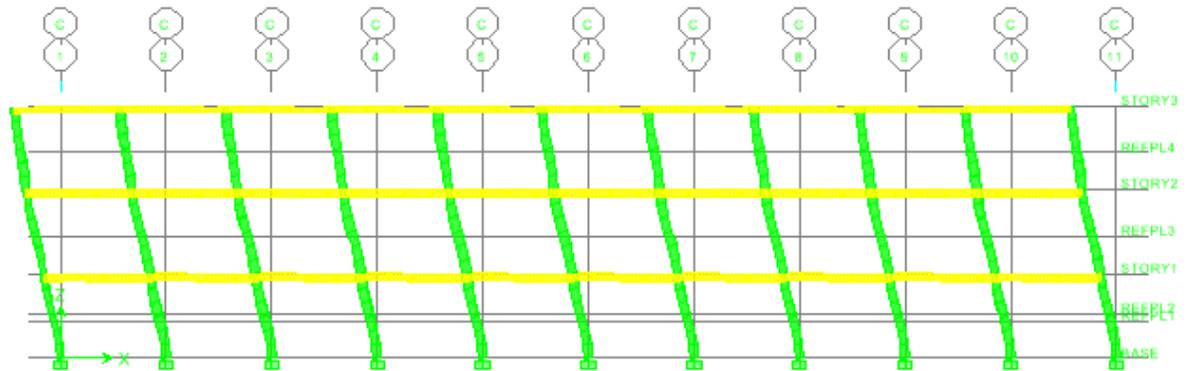
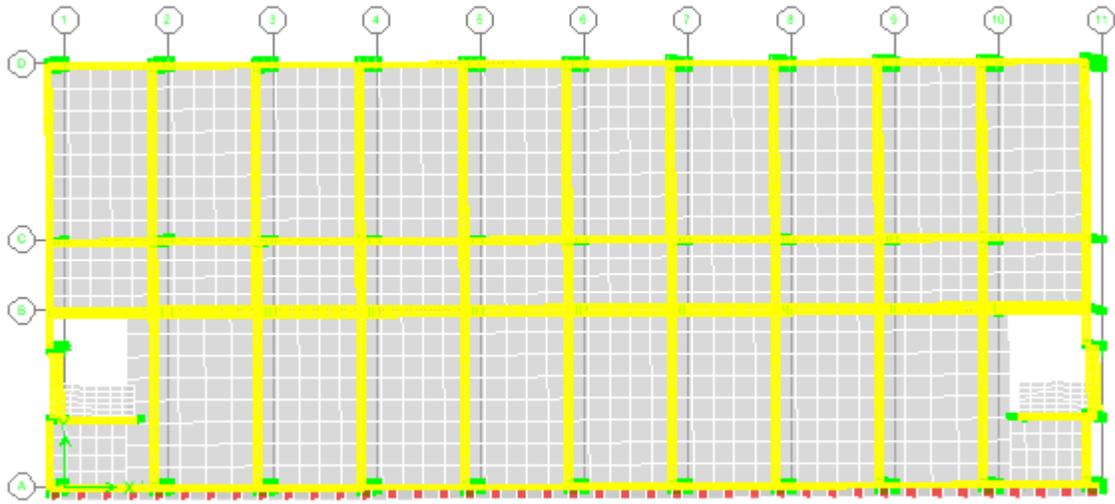
Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales										
Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo	Nivel			
31	2	Pared	7-8	D	Parte Superior	Humedad				Apertura de Pared de Fachada para colocación de aire acondicionado
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo	Nivel			
32	2	Pared	9-10	A	Parte Inferior	Humedad	X	4		
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo	Nivel			
33	2	Pared	9-10	A	Parte Inferior	Humedad	X	4		
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
Capa Vegetal										

Planilla de registro para el levantamiento de daños en los elementos estructurales										
Estructura en estudio: Edificio sede de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Ciudad Universitaria de Caracas										
N°	Nivel	Tipo de Elemento	Eje		Ubicación del daño del elemento	Daños			Foto	Observaciones
			Transv.	Long.		Tipo	Nivel			
34	PB	Pared	11	A-B	Parte Inferior	Humedad				
						Recubrimiento				
						Corrosión				
						Grietas				
						Des. y/o fisura de mosaico				
						Capa Vegetal	X	2		

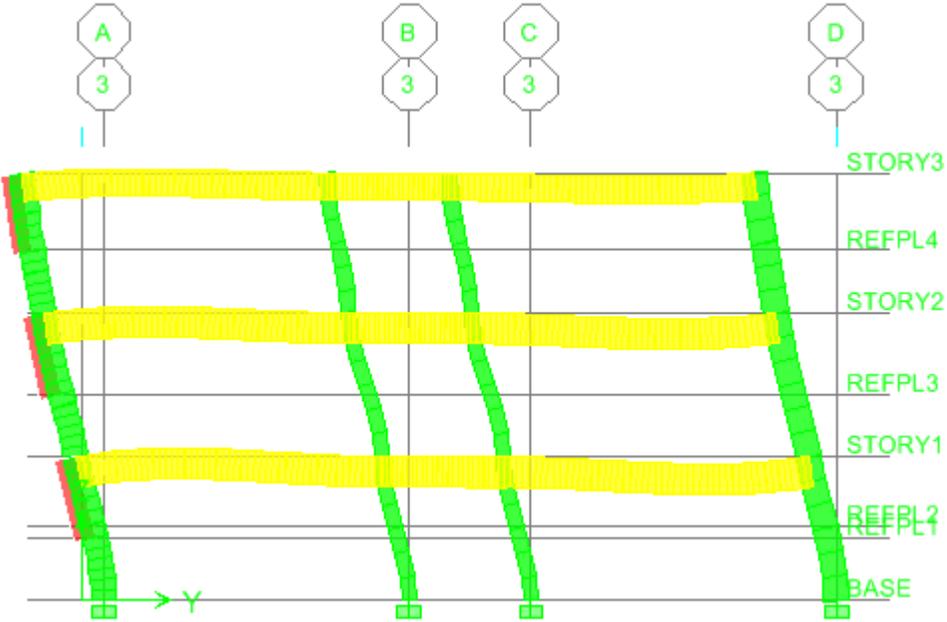
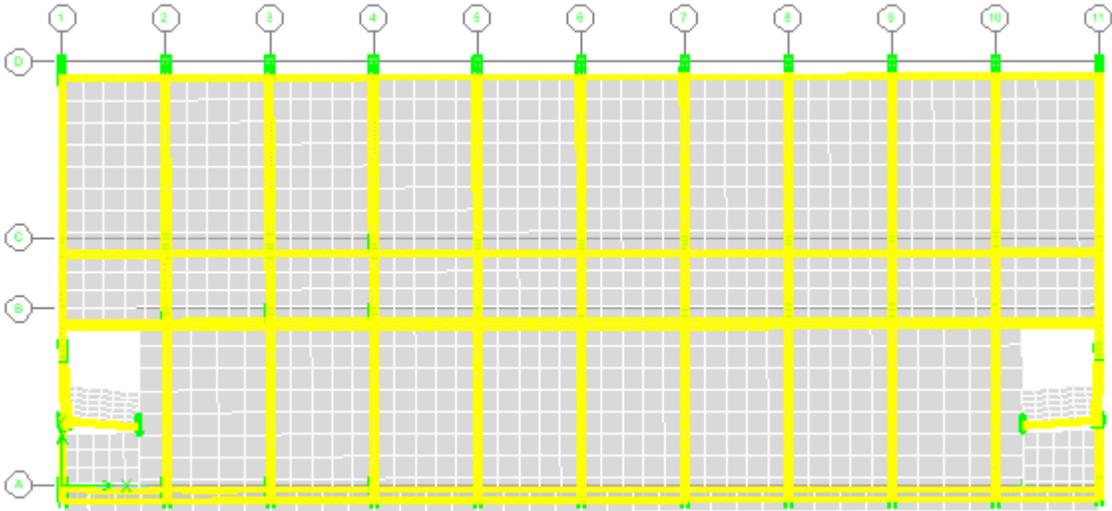
# **ANEXOS C**

Formas Modales

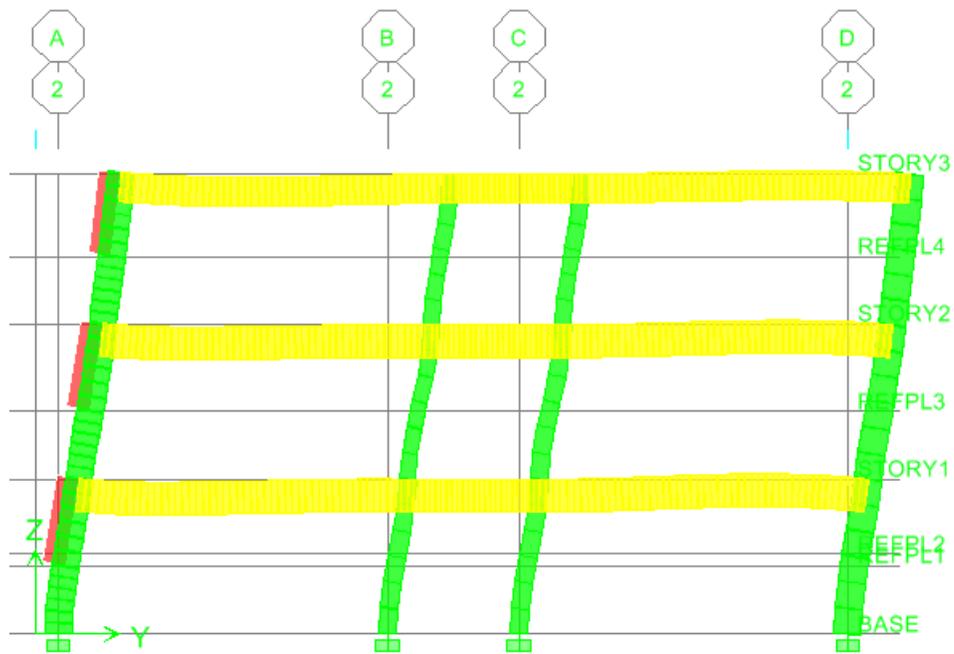
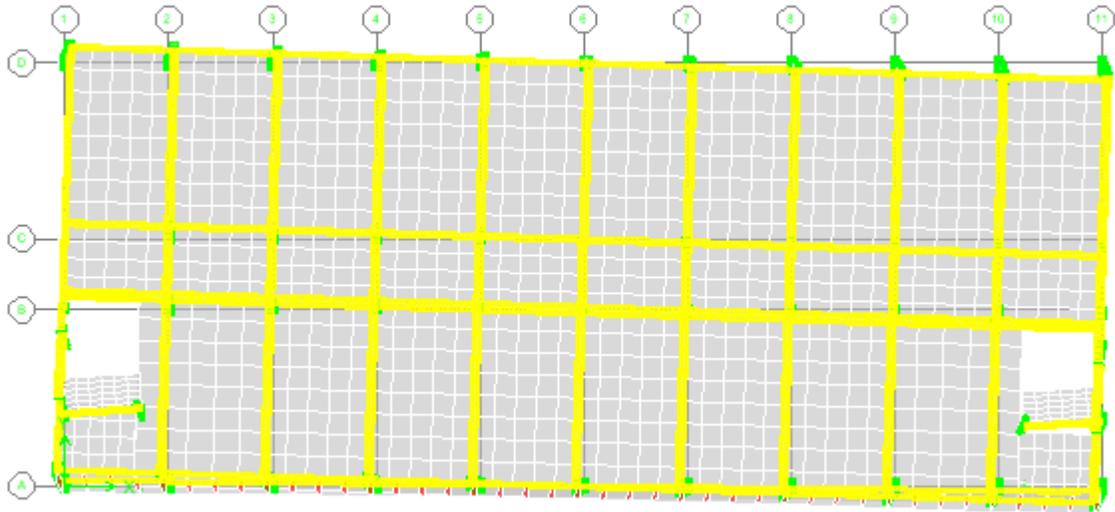
# Modo 1



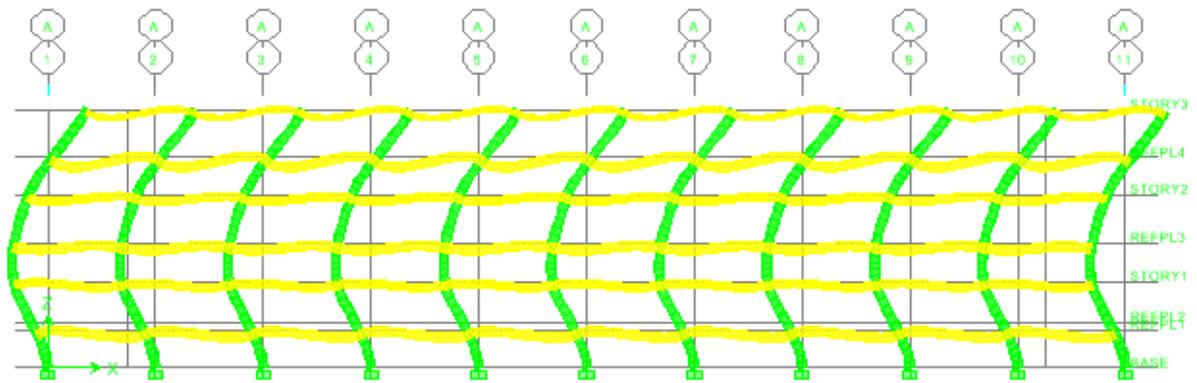
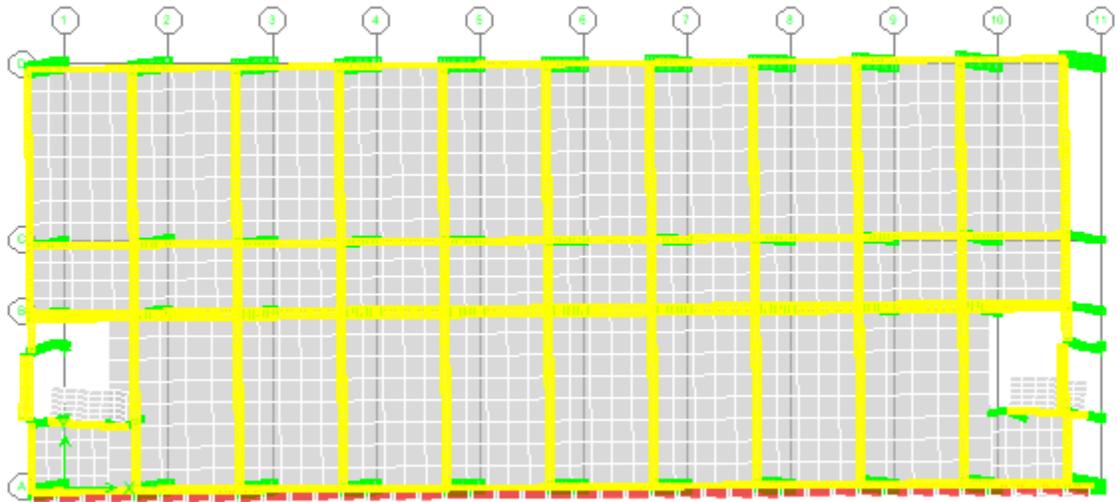
Modo 2



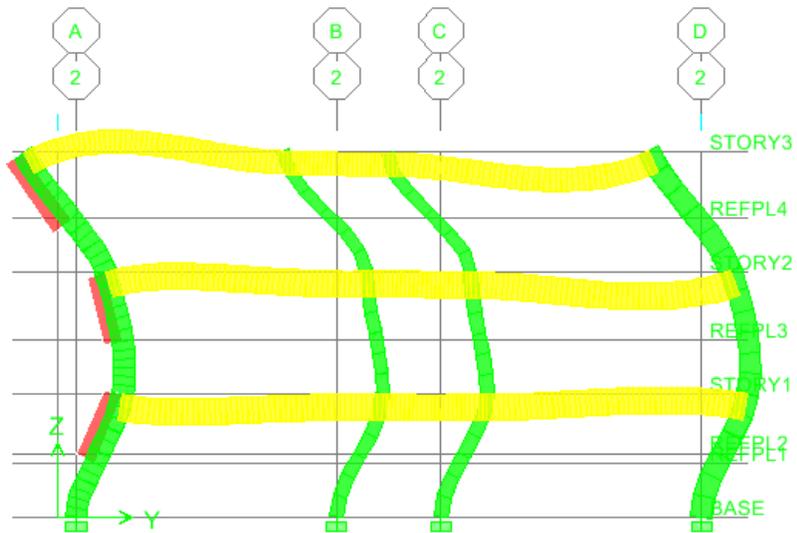
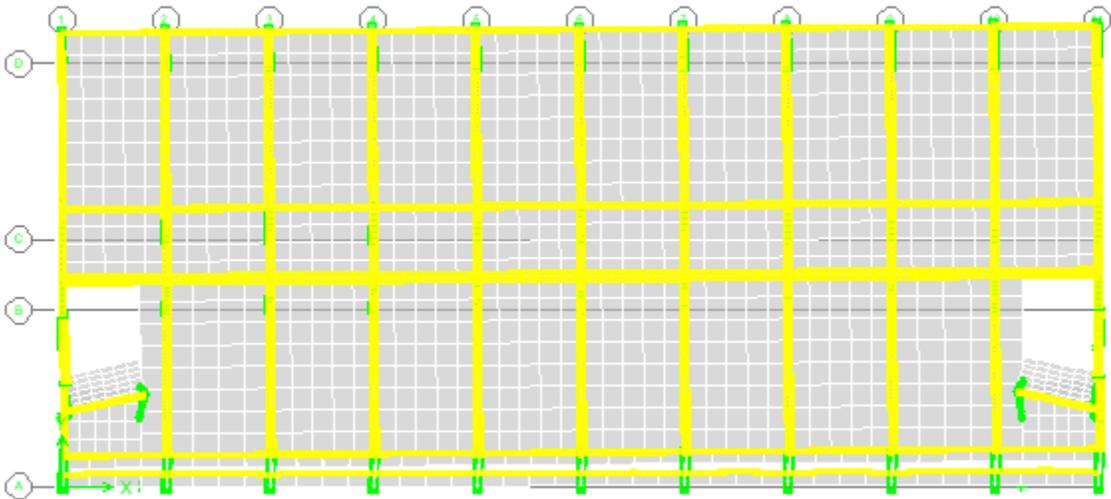
### Modo 3



### Modo 4



# Modo 5



## **ANEXOS D**

Diagrama de Interacción de la Columna más desfavorable

## Diagrama de Interacción de la Columna más desfavorable

