



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO**  
**ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES GESTION**  
**DEL RIESGO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN  
ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

**TEMA**

MODELAMIENTO INFORMATICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA  
ESTRUCTURA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA  
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR ANTE AMENAZA SISMICA.

**AUTORES:**

KATTY MICHAELLE ESCOBAR ESCOBAR

JHONNY PAÛL ANDRADE LARA

**TUTOR:**

ING. GINO ALONSO NOBOA FLORES

**GUARANDA ECUADOR**

## **TEMA**

MODELAMIENTO INFORMATICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR ANTE AMENAZA SISMICA.

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios, quien supo guiarme dentro de mi vida universitaria y ser mi compañero fiel en todas las etapas de mi vida, siendo mi fuente de sabiduría en momentos de incertidumbre y llevándome así, a cumplir mis metas personales.

Sin duda, agradezco a mi madre, Morayma Escobar, mujer trabajadora, que ha sido un pilar fundamental en mi desarrollo académico, siempre brindándome su amor, su apoyo incondicional y esa paciencia que me formó, pese a las adversidades que se pudieran presentar en el camino, hemos salido adelante con la frente en alto, gracias a ti madre, puedo decir que me he formado como una mujer de bien y sigo aprendiendo cada día en el manto de tu consejo.

Además, quiero agradecer a mi padre, Roque Escobar, que con sus palabras de aliento ha podido lograr en mí grandes iniciativas de índole personal, a no rendirme ante las adversidades y a luchar por lograr mis objetivos, ya que las cosas no vienen por designación si no por sacrificio y perseverancia.

También deseo agradecer a mis adorados hermanos, Adrián y Alex, quienes siempre han estado pendientes de mi éxito profesional, dándome el ánimo necesario mientras cursaba mis niveles universitarios, gracias por aquellos consejos, anécdotas y enseñanzas, y no cabe duda que no puedo dejar de un lado a mi familia, quienes se han preocupado por mi formación y han anhelado mi profesionalismo.

De todo corazón agradezco a mi novio, Stalin Ulloa, amigo y compañero fiel, quien siempre ha estado mi lado, en tantos buenos y malos momentos, con su apoyo incondicional, con sus palabras de afecto y su compañía, motivándome cada día para poder seguir adelante y no claudicar ante adversidades.

**KATTY MICHAELLE ESCOBAR ESCOBAR**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios y la Virgen por haberme guiado a lo largo de estos años de mi carrera universitaria, por permitirme ahora culminar una meta más en mi vida profesional.

Agradezco también a mis padres y hermanos, en especial a mi madre por haber sido mi sustento, mi pilar fundamental para no desmayar ante los obstáculos que se me presentaron a lo largo de estos años y lograr culminar esta meta que con la bendición de Dios no será la última.

**QUERER ES PODER.**

**JHONNY PAÚL ANDRADE LARA**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación está dedicado en memoria de mi cuñada, Rosa Colina Velasco, persona humilde que siempre estuvo conmigo mientras pude disfrutar de su compañía, inculcando en mí virtudes, destrezas y fortalezas que son propias de mi persona en este instante, tantas palabras de motivación que han generado esa visión de desarrollo y que no deje que ningún obstáculo me impida desarrollarme profesionalmente, ya que son simples limitaciones que con trabajo duro será logrados.

**KATTY MICHAELLE ESCOBAR ESCOBAR**

## INDICE

<b>TEMA .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XIV</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>1. EL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3    OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
1.3.1    Objetivo general .....	2
1.3.2    Objetivos específicos .....	2
<b>1.4    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5    LIMITACIONES .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>4</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. ....</b>	<b>4</b>
<b>2.2    BASES TEÓRICAS. ....</b>	<b>6</b>
2.2.1    Modelación de sistemas estructurales.....	8
2.2.2    Peligro sísmico .....	9
2.2.3    Vulnerabilidad al daño de las edificaciones. ....	9
2.2.4    Contexto del área de estudio.....	10
2.2.5    Tipo de suelo edificio administrativo. ....	10
2.2.6    Marco Legal.....	12
<b>2.3    DEFINICIÓN DE TÉRMINOS. ....</b>	<b>15</b>

<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>20</b>
<b>3. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 DISEÑO .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>21</b>
<b>3.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS, PARA CADA UNO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>24</b>
<b>4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA DEL EDIFICIO MEDIANTE LA OBSERVACIÓN DE LOS DAÑOS ESTRUCTURALES EXISTENTES.....</b>	<b>24</b>
4.1.1 Distribución interna de paredes .....	25
4.1.2 Asentamientos .....	25
4.1.3 Síntomas .....	25
4.1.4 Fisuras y grietas encontradas en la edificación .....	26
<b>4.2 EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO ANTE SISMOS, MEDIANTE EL MODELAMIENTO UTILIZANDO EL SOTFWARE CYPECAD. ....</b>	<b>31</b>
4.2.1 Datos generales.....	31
4.2.2 Datos generales de hormigón armado. ....	32
4.2.3 Selección de normas .....	32
4.2.4 Definición de plantas y grupos de plantas .....	33
4.2.5 Cargas permanentes y sobrecargas de uso: De acuerdo a la NEC_SE_CG (cargas no sísmicas).....	33

4.2.6	Importación de los planos arquitectónicos al Cypecad .....	34
4.2.7	Introducción de columnas de la edificación .....	34
4.2.8	Introducción de vigas.....	35
4.2.9	Introducción de losas .....	35
4.2.10	Cálculo de la estructura .....	36
4.2.11	Modelamiento del edificio administrativo con Cypecad.....	37
<b>4.3</b>	<b>RESULTADOS DE JUSTIFICACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA.....</b>	<b>37</b>
4.3.1	Sismo .....	37
4.3.1.1	Espectro de cálculo.....	39
4.3.1.2	Coefficientes de participación modal.....	42
4.3.1.3	Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta .....	44
4.3.1.4	Corrección por cortante basal .....	45
4.3.1.5	Cortante sísmico combinado por planta .....	48
4.3.2	Distorsiones de columnas .....	50
<b>4.4</b>	<b>MODOS DE VIBRACIÓN.....</b>	<b>62</b>
<b>4.5</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS MODELAMIENTO 1 .....</b>	<b>63</b>
4.5.1	Participación modal de masas.....	63
4.5.2	Distorsión de columnas .....	64
<b>4.6</b>	<b>MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL. ....</b>	<b>65</b>
4.6.1	Modelamiento tridimensional 2.....	66
4.6.2	Muro de hormigón armado .....	66
<b>4.7</b>	<b>RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL (SUGIRIENDO MUROS DE HORMIGÓN). ....</b>	<b>67</b>
4.7.1	Sismo .....	67



4.7.2	Espectro de cálculo .....	69
4.7.3	Coeficientes de participación.....	71
4.7.4	Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta .....	73
4.7.5	Corrección por cortante basal .....	74
4.7.6	Cortante sísmico combinado por planta .....	77
4.7.7	Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta.....	78
4.7.8	Distorsiones de columnas .....	81
4.7.9	Valores máximos .....	92
<b>4.8</b>	<b>MODOS DE VIBRACIÓN .....</b>	<b>93</b>
<b>4.9</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS MODELAMIENTO 2. ....</b>	<b>94</b>
4.9.1	Participación modal de masas.....	94
4.9.2	Distorsión de columnas .....	95
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>.....</b>	<b>96</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>96</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	96
5.2	RECOMENDACIONES .....	97
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>99</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>101</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de patologías edificio administrativo .....	24
Tabla 2 Coeficientes de participación modal .....	42
Tabla 3 Centro de rigidez y excentricidades .....	44
Tabla 4 Cortante basal estático .....	47
Tabla 5 Distorsión de columnas .....	61
Tabla 6 Análisis de resultados: Participación modal de masas. ....	63
Tabla 7 Análisis de resultados: Distorsión de columnas .....	64
Tabla 8 Coeficientes de participación modal. ....	71
Tabla 9 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades. ....	73
Tabla 10 Cortante basal estática .....	76
Tabla 11 Cortante sísmico por tipo de soporte. ....	81
Tabla 12 Distorsión de columnas. ....	92
Tabla 13 Análisis de resultados: Participación modal de masas. ....	94
Tabla 14 Análisis de datos: Distorsión de columnas .....	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Datos acción sísmica.....	31
Figura 2: Datos generales de hormigón.....	32
Figura 3: Selección de normas.....	32
Figura 4: Definición de plantas .....	33
Figura 5: Cargas permanentes y sobrecargas de uso .....	33
Figura 6: Gestión de vistas de plantillas.....	34
Figura 7: Introducción de columnas .....	34

Figura 8: Introducción de vigas .....	35
Figura 9: Introducción de losas .....	35
Figura 10: Calculo de la estructura.....	36
Figura 11: Modelo tridimensional .....	37
Figura 12: Espectro de diseño .....	41
Figura 13: Periodos modales .....	43
Figura 14: Fuerza sísmica equivalente .....	50
Figura 15: Primer modo de vibración.....	62
Figura 16: Segundo modo de vibración.....	62
Figura 17: Tercer modo de vibración .....	63
Figura 18: Modelamiento tridimensional 2 (Sugiriendo muros de hormigón).....	66
Figura 19: Muro hormigón armado .....	66
Figura 20: Espectro de diseño .....	71
Figura 21: Periodos modales .....	72
Figura 22. Fuerzas sísmica equivalentes. ....	80
Figura 23: Primer modo de vibración.....	93
Figura 24: Segundo modo de vibración.....	93
Figura 25: Tercer modo de vibración .....	94

### **LISTA DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 1: Identificación de grietas.....	26
Fotografía 2: Grieta horizontal .....	26
Fotografía 3: Identificación de grieta, humedad.....	27
Fotografía 4: Identificación de grieta, humedad.....	27

Fotografía 5: Fisura horizontal .....	28
Fotografía 6: Identificación de fisuras .....	28
Fotografía 7: Identificación de grieta .....	29
Fotografía 8: Identificación de fisura, grieta .....	29
Fotografía 9: Identificación de grieta .....	30
Fotografía 10: Recolección de información losa (Esclerómetro).....	111
Fotografía 11: Recolección de información columnas (Esclerómetro).....	111
Fotografía 12: Recolección de información vigas (Esclerómetro).....	112

### **LISTA ANEXOS**

ANEXO 1. Planos arquitectónicos .....	102
ANEXO 2. Recolección de información .....	111

### **LISTA DE MAPA**

<b>Mapa 1:</b> Ubicación edificio administrativo .....	11
--	----

## **CERTIFICADO**

### **DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR**

Guaranda, 25de junio del 2019

El suscrito Ingeniero Civil, Gino Noboa docente de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de docente tutor.

### **CERTIFICA**

Que el proyecto de investigación titulado: “MODELAMIENTO INFORMATICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR ANTE AMENAZA SISMICA, 2019 elaborado por los señores, Jhonny Paúl Andrade Lara y Katty Michaelle Escobar Escobar.

Ha sido revisado y reúne los requisitos académicos y normativos establecidos en el reglamento de titulación; por lo que autorizo la presentación en las instancias respectivas de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano para su evaluación y calificación.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad.



**ING CIVIL. GINO NOBOA  
DOCENTE TUTOR  
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

En este trabajo investigativo se presentó el estudio del Modelamiento Informático del Comportamiento de la Estructura del Edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar ante amenaza sísmica, en la ciudad de Guaranda. Se ha utilizado el software CYPECAD que es un programa de análisis y diseño estructural bajo la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC, 2015), mediante el cual se logró conocer el comportamiento real de la estructura cuando está sometida a las fuerzas y esfuerzos de un evento sísmico.

La evaluación de la vulnerabilidad del edificio se realizó a través del levantamiento de las patologías que se presenta en la estructura a través de la observación directa, además de observaciones de cada afectación que presentan tanto interna como externa, y posteriormente se realizó un levantamiento arquitectónico de cada planta para la recolección de datos. Se utilizó el método de análisis detallado modal espectral el mismo que tome en cuenta las propiedades dinámicas de la estructura, tales como su forma de vibrar y la contribución de cada modo en la respuesta, con la finalidad de conocer su conducta estructural real ante acciones sísmicas.

Los datos obtenidos y calculados se los ingresó al software CYPECAD para la ejecución del modelamiento y evaluar el comportamiento de la estructura en el momento que suceda un sismo en dirección de X, Y, en relación al plano cartesiano. Con el mismo software se establecen medidas de reducción de riesgos implementando muros de hormigón armado, obteniendo resultados que favorecen el comportamiento sísmico del edificio.

En este trabajo es de importancia por cuanto el edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, está ocupado constantemente por estudiantes, profesores, personal administrativo y personal flotante, coadyuvando a salvaguardar la integridad física de sus ocupantes.

## INTRODUCCIÓN

El Ecuador es uno de los países altamente vulnerables a desastres, pues se encuentra ubicado en el “Cinturón de Fuego del Pacífico” (Rivadeneira & Alvarado, 2007) por lo que es propenso a sufrir terremotos, erupciones volcánicas, erosión etc. Así nos demuestran las experiencias de los eventos que han sucedido, provocando pérdidas humanas, materiales y económicas, afectando a los procesos de desarrollo local y nacional.

Respecto a sismos, Ecuador siendo este un país de alto grado sísmico se describe los acontecimientos que han provocado sismos catastróficos como: Riobamba 1797, Ambato 1949, abril 2016, Quito 2014 entre otros. Los cuales han dejado víctimas y daños materiales, los mismos que llevan grandes cantidades monetarias para su recuperación. (Araujo, 2017)

Este proyecto de investigación plantea como objetivos: Conocer el comportamiento de la estructura del edificio administrativo ante amenaza sísmica, con ayuda del software CYPECAD es un programa que ayuda a resolver el análisis estructural ante sismos, con la finalidad de calcular la vulnerabilidad sísmica y la conducta estructural, aportando con medidas para mitigar el colapso estructural y en consecuencia la reducción de riesgos.

El trabajo investigativo está estructurado por cinco capítulos:

**CAPÍTULO I:** Comprende el problema de estudio, objetivos para solventar el problema, la justificación y limitaciones sugeridas en el trabajo de investigación.

**CAPITULO II:** Donde se indica la teoría científica se citó la información importante como la terminología que se utiliza en el proyecto, amparada con la investigación en base legal.

**CAPITULO III:** Contiene el marco metodológico, además cuenta con Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos (Estadístico utilizado), para cada uno de los objetivos específicos.

**CAPITULO IV:** Se detalla los resultados alcanzados en el trabajo de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación.

**CAPÍTULO V:** Se sugiere conclusiones y recomendaciones propuestas en el trabajo de investigación.

## CAPITULO I

### 1. EL PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento del problema

Al hablar de vulnerabilidad sísmica de una estructura se relaciona a los daños que puede soportar ante la ocurrencia de un movimiento sísmico la misma que está relacionado con las características físicas estructurales y de diseño. Es importante hablar sobre el riesgo sísmico que es el grado de deformación o colapso que sufren las estructuras durante un determinado tiempo (periodo de exposición de la estructura) en la cual permanecen expuestas a la acción sísmica (Barbat, 2013). El conocimiento del comportamiento sísmico de una estructura permite definir los diferentes mecanismos y acciones para su refuerzo y en caso de construcciones nuevas garanticen el buen desempeño de cada uno de sus elementos expuestos.

Los estudios de vulnerabilidad sísmica de las estructuras, han tenido un gran desarrollo gracias a las diferentes técnicas aplicadas en investigaciones que se han venido desarrollando en los últimos 20 años. Existen diferentes propuestas en cuanto se refiera la vulnerabilidad sísmica en edificaciones tales como las de: Hurtado (1999), Guanturi (1992) entre otros. Estas metodologías se han aplicado en países desarrollados, en cambio en países en vías de desarrollo se ha hecho muy poco para reducir la vulnerabilidad sísmica de las estructuras. (Barbat, 2013)

En el Ecuador el primer código de la construcción, describía un proceso de estimación de fuerzas y requisitos de diseño sísmico, al pasar de los años se introdujo la versión del código del año 2001, el mismo que incluye una sucesión de requisitos de diseño y modelado, en la actualidad se encuentra aprobada “La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015” (NEC, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015) que prioriza el diseño sismo-resistente de estructuras y fue una guía para realizar el trabajo de investigación.

El propósito de este trabajo se centra en la determinación del modelamiento de la vulnerabilidad sísmica del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar utilizando el software informático Cypecad, y conocer el nivel de daño que puede sufrir el edificio ante un evento sísmico, y se podrá realizar acciones de reducción de riesgos de la instalación para salvaguardar la integridad de las personas y de la estructura.



## **1.2 Formulación del problema**

¿Es importante el modelamiento informático del comportamiento de la estructura del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar ante amenaza sísmica?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Modelar el comportamiento de la estructura del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar ante amenaza sísmica

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Describir la patología del edificio mediante la observación de los daños estructurales existentes.
- Evaluar la estructura del edificio administrativo ante sismos y su desempeño utilizando el Software Cypecad.
- Sugerir medidas de reducción de riesgos para el mejoramiento del desempeño estructural.

#### **1.4 Justificación de la investigación**

Con los antecedentes sísmicos que existen en nuestro país Ecuador y consecuentemente la provincia Bolívar en lo que respecta una mayor actividad sísmica por su localización en el “Cinturón de fuego del Pacífico” (Rivadeneira & Alvarado, 2007), y las fallas geológicas tan comunes en el territorio.

Existen dos tipos de metodologías para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones como: El método de análisis detallado y el método de análisis estructural, el primer método son utilizados para la evaluación de las estructuras individuales, y el segundo método son empleados en los programas de modelación estructural, comprobando las capacidades de sus elementos estructurales (Monroy, 2012). Ayuda a conocer el nivel de vulnerabilidad que se encuentra las edificaciones ante amenaza sísmica.

El trabajo de investigación se desarrollará en el edificio Administrativo que se encuentra ubicado en la matriz de la Universidad Estatal de Bolívar sector Alpacha su estructura consta de cuatro plantas. El modelamiento se lo realizó con el software informático Cypecad que ayuda con cálculos estructurales, los resultados obtenidos al finalizar el modelamiento son: archivos y/o planos entre otros, se podrá conocer el nivel de vulnerabilidad que presenta la edificación, para tomar medidas de reducción de riesgos para salvaguardar la integridad de las personas y de la institución.

En este trabajo también se podrá conocer las patologías que presenta el edificio realizando una observación directa y como evidencia se va realizar un archivo fotográfico indicando la ubicación de las diferentes patologías, al final ayudará para realizar un análisis para la reducción de riesgos. Este estudio ayudara para que se repliquen en otras infraestructuras con el fin de reducir el nivel de vulnerabilidad de la edificación, costos y evitar consecuencias negativas en un futuro.

#### **1.5 Limitaciones**

Este estudio se realizará en el Cantón Guaranda, provincia Bolívar, Edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar; donde se observa la falta de estudios de planos estructurales, suelos, geotecnia, lo que no permite realizar un estudio a mayor profundidad.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación.

En la actualidad existen diferentes estudios acerca de los modelamientos de las edificaciones para determinar la vulnerabilidad sísmica en el Ecuador tales como: Estudios de caso, trabajos de titulación etc. Cypecad es un software que se utiliza a regional para diseñar, calcular y dimensionar estructuras de hormigón armado y metálicas, en dirección horizontal y vertical, por lo que el calculista realiza un análisis en forma bidimensional y tridimensional en la estructura, ayuda a disminuir los tiempos de producción, optimización de recursos, reducción de costos sin dejar de un lado la seguridad.

Se ha desarrollo un estudio acerca del análisis del factor de reducción de fuerzas sísmica en un edificio de hormigón armado de cinco pisos con el software informático Cypecad, en la ciudad del Puyo, en el cual se analizó el comportamiento real cuando está sometida a un evento sísmico, y con el cual se obtuvo el cálculo de las cargas calculadas de los espectros de diseños elásticos. Como resultado de este estudio se pudo conocer que el análisis del factor de reducción de las fuerzas sísmicas  $R$ , el cual pasa del espectro elástico al espectro inelástico, depende de una serie de variables como: La ductilidad y la resistencia de la estructura, las fuerzas sísmicas son las correctas para el desempeño de la edificación, están dentro de los parámetros de las normas de construcción resultados obtenidos (Condo, 2014).

Con los avances de la tecnología en los últimos tiempos se han desarrollado programas que han ayudado a la ingeniería civil dedicado al cálculo estructural sismo-resistente al diseño de estructuras. En el cantón Guayaquil se elaboró un modelamiento de una edificación de cinco niveles utilizando el Cypecad, sus resultados fueron comparados con el programa Sap 2000, concluyendo que ambos diseños cumplen con las comprobaciones mínimas requeridas en el código de la construcción, sus autores recomienda Cypecad por su sencillo manejo y verificación de datos ayuda ahorrar tiempo al momento de modelar y diseñar sus planos estructurales, la memoria técnica de la obra se les puedo encontrar listos en el software Cypecad (Carlos, Zerna, & Santos , 2012).

Se realizó un análisis dinámico no lineal de una entidad hospitalaria “Moreno Vázquez” en la ciudad de Cuenca, utilizando un software informático OpenSees para conocer el comportamiento de la estructura y el nivel de vulnerabilidad que presenta la edificación, se establecieron medidas de mitigación a través de sus resultados. Consiste en la recolección de información de la entidad hospitalaria la cual ayudará para realizar el modelamiento de la estructura a través del programa informático: La geometría de la estructura, sección de vigas y columnas, cargas aplicadas, acero longitudinal y transversal mediante esta información relevante permite conocer el comportamiento de la estructura y sus derivas. Como resultado de esta investigación mostró un buen comportamiento de la estructura y se cumplieron con las Norma Ecuatoriana de la Construcción (Añazco, 2017).

Se han desarrollado estudios acerca de evaluación sísmica en edificios de hormigón armado en el área urbana del centro de Portoviejo que plantea elaborar metodologías de evaluación sísmica basado en estructuras, se enfoca en un conjunto de parámetros que requieren información relevante de la edificación que se va a estudiar, por los acontecimientos sísmicos que presenta el país plantean que es necesario que se ejecuten proyectos relacionados a la aplicación de metodologías de evaluación de vulnerabilidad sísmica sobre todo en lugares donde el nivel de sismicidad es alto, ayudara a conocer los daños que podrían presentar y realizar intervenciones a manea de refuerzo sísmico en sus construcciones para disminuir su nivel de vulnerabilidad (Véliz, 2018).

Con las referencias de investigación citadas, relacionadas al modelamiento de infraestructuras nuestro estudio de investigación se va a realizar en el edificio administrativo correspondiente a la matriz de la Universidad Estatal de Bolívar utilizando el software informático Cypecad ante amenaza sísmica.

## **2.2 Bases teóricas.**

El Ecuador es un país de alta sismicidad, se ubica dentro del cinturón de fuego del Pacífico, que es una franja donde se libera la mayor cantidad de energía sísmica del planeta. Frente a las costas ecuatorianas interactúan dos gigantescas placas tectónicas, su punto de contacto se le conoce como zona de subducción, es decir el contacto entra la placa Nazca y la placa Sudamericana. (Rivadeneira & Alvarado, 2007)

Los proyectistas estructurales deben diseñar sus edificios, casas entre otros, tomando en cuenta la acción sísmica, se puede decir que los sismos no matan a las personas, si no las estructuras que no están correctamente diseñadas o no cumplen con las normas de construcción establecidas. Por lo tanto, son importante los estudios relacionados con la vulnerabilidad sísmica en estructuras.

La debilidad estructural se produce cuando los edificios se construyen en base a proyectos o materiales que son insuficientes para resistir a las tensiones sísmicas; como los fenómenos sísmicos no están al alcance de la predicción, se requiere los estudios de ingeniería sísmica para proyectos de estructuras sismo resistente.

La ciudad de Guaranda, se encuentra asentada en la denominada zona de “Depresión de Guaranda”, la misma que está limitada por tres fallas geológicas desde la más antigua tenemos: La primera es la Falla del Río Salinas, la segunda es la falla del Río Guaranda o Falla Illangama-Guaranda y la tercera falla es la de Negroyacú. En la ciudad de Guaranda existieron más de tres eventos sísmicos con intensidades mayor o igual a ocho según el IG/EPN (septiembre, 2007) los sismos son del año 1797, 1911, 1674 este último sismo ocurrió en la parroquia urbana de Guanujo.

La determinación de la respuesta sísmica de una estructura requiere disponer de una adecuada definición, tanto del movimiento del terreno como de las características estructurales. Obviamente, el sujeto de un análisis sísmico no es la propia estructura, sino un modelo mecánico de la misma que, en este caso, es uno dinámico. La definición de tal modelo depende del tipo de estructura analizado y del grado de información que se quiere obtener sobre la respuesta de la estructura. (Barbat y Canet 1994).

El análisis modal espectral es un método para estimar los desplazamientos y fuerzas en elementos de un sistema estructural. Su base metodológica radica en que la vibración del

suelo es transmitida a toda la estructura a través de sus elementos y como consecuencia de ella, las principales masas se mueven o desplazan en forma relativa respecto al suelo.

Los métodos de análisis lineales son aproximados, tanto en su respuesta como en la determinación del desempeño sísmico, generando valores conservadores. Pese a ello, es de vital importancia, lograr un comportamiento más real del sistema estructural, para plantear mejores soluciones. (Reboredo, 1996)

Para la realización de una evaluación de estructuras individuales se relaciona con el método de análisis detallado, donde es necesario evaluar la vulnerabilidad sísmica de estructuras. Los procedimientos más utilizados en este estudio son el análisis lineal (estático y dinámico) y el análisis no lineal (estático y dinámico).

- **Análisis estático lineal:** El modelo de la estructura es con un grado de libertad con una rigidez estática lineal. La acción sísmica se modela mediante la distribución de sus fuerzas laterales equivalente, el corte basal se determina a partir del espectro de respuesta. Estas fuerzas se distribuyen en toda la estructura. (Barbat, 2013).
- **Análisis estático no lineal:** El modelo de la estructura incorpora características no lineales de la relación fuerza-deformación de sus elementos y componentes que presenta la estructura representa una ventaja en cuanto se refiere un análisis estático lineal, la representación más común para este tipo de análisis es el método de pushover se refiere a la deformación de la estructura. (Reboredo, 1996)
- **Análisis dinámico lineal:** Su modelo es un sistema de múltiples grados de libertad con una matriz de rigidez elástico lineal, la acción sísmica se modela utilizando un análisis espectral modal o un análisis temporal. El análisis espectral modal es la respuesta de cada modo de vibración utilizando un espectro de respuesta elástico se determinará la respuesta dinámica de la estructura. El análisis temporal involucra la respuesta de la estructura, registro de sismos o acelerogramas sintéticos de la estructura. (Barbat, 2013)
- **Análisis dinámico no lineal:** Este tipo de análisis es igual que el análisis estático no lineal, su principal diferencia es que la acción sísmica se modela con historias temporales de acelerogramas reales o simulados. Este procedimiento predice las fuerzas y los desplazamientos internos de una estructura en una acción sísmica.

Se ha podido evidenciar la vulnerabilidad en las construcciones de las poblaciones, tal es el caso de las construcciones tradicionales, de mampostería, adobe, concreto armado, la mayoría de las edificaciones que han sido afectadas por terremotos han sido proyectadas con normas o técnicas de construcción de la época (Reboredo, 1996). El comportamiento defectuoso en las viviendas y edificios son las que ocasionan las pérdidas de vidas humanas, materiales, económicas que en la mayoría de las circunstancias son irreparables.

El trabajo se va a realizar como un análisis sísmico detallado, el cual consiste en medir la estructura pueda resistir ante sismos.

La mayoría del territorio del Ecuador se encuentra ubicado en una zona de alto peligro sísmico (Rivadeneira & Alvarado, 2007). La vulnerabilidad o susceptibilidad al daño de muchas edificaciones que tienen un alto grado de exposición por estar en su mayoría situadas en ciudades con alta peligrosidad sísmica como Quito, Guayaquil y todas las ciudades costeras, de aquellas construidas antes de la promulgación de los códigos de la construcción o de aquellas que no han sido diseñadas apropiadamente y que a lo largo de su vida han sido reformadas, ampliadas o que han sufrido un cambio en el tipo de uso, distinto al contemplado en el diseño.

### **2.2.1 Modelación de sistemas estructurales**

El diseño estructural es el dimensionamiento de los elementos estructurales de ciertos materiales para que resistan las solicitaciones de carga y adicionalmente la determinación de la localización o disposición de dichos elementos dentro del sistema estructural, también conocido como configuración estructural.

También se lo puede conocer como el proceso en la cual se genera una idealización matemática en la cual se puede conocer la conducta real de la estructura construida, se debe considerar diferentes aspectos tales como: la geometría de la estructura, las propiedades de los materiales que lo están constituyendo, la magnitud y ubicación de las cargas, las conexiones internas entre estos elementos, los apoyos externos y la interacción de la estructura con el medio circundante, para el análisis los elementos estructurales se clasifican en unidimensionales, (cuando uno de sus dimensiones es mayor que los restantes), bidimensionales (cuando una de sus dimensiones resulta mayor que las demás) y

tridimensionales (cuando ninguna de sus dimensiones resulta mayor de las otras) se debe elegir dependiendo a la estructura. (Gómez, 2011).

A esto es necesario añadir el estudio de las cargas no sísmicas, según la norma NEC-SE-CG: Contempla los factores de cargas no sísmicas que deben aplicarse para el cálculo estructural de las edificaciones, así como propiedades físicas y mecánicas de los materiales a tener en consideración en el comportamiento estructural.

El riesgo sísmico de los edificios se refiere a las consecuencias sociales, económicas, potenciales, provocadas por un terremoto, como consecuencia de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto, el elemento de un lugar con cierto grado de peligrosidad sísmica puede verse afectado en mayor o menor medida dependiendo del grado de la vulnerabilidad sísmica que tengan, la evaluación del riesgo sísmico envuelve la consideración de los siguientes factores (H.Barbat, 2005).

- **Peligro Sísmico:** Zona sísmico, microzonificación, características de los suelos
- **Nivel de exposición:** Valores de bienes económicos, culturales, funcionalidad del edificio
- **Vulnerabilidad a daños edificaciones:** Tipología constructiva, materiales y procesos, fragilidad daños, acciones y técnicas de refuerzo.

### 2.2.2 Peligro sísmico

La peligrosidad sísmica se refiere a la descripción de los efectos que provocan los terremotos en el suelo de una zona. Estos pueden representarse como aceleración, velocidad y el desplazamiento sísmico del terreno por la intensidad micro sísmico del lugar. También se define de manera probabilística, como la probabilidad de ocurrencia dentro de un periodo específico de tiempo y dentro de un área determinada, al ocurrir un terremoto con ciertas características focales tales como: Mecanismo focal, profundidad, magnitud, parte de la energía disipada se convierte en ondas sísmicas. (H.Barbat, 2005)

### 2.2.3 Vulnerabilidad al daño de las edificaciones.

La vulnerabilidad sísmica tiene como propósito descubrir en las diferentes edificaciones los puntos más débiles que podrían llegar a fallar cuando ocurre un evento sísmico, para llegar a determinar la vulnerabilidad de las estructuras se evalúa las columnas, vigas, placas, lozas



etc. Como para los no estructurales se evalúa lo que son tuberías, vidrios, equipos etc. Se debería evaluar los edificios existentes, para hacer un énfasis en el cálculo estructural para la construcción de nuevos edificios con las normas de seguridad.

El análisis de vulnerabilidad se realiza a través de funciones de vulnerabilidad o fragilidad, que relacionan probabilísticamente una medida de intensidad sísmica con una medida de daño en la edificación. En muchos casos las funciones de vulnerabilidad también incorporan las consecuencias del daño en términos de pérdidas humanas y materiales.

#### **2.2.4 Contexto del área de estudio.**

El edificio Administrativo está localizado en el sector de Alpachaca, parroquia urbana de Guanujo de la ciudad de Guaranda que es la capital de la provincia Bolívar, en el centro de la región interandina o Sierra del Ecuador en los flancos de la cordillera occidental de los Andes.

El edificio Administrativo se encuentra en la matriz de la Universidad Estatal de Bolívar, entre las coordenadas:

**Latitud:** 721734

**Longitud:** 9826206

**Altitud:** 2.668 m.s.n.m

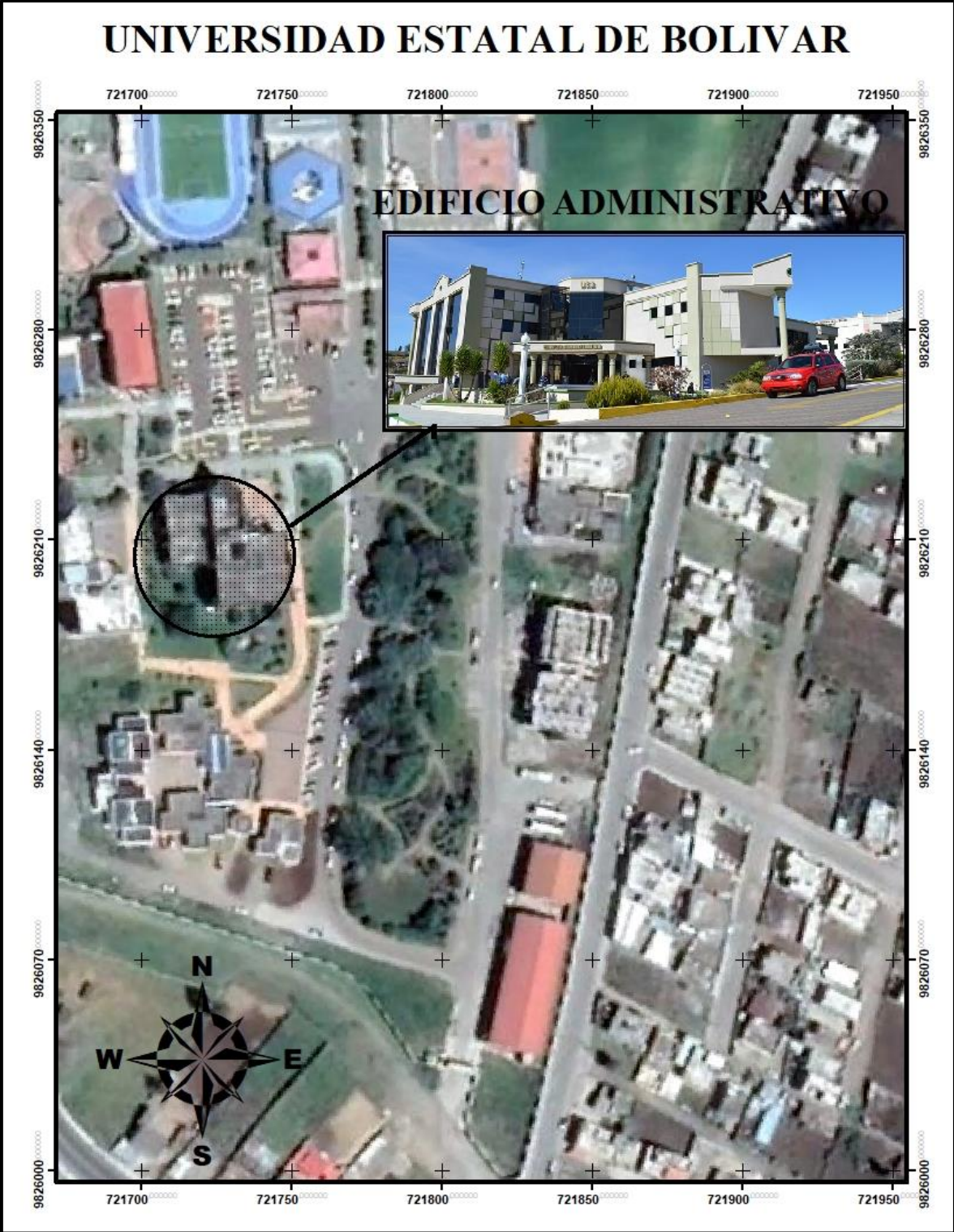
**Clima:** Se conserva un clima variado partiendo desde el seco frío al cálido húmedo con temperaturas medias que varían desde los 3 a 24 °C, la cual la zona más fría el Arenal, Simiatug y Salinas y las más calientes San Luis de Pambil.

Fue construida en el año 2002 (Mapa 1).

#### **2.2.5 Tipo de suelo edificio administrativo.**

El edificio administrativo se encuentra en un suelo orgánico con espesor variable de 30 cm seguido de arena con limos no plásticos de color café, de formas subredondeadas y con estructura granular, suelos homogéneos hasta la profundidad sin embargo la característica de densidad poco variable en la profundidad, le hace un suelo de bajo comportamiento a la capacidad de carga y resistencia al corte (Pérez, 2018).

**Mapa 1:** Ubicación edificio administrativo



**Fuente:** Google Earth  
**Elaborado:** Andrade y Escobar, 2019

## **2.2.6 Marco Legal.**

### **Norma Ecuatoriana de la Construcción.**

**Artículo 1.-** Aprobación y Oficialización.- Por el presente Acuerdo el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda aprueba y oficializa el contenido de las normas NEC-SE-CG CARGAS (NO SISMICAS), NEC-SE-DS CARGAS SISMICAS Y DISEÑO SISMO RESISTENTE, NEC-SE-RE REHABILITACION SISMICA DE ESTRUCTURAS, NEC-SE-GM GEOTECNIA Y DISEÑO DE CIMENTACIONES, NEC-SE-HM ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO, y, NEC-SE-MP ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL, relacionadas con la seguridad estructural de las edificaciones, las cuales integran la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, y se dispone su difusión y promoción. Las ejecuciones de las acciones pertinentes para el cumplimiento de este Acuerdo se delegan a la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos, en coordinación con los órganos de la Función Ejecutiva y otras entidades relacionadas. (NEC, 2015)

**Artículo 2.-** Contenido. - El contenido detallado y pormenorizado de las normas que se oficializan, relacionadas con la seguridad estructural y el cálculo y el dimensionamiento para el diseño sismo resistente de las edificaciones, se integrarán a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC.

1. NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas): Contempla los factores de cargas no sísmicas que deben aplicarse para el cálculo estructural de las edificaciones, así como propiedades físicas y mecánicas de los materiales a tener en consideración en el comportamiento estructural. (NEC, 2015)
2. NEC-SE-DS: Cargas Sísmicas y Diseño Sismo Resistente: Contiene los requerimientos técnicos y las metodologías que deben ser aplicadas para el diseño sismo resistente de las edificaciones, estableciéndose como un conjunto de especificaciones básicas y mínimas adecuadas para el cálculo y el dimensionamiento de las edificaciones que se encuentran sujetas a los efectos de sismos o terremotos en algún momento de su vida útil. (NEC, 2015)
3. NEC-SE-RE: Rehabilitación Sísmica de Estructuras: Se vincula con las normas NEC-SE- DS para la rehabilitación sísmica de edificios existentes (evaluación y

- diseño de sistemas para mejorar estructuras), así como establece los lineamientos para la evaluación del riesgo sísmico en edificios, incluyendo parámetros para inspección y evaluación rápida de estructuras con la valoración probabilística de las pérdidas materiales para una gestión efectiva del riesgo sísmico. (NEC, 2015)
4. NEC-SE-GM: Geotecnia y Diseño de Cimentaciones: Contempla criterios básicos a utilizarse en los estudios geotécnicos para edificaciones, basándose en la investigación del subsuelo, geomorfología del sitio y características estructurales de la edificación; provee recomendaciones geotécnicas de diseño para cimentaciones futuras, rehabilitación o reforzamiento de edificaciones existentes. (NEC, 2015)
  5. NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado: Contempla el análisis de los elementos estructurales de hormigón armado (pórticos especiales y/o muros estructurales) para edificaciones, en cumplimiento con las especificaciones técnicas de normativa nacional e internacional. Establece una clasificación para las estructuras de hormigón armado en función del mecanismo dúctil esperado en tablas y cuadros de aplicación al momento del diseño. (NEC, 2015)
  6. NEC-SE-MP: Estructuras de Mampostería Estructural: Contempla criterios y requisitos mínimos para el diseño y la construcción de estructuras de mampostería estructural en estrecha correlación con el resto de los capítulos contemplados en la NEC, para lograr un comportamiento apropiado bajo condiciones de carga vertical permanente o transitoria, bajo condiciones de fuerza laterales de viento o sismo y bajo estados ocasionales de fuerzas atípicas. (NEC, 2015)

## **Constitución de la República del Ecuador.**

### **Sección Novena.**

#### **Gestión de Riesgos.**

##### **Artículo. 389**

El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por

las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.
4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo. (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

### **Artículo. 390**

Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

### **2.3 Definición de términos.**

Definiciones tomadas textualmente de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, NEC-SE-DS (peligro sísmico).

#### **Altura de piso**

La distancia entre los diferentes niveles de piso de una estructura.

#### **Carga viva**

La carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utilizara en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras. (NEC, 2015)

#### **Cargas permanentes (carga muerta)**

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: Muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura. (NEC, 2015)

#### **Capacidad de carga**

La capacidad de carga de un suelo, es el estado límite de falla de un suelo en una cimentación el estado límite de falla se entienda, por la situación que corresponde al agotamiento de la capacidad de carga del terreno de cimentación o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten a la resistencia el suelo ante nuevas aplicaciones de carga. (Medrano, 2007)

#### **Colapso estructural**

Cualquier factor interno o externo que incapacite a la estructura a cumplir su función que ha sido diseñada.

#### **Deficiencia**

Defecto visible en el edificio o falta de mantenimiento significativo del edificio en sus componentes o equipos.

### **Efectos secundarios**

Son los efectos de segundo orden en los desplazamientos horizontales y fuerzas internas de la estructura, causados por la acción de las cargas verticales de la edificación al verse desplazadas horizontalmente.

### **Espectro de respuesta para diseño**

El espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura. Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño. (NEC, 2015)

### **Espectro**

Mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que lo soporta.

### **Estabilidad del sitio**

Evaluación de la estabilidad del sitio por fallas, licuefacción del suelo, deslizamientos de tierra, u otra respuesta in situ que pudiera amenazar la estabilidad del edificio o causar daños durante un sismo.

### **Estructura**

“Se define como el conjunto de elementos estructurales ensamblados para resistir cargas verticales, sísmicas y de cualquier otro tipo. Las estructuras pueden clasificarse en estructuras de edificación y otras estructuras distintas a las de edificación (puentes, tanques, etc.)” (NEC, 2015)

### **Fisuras**

Son fracturas que aparecen generalmente en la superficie del mismo, debido a la existencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia.

### **Índice de daño**

Relación entre el costo del daño (o de su reparación) y el costo de reposición.

**Licuación**

Fenómeno mediante el cual un depósito de suelo, esta grava, arena, limo o arcillas de baja plasticidad saturadas, pierde gran parte de su resistencia al esfuerzo cortante debido al incremento de presión de poros bajo condiciones de carga no-drenada, sean monotónicas o cíclicas. (NEC, 2015)

**Modelamiento estructural**

Distribución de los elementos verticales de soporte en una estructura, que permite elegir un sistema apropiado para el envigado, asimismo la distribución interna de espacios y funciones.

**Ocupante**

De un edificio, un grupo u organización o parte de esta, o un individuo o individuos, que están o estarán ocupando algún espacio para realizar alguna actividad.

**Peligrosidad sísmica (peligro sísmico)**

“Se define como la probabilidad de ocurrencia, dentro de un período específico de tiempo y dentro de una región determinada, movimientos del suelo cuyos parámetros: aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad son cuantificados” (NEC, 2015)

**Piso blando**

Piso en el cual su rigidez lateral es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso inmediato superior.

**Piso débil**

Piso en el cual su resistencia lateral es menor que el 80% de la resistencia del piso inmediato superior.

**Pórtico especial sismo resistente**

Estructura formada por columnas y vigas descolgadas del sistema de piso, que resiste cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión viga-columna son capaces de resistir tales fuerzas y está especialmente diseñado y detallado para presentar un comportamiento estructural dúctil. (NEC, 2015)



**Resistencia al corte**

Propiedad de un terreno que le permite resistir el desplazamiento entre las partículas del mismo al ser sometido a una fuerza externa.

**Rigidez**

Es la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones y/o desplazamientos. Los principales parámetros que la definen son la longitud e inercia de los elementos estructurales, los tipos de uniones, los materiales utilizados. (NEC, 2015)

**Sistema resistente a cargas laterales**

Los elementos del sistema estructural que resisten la acción sísmica. Esto incluye respuesta vertical, horizontal y torsional de elementos y sistemas.

**Sistemas del edificio**

Todos los sistemas físicos que comprenden un edificio y sus servicios.

**Software**

Conjunto de programas que ayudan al computador hacer ciertas tareas.

**Suelo**

Se denomina a la superficie de la corteza terrestre, es donde se realiza diferentes actividades y están asentadas las diferentes edificaciones.

**Usuario**

Persona o institución que consigue al profesional para que prepare la evaluación de riesgo sísmico.

**Velocidad corregida de viento**

La velocidad corregida de viento corresponde al valor característico de la velocidad media del viento a lo largo de un período de 10 minutos, medida en una zona plana y desprotegida frente al viento, a una altura de 10 metros sobre el suelo.

**Visita al sitio**

Reconocimiento visual del sitio y la propiedad física por parte del profesional para recolectar información para los propósitos de preparar la evaluación del riesgo sísmico

**Vulnerabilidad**

Corresponde al grado de exposición a sufrir ante una amenaza ya sea este de origen natural o causado por la mano del ser humano.

**Z (factor)**

“Esto significa que, el valor de Z de cada zona sísmica representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad” (NEC, 2015)

**Zonas sísmicas**

El Ecuador se divide en seis zonas sísmicas, caracterizada por el valor del factor de zona Z. Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta. (NEC, 2015)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Nivel de Investigación

##### **Descriptiva**

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento (Arias, 2006). Es importante este tipo de investigación se va a describir las condiciones actuales que se encuentra el edificio ante sismos, se realizara el modelamiento de la estructura con el software Cypecad para conocer el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura para tomar las medidas necesarias para disminuir su nivel de vulnerabilidad.

##### **Exploratoria**

La investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto (Arias, 2006). El trabajo se basa en la investigación exploratoria porque conoceremos el comportamiento de la estructura (edificio administrativo) ante sismos mediante el modelamiento informático con Cypecad.

##### **Campo**

Mediante la investigación de campo se recolectó información para conocer la resistencia de sus columnas, vigas, lozas del edificio Administrativo con la ayuda del esclerómetro (Instrumento para la determinación de la resistencia de los hormigones), datos utilizados para el modelamiento, se pudo recorrer sus instalaciones en su totalidad para conocer los daños que presenta a consecuencia de los sismos que se han venido dando.

##### **Investigación Correlacional**

Tiene como propósito “Exponer o reconocer la relación entre variables o resultados de variables uno de los puntos más importantes de esta investigación es examinar relaciones entre variables o sus resultados” (Bernal, 2010) se relaciona con el modelamiento de la edificación con el software CYPECAD.

## **3.2 Diseño**

### **Diseño cuasiexperimental.**

Según (Bernal, 2010) en este tipo de diseño el “Investigador ejerce poco o ningún control sobre las variables extrañas, las personas participantes de la investigación se pueden asignar aleatoriamente a los grupos”.

Para la elaboración del estudio de las patologías del edificio emplearemos la observación directa, para conocer el estado real que se encuentra el inmueble ante sismos. Para poder conocer el comportamiento que presenta la estructura ante sismos, se recopiló información relevante relacionado a planos arquitectónicos, estudios de suelo acerca del edificio, resistencia de sus muros, columnas estos datos serán colocados según el programa (Cypecad) nos vaya requiriendo, para la generación de información final, respecto a la vulnerabilidad de la infraestructura modelada. Se efectuará medidas de reducción de riesgos para mejorar el comportamiento estructural.

### **3.3 Población y Muestra.**

El objeto de estudio es el edificio administrativo perteneciente a la Universidad Estatal de Bolívar.

### **3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Para obtener el modelamiento de la estructura del edificio administrativo ante sismos mediante el software informático Cypecad se utilizaron diferentes técnicas e instrumentos que se describe a continuación.

- **Observación directa.**

Esta técnica nos ayuda a conocer el estado actual que se encuentra el edificio ante sismos suscitados y levantar la información estructural de toda la estructura.

- **Revisión bibliografía.**

Nos ayuda para conseguir información valida, encontrar los significados de las palabras claves, artículos científicos ayudara a una investigación relevante.

### **3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos, para cada uno de los objetivos específicos**

- Para la realización del primero objetivo relacionado con la patología del edificio se efectuó un recorrido en donde se logró identificar los daños que presenta la estructura ante los sismos, la observación directa se lo realizó en todo la edificación correspondiente al subsuelo, planta baja, primer piso, segundo piso, tercer piso relacionado con sus paredes, columnas, vigas, losas, corredores y accesos como evidencia se tomaron fotografías, realizando una descripción de los daños que presente en la estructura con su respectiva clasificación.
  
- Para la ejecución del segundo objetivo con respecto a evaluar la estructura del edificio Administrativo ante sismos, se realizó con la ayuda del Software Cypecad para determinar el comportamiento estructural, se cumplieron los siguientes procedimientos.
  - Creación de una nueva obra: Se configuró en una plantilla nueva de Cypecad con los datos del edificio administrativo.
  - Datos generales (normas de construcción, materiales, recubrimientos, acción sísmica, tipo de suelo etc.) Se establecieron los datos del software con información del edificio, se contó con ayuda técnica para la configuración del software.
  - Planos arquitectónicos del edificio que debe ser exportado al programa Cypecad: Sirve como plantilla para modelar el edificio administrativo.
  - Definición de la geometría (número de plantas, cargas, columnas, vigas, losas). Sirvió para darle forma al modelamiento
  - Cálculo de la estructura, Listado de resultados y/o planos: Una vez concluido con todos los pasos que requiere el programa se calculó las veces que se requiera para obtener los resultados del objeto de estudio.

La edificación estudiada es de hormigón armado, tiene tres plantas y un subsuelo, las medidas de sus niveles son las siguientes: Nv.+2.88 m en el subsuelo, primera planta, segunda planta, tercera planta correspondientemente, para el modelamiento de la estructura se debe contar con información existente del objeto de estudio.

- El tercer objetivo que tiene que ver con sugerir medidas de reducción de riesgos para el mejoramiento del desempeño de la estructura, se empleó el mismo modelamiento del segundo objetivo, se sugiere la implementación de muros de hormigón armado en diferentes orientaciones de sus plantas para que ayuden a disminuir el nivel de rotación o torsión, para proteger la seguridad de las personas que se encuentran dentro de las instalaciones de la estructura.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

#### 4.1 Descripción de la patología del edificio mediante la observación de los daños estructurales existentes.

Mediante la inspección visual realizada, se evidenció los siguientes daños estructurales que existe en el edificio administrativo en zonas de fácil y difícil acceso, producidos por los movimientos telúricos hasta la actualidad, provocando asentamientos por el alto nivel freático que existe en el suelo donde está construido el edificio, según el estudio de suelo realizado por la Ing. Lorena Pérez (Pérez, 2018). El sistema estructural del edificio consta de columnas, vigas descolgadas y losas de hormigón armado.

Las columnas verificadas en la construcción de la edificación constan de diferentes secciones como se las detalla a continuación son: 50x50 cm, 50 x 40 cm y vigas de 35 x 40 cm, que soportan la edificación de 3 pisos.

#### Patologías Estructurales

Las patologías estructurales se presentan como daños visibles en la estructura cuando ocurra un sismo y/o asentamientos tal como se ha podido verificar en la edificación. Las patologías estructurales se deben considerar al inicio del diseño estructural donde se considera factores como el estudio de suelos para determinar la capacidad portante del suelo, dichos resultados ayudan a conocer si es factible realizar o no un mejoramiento del territorio.

A continuación, se describe las patologías existentes en el edificio:

Tabla 1

*Descripción de patologías edificio administrativo*

Tipos de lesiones	
Físicas	Alto nivel freático Erosión
Mecánicas	Grietas Fisuras

Fuente: Trabajo de campo, 2019  
Autores: Andrade y Escobar

#### **4.1.1 Distribución interna de paredes**

En la edificación es muy importante tener paredes internas que ayuden a absorber el corte basal y que proporcionen rigidez a la estructura. De esta manera se tiene una rigidez similar en todos los sentidos.

Al aplicar una carga lateral en el subsuelo de la edificación donde se encuentra los muros de contención son de hormigón armado, considerando ciertas distancias o luces de columna a columna para no tener problemas de empuje de tierra que afecta claramente a la estructura, es el inicio de la cimentación de la edificación.

#### **4.1.2 Asentamientos**

Como se observa en la edificación, son evidentes los asentamientos que existen en el inmueble, no fueron considerados por el calculista a su debido tiempo, consiguiendo hacer un mejoramiento de suelo, en cada cimentación, o donde iba hacer implantada la edificación. Debe haber un estudio completo de suelos de parte del calculista donde él podía evitar todos estos inconvenientes que se están produciendo en la actualidad que afecta netamente a toda la edificación

#### **4.1.3 Síntomas**

Este efecto se puede dar por la falta de cohesión en el material o quizá no se compactó lo suficiente en los cimientos de la estructura o plintos de cada elemento en la etapa de construcción.

En las siguientes imágenes muestran fisuras y grietas en distintos sitios del edificio Administrativo, como evidencia de los daños que ha sufrido y las condiciones actuales en que se encuentra actualmente la edificación.

De las últimas imágenes de fisuras mostradas, horizontales y verticales pueden corresponder a un asentamiento en la base de la estructura.



#### 4.1.4 Fisuras y grietas encontradas en la edificación

La grieta está a una altura de 3.15m del subsuelo posee un espesor de 12 cm como se observa en la fotografía 1 ubicada en la parte lateral izquierda del edificio, se ha determinado que el inconveniente es por la presión de tierras que debe resistir los esfuerzos producto de las fuerzas horizontales sísmicas.



**Fotografía 1:** Identificación de grietas  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 24/04/2019

Como se observa en la fotografía 2 en la mampostería de la columna se visualiza una grieta producto de un asentamiento, tiene una longitud de 1.96m y espesor de 6 cm con una altura del piso a la grieta de 15cm.



**Fotografía 2:** Grieta horizontal  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 24/04/2019

La grieta tiene un ángulo de 45° aproximadamente tiene una longitud de 1.16m como se puede ver en la fotografía 3, está ubicada en los exteriores del edificio en la segunda planta. La humedad que se observa en la fotografía se puede decir que es por el nivel freático que existe en el lugar.



**Fotografía 3:** Identificación de grieta, humedad  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 24/04/2019

La falla encontrada en los exteriores del edificio en la fachada frontal de la segunda planta se puede observar en la fotografía 4 es una fisura a consecuencia de los sismos y la humedad que produce daños en la construcción.



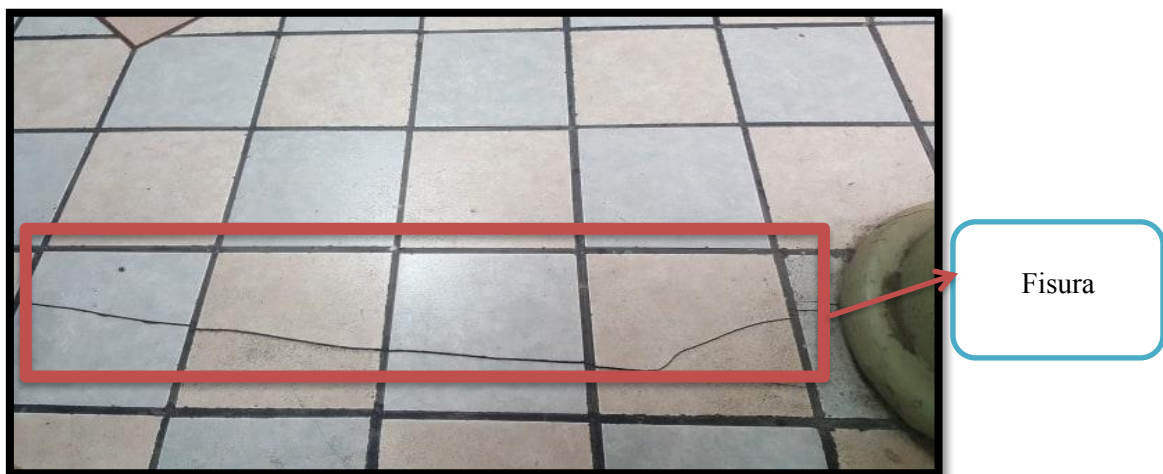
**Fotografía 4:** Identificación de grieta, humedad  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 24/04/2019

Tal como se observa en la fotografía 5 se puede visualizar la fisura horizontal con una longitud de 1.45m provocado por la humedad causando erosión en la mampostería. Existe una separación de 1.5 cm entre la pared y el contra piso producto del hundimiento de la construcción ubicada en la fachada frontal de la edificación al ingreso a la segunda planta.



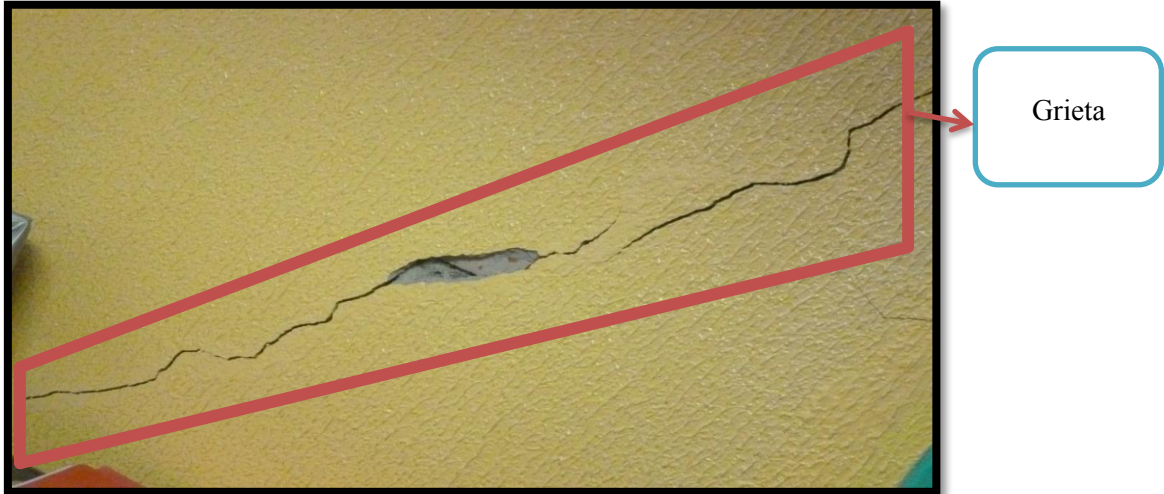
**Fotografía 5:** Fisura horizontal  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 24/04/2019

La fisura que se observa en la fotografía 6, es consecuencia de los sismos que se ha vivido constantemente en la actualidad o por la deficiente colocación de la cerámica, posee una longitud de 1,8m se encuentra ubicada en el piso de la segunda planta.



**Fotografía 6:** Identificación de fisuras  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 24/04/2019

Como se puede describir en la fotografía 7 es una grieta con un ángulo de 45° aproximadamente, se considera como una falla estructural, está ubicada en la planta baja del edificio Administrativo en la oficina de recaudación posee una longitud de 1.85m con un espesor de 0,5cm.



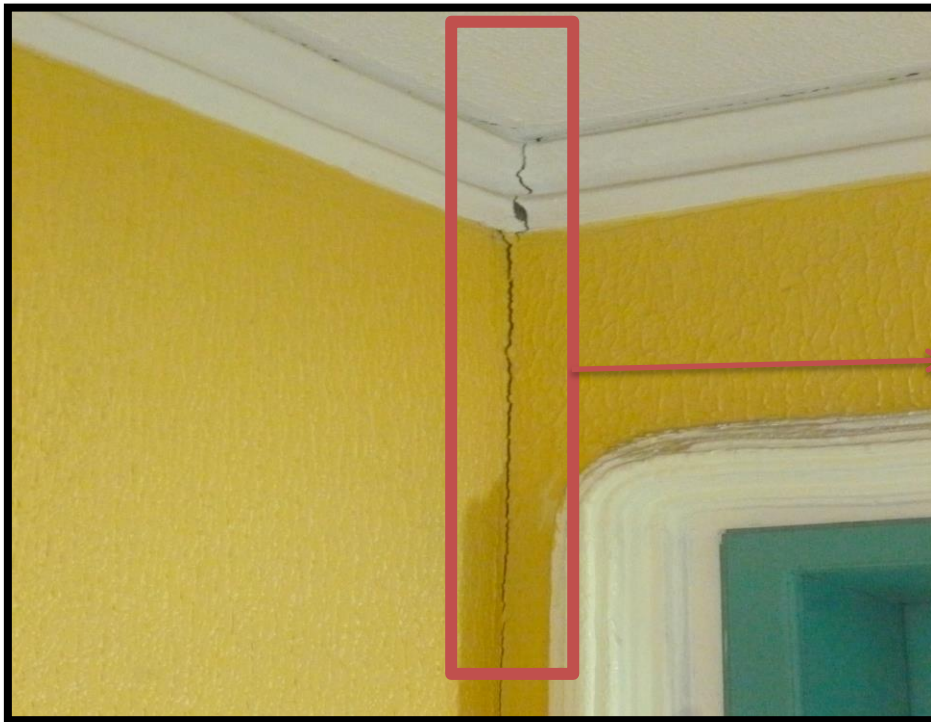
**Fotografía 7:** Identificación de grieta  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 24/04/2019

Las fisuras y grietas pueden ser producidas por sismos o por hundimientos afectando la viga y la pared como se observa en la fotografía 8 tiene una longitud 1.65m con un espesor 0,07cm que está ubicada en el tercer del edificio administrativo.



**Fotografía 8:** Identificación de fisura, grieta  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 24/04/2019

Como se puede constatar en la fotografía 9, la grieta está ubicada en el tercer piso junto a la puerta para el ingreso del aula del instituto de informática, tiene una longitud de 1.90m y un espesor de 0,07cm provocados por los movimientos telúricos que se dieron en la actualidad.



**Fotografía 9:** Identificación de grieta  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 24/04/2019

Como se pudo constatar en las fotografías en el edificio administrativo existen grietas, fisuras de diferentes dimensiones, afectado la mampostería y paredes divisorias, localizadas en todas las plantas del inmueble, tanto en la parte interna como externa, producidas por los sismos que se han venido dando en la actualidad y por el alto nivel freático según consta en el estudio de suelos realizados por la Ingeniera Lorena Pérez (Pérez, 2018).

## 4.2 Evaluación de la estructura del edificio administrativo ante sismos, mediante el modelamiento utilizando el software Cypecad.

Se realizó el modelamiento estructural del edificio administrativo con el software CYPECAD versión 2017, se trabajó en base de las NEC (Normas Ecuatorianas de la Construcción) 2015, he información relevante de la zona de estudio según el programa lo requiera para modelar, los resultaos obtenidos al finalizar el modelamiento son archivos en pdf, mapas, entre otros. Información que ayuda para conocer el estado que se encuentra la edificación ante sismos.

A continuación, se indica el procedimiento que se siguió para diseñar, modelar el edificio Administrativo con ayuda del software Cypecad.

### 4.2.1 Datos generales

Acción Sísmica: Según NEC-SE-DS vigente

The screenshot displays the configuration window for seismic analysis in CYPECAD. The selected norm is **NEC-SE-DS 2014**. The analysis method is **Dinámico (modal espectral)**. The spectrum is defined **Según norma**. Calculation parameters include a use overload fraction of 0.00 and a spectral multiplier of 1.00. The fundamental period is estimated **Según norma**. Structural parameters include reduction coefficients of 8.00 for both X and Y directions, and regularity coefficients of 0.90. The structure is defined as **Irregular** in height. The site is characterized as **Zona sísmica IV** (Sierra, Esmeraldas y Galápagos) and **Tipo de suelo E** (Perfiles de suelos blandos). The work importance is set to **Estructuras de ocupación especial**. The number of vibration modes is set to **Según norma**.

Fuente: Software CYPECAD

#### 4.2.2 Datos generales de hormigón armado.

La resistencia del hormigón fue tomada con el esclerómetro, instrumento empleado para la determinación de la firmeza del hormigón, muestras que fueron tomadas en: Losas, vigas, columnas, dándonos un valor promedio de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y que se empleó para la realización de este trabajo de investigación.

hormigón armado	
hormigón	
Losas	f'c=210
Fundación	f'c=210
Pozos romanos	f'c=210
Columnas	f'c=210
Muros	f'c=210
Características del árido	15 mm
Acero	
Barras	Grado 60 (Latinoamérica)

Figura 2: Datos generales de hormigón  
Fuente: software CYPECAD

#### 4.2.3 Selección de normas

Selección de normas	
Hormigón	ACI 318M-11 (USA)
Acero conformado	AISI S100-2007 (LRFD) (USA)
Acero laminado	ANSI/AISC 360-05 (LRFD) (USA)
Madera	Eurocódigo 5 (UE)
Aluminio	Eurocódigo 9
Muros de bloques de hormigón	NTCRC (México)
Losas mixtas	Eurocódigo 4

Figura 3: Selección de normas  
Fuente: Software CYPECAD

#### 4.2.4 Definición de plantas y grupos de plantas

El edificio Administrativo cuenta con tres plantas y subsuelo, cada nivel cuenta con una altura de (2.88m), datos que se tomó en cuenta para realizar el modelamiento del edificio.

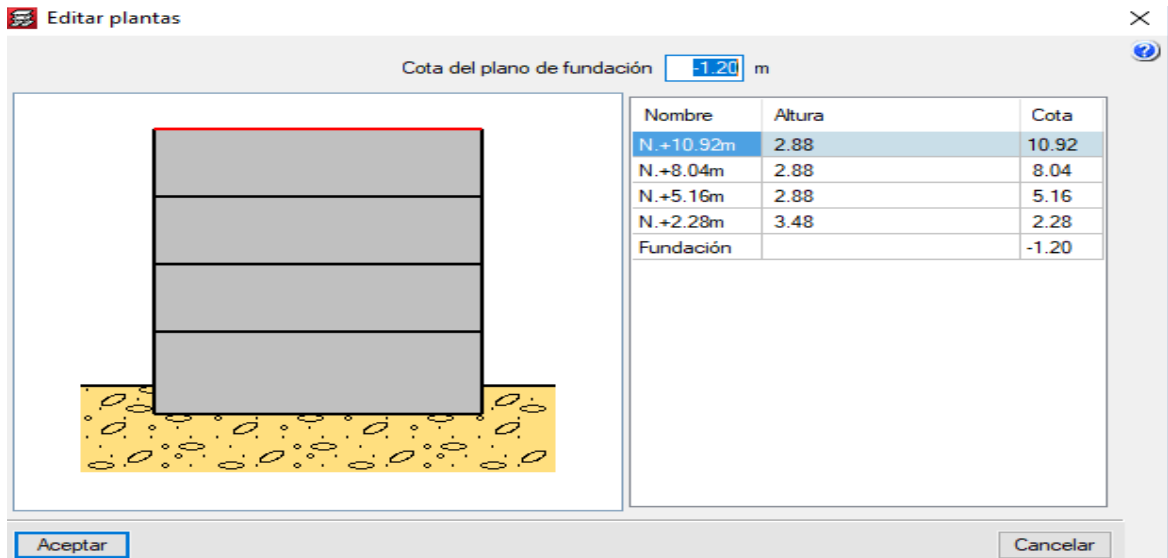


Figura 4: Definición de plantas  
Fuente: Software CYPECAD

#### 4.2.5 Cargas permanentes y sobrecargas de uso: De acuerdo a la NEC\_SE\_CG (cargas no sísmicas).

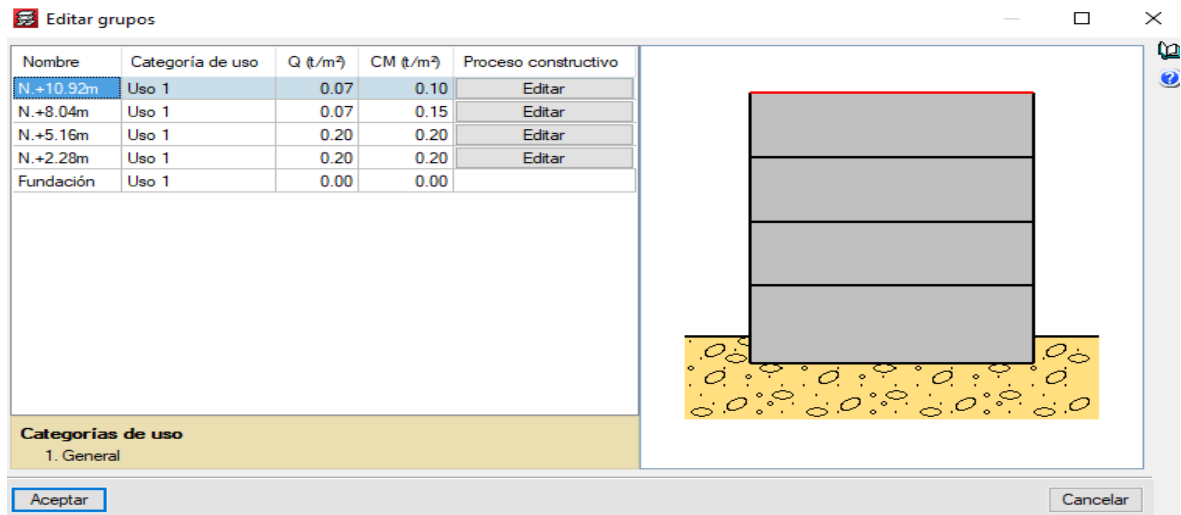


Figura 5: Cargas permanentes y sobrecargas de uso  
Fuente: Software CYPECAD



#### 4.2.6 Importación de los planos arquitectónicos al Cypecad

Se importó los planos de AutoCAD a CYPECAD, que sirve de plantilla para facilitar la introducción de la geometría de la estructura para elaborar el diseño. Ayuda de guía para la realización del modelamiento.

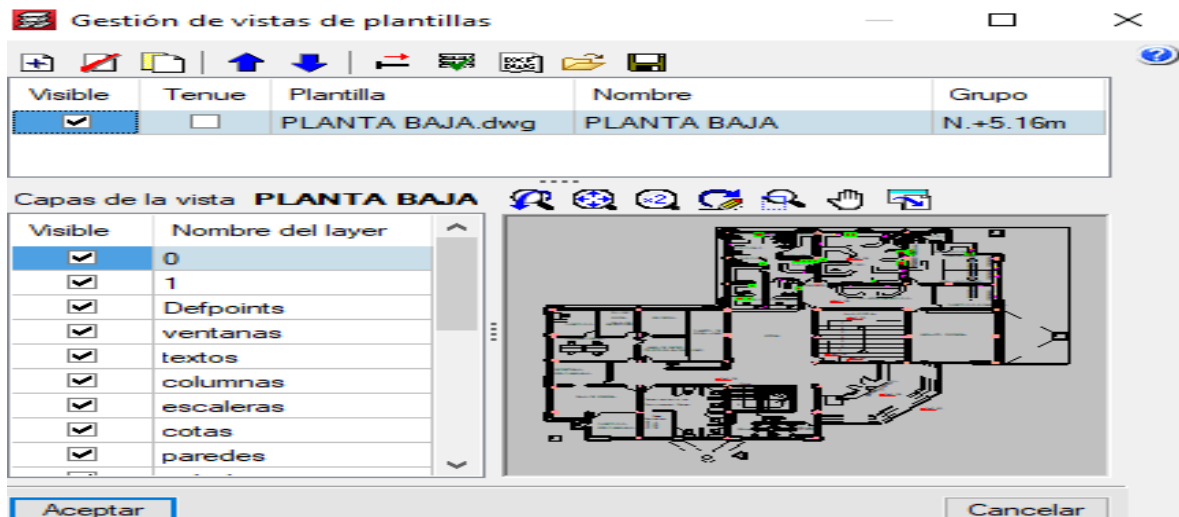


Figura 6: Gestión de vistas de plantillas  
Fuente: Software CYPECAD

#### 4.2.7 Introducción de columnas de la edificación

Para generar las columnas de hormigón armado se extrae de los planos arquitectónicos.

Se introduce todas las columnas con las mismas dimensiones de los planos arquitectónicos que ya están importados al CYPECAD, las dimensiones según los planos son: 50x50 cm, 50x40 cm. Se coloca su punto inicial y su punto final, como están diseñadas en los planos arquitectónicos.

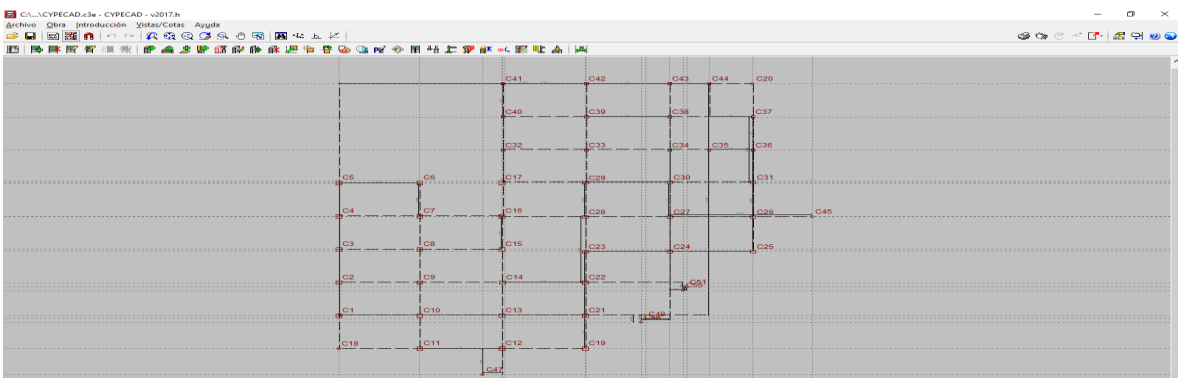


Figura 7: Introducción de columnas  
Fuente: Software CYPECAD

## 4.2.8 Introducción de vigas

Se colocan las vigas dependiendo sus dimensiones establecidas en su plano arquitectónico, el edificio cuenta con las siguientes dimensiones en sus vigas: 35x40 cm y 40x50 cm.

Se coloca las vigas en las tres plantas (primera, segunda y tercera planta).

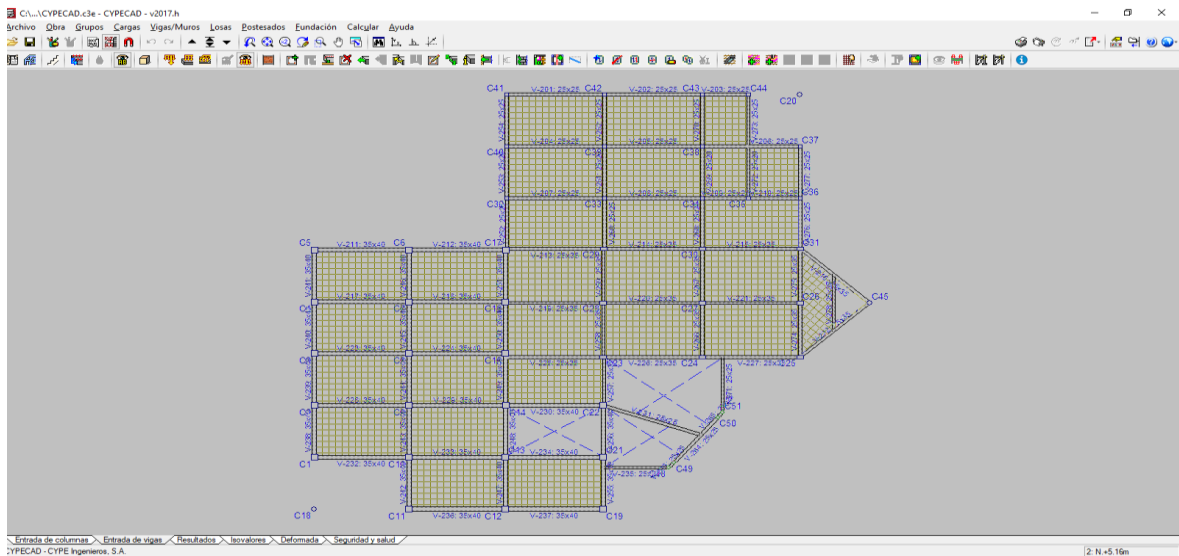


Figura 8: Introducción de vigas

Fuente: Software CYPECAD

## 4.2.9 Introducción de losas

Para este tipo de estudio se seleccionó las losas casetonadas de 20 cm de poliestireno alivianada de bloque de 20x15x40 cm.

El edificio administrativo cuenta con cuatro losas, con las mismas características y dimensiones.

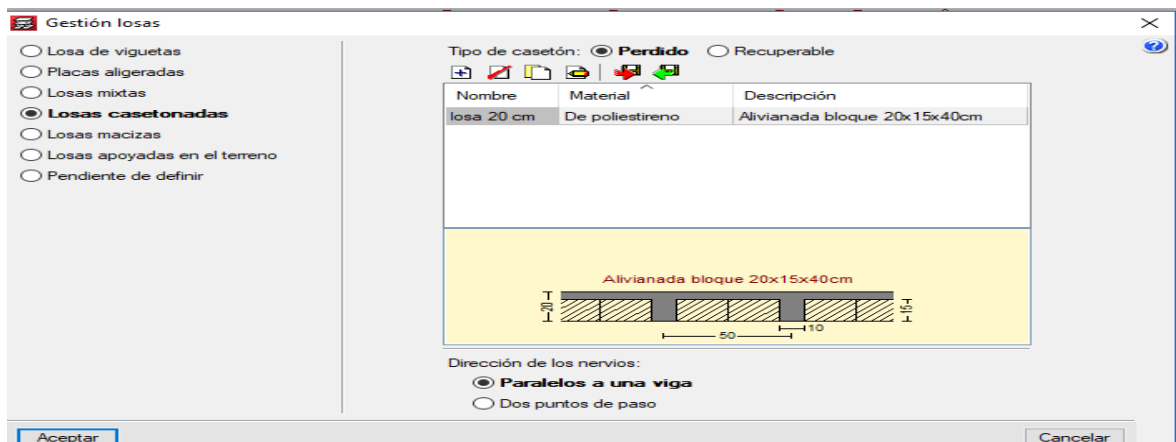


Figura 9: Introducción de losas

Fuente: Software CYPECAD

#### 4.2.10 Cálculo de la estructura

Una vez terminada la introducción de las columnas, vigas, losas se procedió al cálculo de la estructura, con la opción, sin obtener el armado.

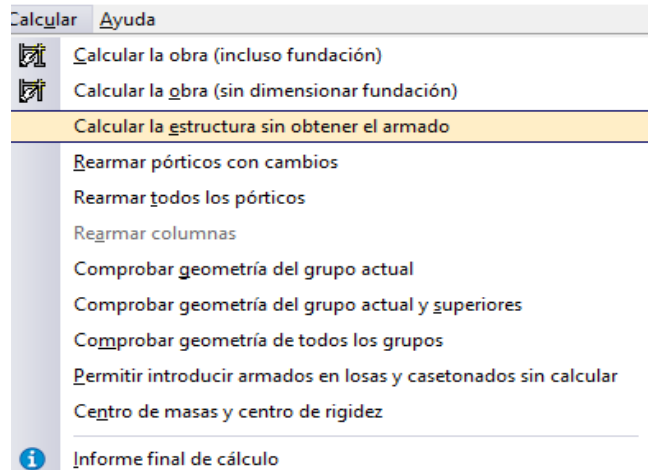


Figura 10: Cálculo de la estructura  
Fuente: Software CYPECAD

Una vez concluido con todos los pasos en el programa, se procedió a realizar el cálculo de la estructura, los resultados arrojados fueron archivos en pdf: Como la justificación de la acción sísmica, la distorsión de sus columnas, entre otros, datos que sirven para conocer el estado actual que se encuentra la edificación. Resultados que se describen en el numeral 4.3 y 4.3.2

#### 4.2.11 Modelamiento del edificio administrativo con Cypecad.

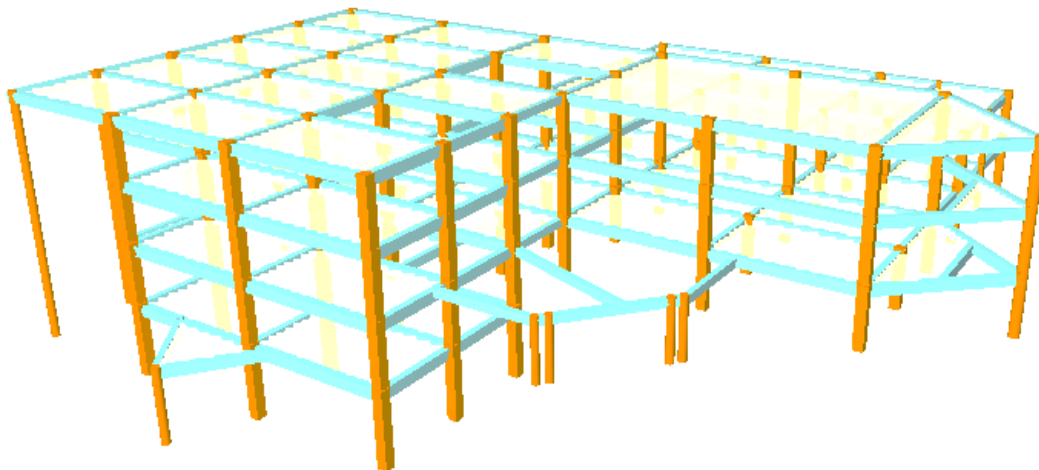


Figura 11: Modelo tridimensional  
Fuente: Software CYPECAD

### 4.3 Resultados de justificación de la acción sísmica.

#### 4.3.1 Sismo

**Norma utilizada:** NEC-SE-DS 2014 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

**Método de cálculo:** Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e)

#### Datos generales de sismo

##### Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E

##### Sistema estructural

**RX:** Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **RX:** 8.00

**RY:** Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **RY:** 8.00

**FP:** Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) **FP:** 0.90

**FE:** Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) **FE:** 0.90

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Irregular

**Estimación del periodo fundamental de la estructura:** Según norma

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

**H:** Altura del edificio

**h:** 10.92 m

**Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1):** Estructuras de ocupación especial

### **Parámetros de cálculo**

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso: 0.00

Factor multiplicador del espectro: 1.00

**Verificación de la condición de cortante basal:** Según norma

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ninguno

**Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b)**

Vigas primarias frente a la acción sísmica: 0.5

Vigas secundarias frente a la acción sísmica: 0.01

Forjados primarios frente a la acción sísmica: 0.5

Forjados secundarios frente a la acción sísmica: 0.01

Columnas: 0.8

Tabiques: 0.6

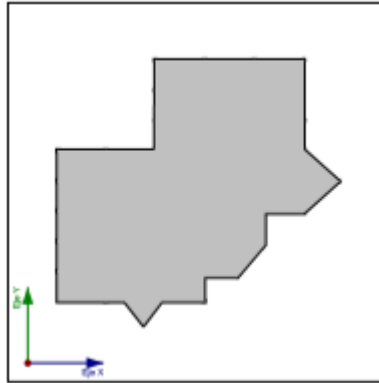
Muros: 0.6

Muros de mampostería: 0.5

## Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

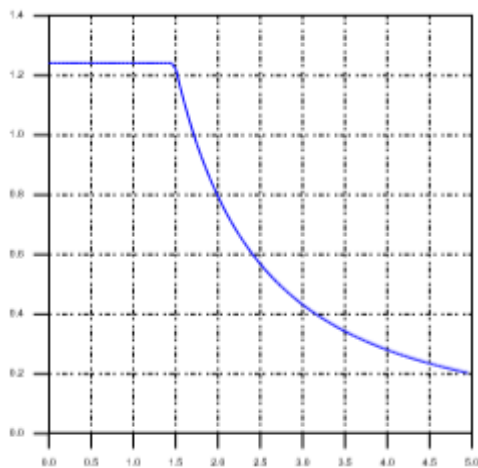
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de obra

### 4.3.1.1 Espectro de cálculo

#### Espectro elástico de aceleraciones



#### Coef. Amplificación:

$$S_{ae} = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot I$$

$$T \leq T_c$$

$$S_{ae} = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot I \cdot \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$$

$$T > T_c$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.241 g.

NEC-SE-DS 2014 (3.3.1)

## Parámetros necesarios para la definición del espectro

**Z:** Factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1) **Z: 0.35**

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV

**h:** Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) **h: 2.48**

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos

**Fa:** Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3) **Fa: 1.10**

Fd: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4) **Fd: 1.65**

Fs: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5) **Fs: 1.80**

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV

**I:** Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6) **I: 1.30**

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Estructuras de ocupación especial

**r:** Exponente que define la rama descendente del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)

**r: 1.50**

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E

**TC:** Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) **TC: 1.49**

$$T_c = 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

**Espectro de diseño de aceleraciones**

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente  $(R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E)$  correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E}$$

Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

**RX:** Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **RX:** 8.00

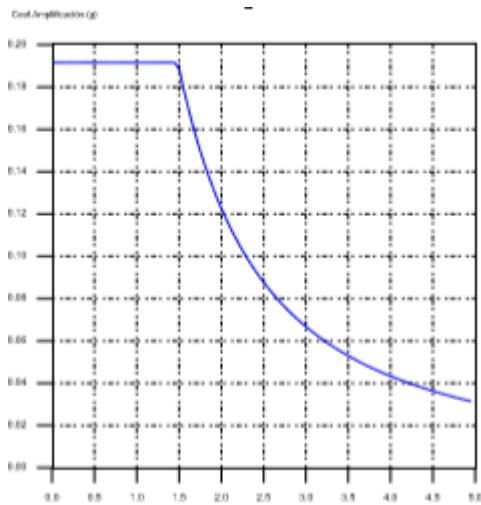
**RY:** Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **RY:** 8.00

**FP:** Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) **FP:** 0.90

**FE:** Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) **FE:** 0.90

NEC-SE-DS 2014 (6.3.2)

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y

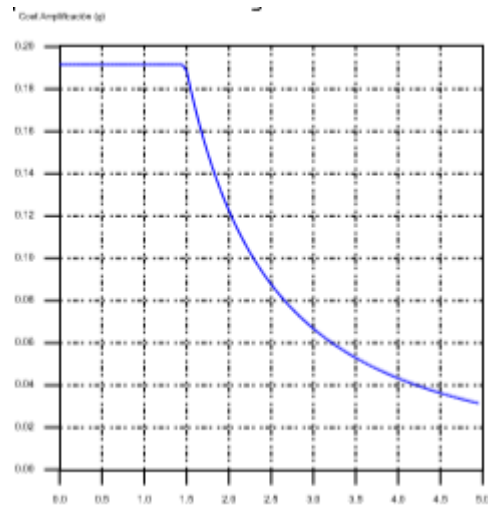


Figura 12: Espectro de diseño  
Fuente: Software CYPECAD



### 4.3.1.2 Coeficientes de participación modal

Tabla 2

#### Coeficientes de participación modal

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>gz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Hipótesis X (1)	Hipótesis Y (1)
Modo 1	0.764	0.0935	0.0629	0.9936	46.65 %	21.12 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 27.7611 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 27.7611 mm
Modo 2	0.669	0.2193	0.4119	0.8845	20.13 %	71.08 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 21.2863 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 21.2863 mm
Modo 3	0.567	0.0442	0.012	0.999	25.42 %	1.89 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 15.2834 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 15.2834 mm
Total					92.2 %	94.09 %		

Fuente: Resultados CYPECAD

**T:** Periodo de vibración en segundos.

**L<sub>x</sub>, L<sub>y</sub>:** Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

**L<sub>gz</sub>:** Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

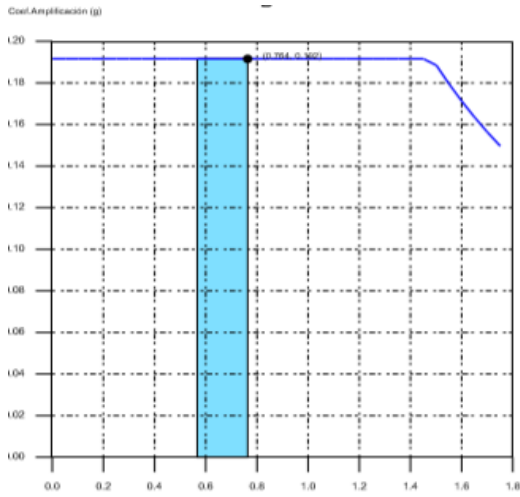
**M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub>:** Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis. **R:** Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

**A:** Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

**D:** Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

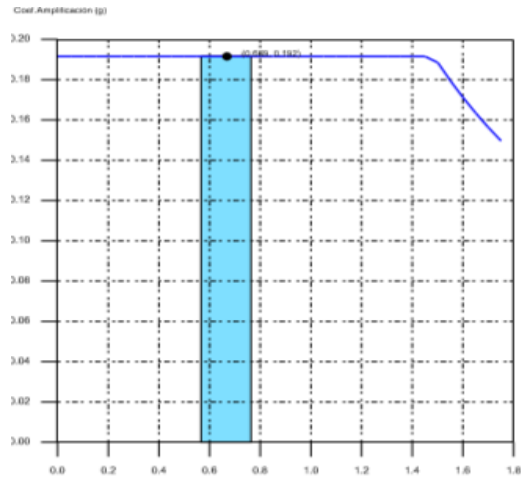
## Representación de los periodos modales

### Espectro de diseño según X



Periodo (s)

### Espectro de diseño según Y



Periodo (s)

Figura 13: Periodos modales  
Fuente: Software CYPECAD

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.764	0.192

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.669	0.192

### 4.3.1.3 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Tabla 3

Centro de rigidez y excentricidades

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	eX (m)	eY (m)
N.+10.92m	(15.14, 8.20)	(13.40, 7.98)	1.73	0.22
N.+8.04m	(17.37, 13.98)	(14.92, 10.89)	2.45	3.09
N.+5.16m	(19.06, 13.68)	(16.54, 12.91)	2.52	0.77
N.+2.28m	(9.74, 5.92)	(9.78, 6.24)	-0.03	-0.32

Fuente: Resultados CYPECAD

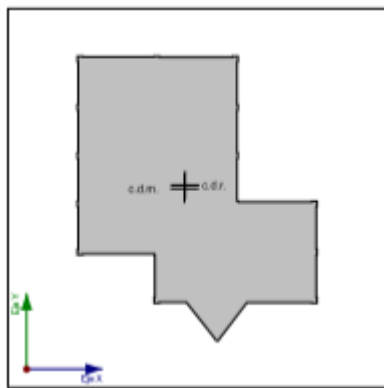
**c.d.m.:** Coordenadas del centro de masas de la planta (X, Y)

**c.d.r.:** Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X, Y)

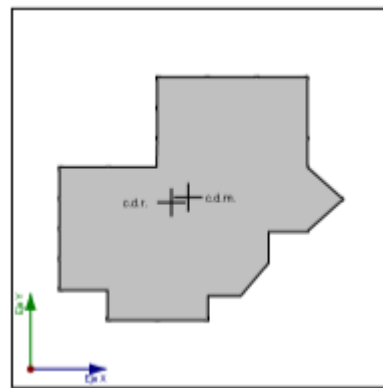
**eX:** Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

**eY:** Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

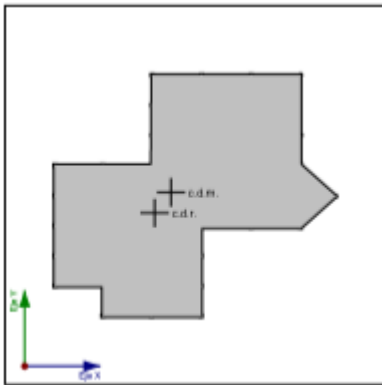
### Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



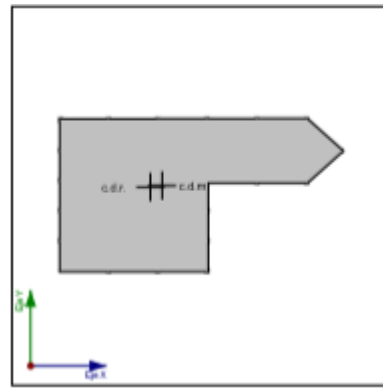
N.+2.28m



N.+5.16m



**N.+8.04m**



**N.+10.92m**

#### 4.3.1.4 Corrección por cortante basal

##### Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (Vd.), por dirección e Hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por Hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	VX (t)	Vd, X (t)
Sismo X1	Modo 1	151.2382	215.3509
	Modo 2	65.2615	
	Modo 3	82.4133	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	VY (t)	Vd, Y (t)
Sismo Y1	Modo 1	68.3579	264.2314
	Modo 2	230.0665	
	Modo 3	6.1121	

Vd., X: Cortante basal dinámico en dirección X, por Hipótesis sísmica

Vd., Y: Cortante basal dinámico en dirección Y, por Hipótesis sísmica

##### Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

**VS, X:** Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) **VS, X:** 323.5602\_t

$$V_{s,x} = S_{d,x}(T_a) \cdot W$$

**Sd, X (Ta):** Aceleración espectral horizontal de diseño (X) **Sd, X (Ta):** 0.192 g

**Ta, X:** Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS) **Ta, X:** 0.47 s

$$T_a = 0.055 \cdot h^{0.9}$$

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

**h:** Altura del edificio **h:** 10.92 m

**VS, Y:** Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) **VS, Y:** 323.5602 t

$$V_{s,y} = S_{d,y}(T_a) \cdot W$$

**Sd, Y (Ta):** Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) **Sd,Y(Ta) :** 0.192 g

**Ta, Y:** Periodo fundamental aproximado (NEC-SE-DS 2014) **Ta, Y:** 0.47 s

$$T_a = 0.055 \cdot h^{0.9}$$

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

**h:** Altura del edificio **h:** 10.92 m

**W:** Peso sísmico total de la estructura **W:** 1689.1739 t

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

$$W = \sum_{i=1}^n w_i$$

**wi:** Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Cortante basal estático.

Tabla 4

*Cortante basal estático*

Planta	Wi (t)
N.+10.92m	335.7999
N.+8.04m	469.1878
N.+5.16m	606.7072
N.+2.28m	277.4791

Fuente: Resultados CYPECAD

Verificación de la condición de cortante basal cuando el valor del cortante dinámico total en la base (Vd.), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 85 % del cortante basal sísmico estático (Vs), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación:  $0.85 \cdot V_s / V_d$ .

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Irregular

**NEC-SE-DS 2014 (6.2.2b)**

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d, X1} \geq 0.85 \cdot V_{s, X}$ 215.3509 t <input type="checkbox"/> 275.0262 t	1.28
Sismo Y1	$V_{d, Y1} \geq 0.85 \cdot V_{s, Y}$ 264.2314 t <input type="checkbox"/> 275.0262 t	1.04

**Vd., X:** Cortante basal dinámico en dirección X, por Hipótesis sísmica

**Vs, X:** Cortante basal estático en dirección X, por Hipótesis sísmica

**Vd., Y:** Cortante basal dinámico en dirección Y, por Hipótesis sísmica

**Vs, Y:** Cortante basal estático en dirección Y, por Hipótesis sísmica

#### 4.3.1.5 Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una Hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales. Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

#### Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

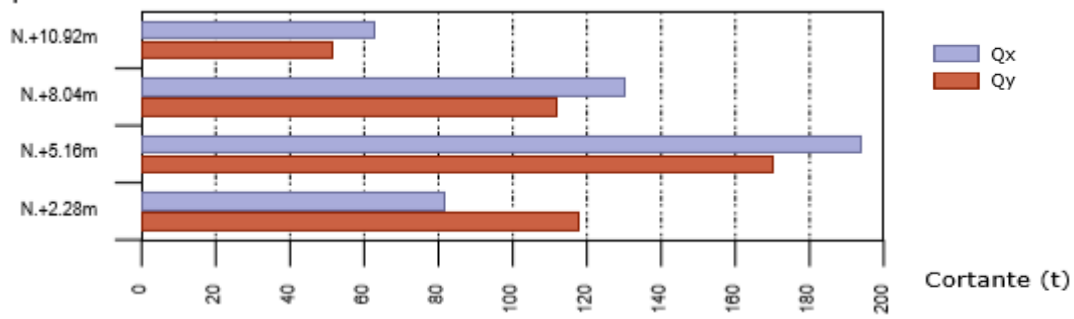
Planta	QX (t)	Feq, X (t)	QY (t)	Feq, Y (t)
N.+10.92m	62.6282	62.6282	51.4694	51.4694
N.+8.04m	130.0485	68.6703	111.9154	60.5472
N.+5.16m	193.8383	63.8560	170.1427	58.2639
N.+2.28m	81.4192	123.6467	117.5955	87.7363

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

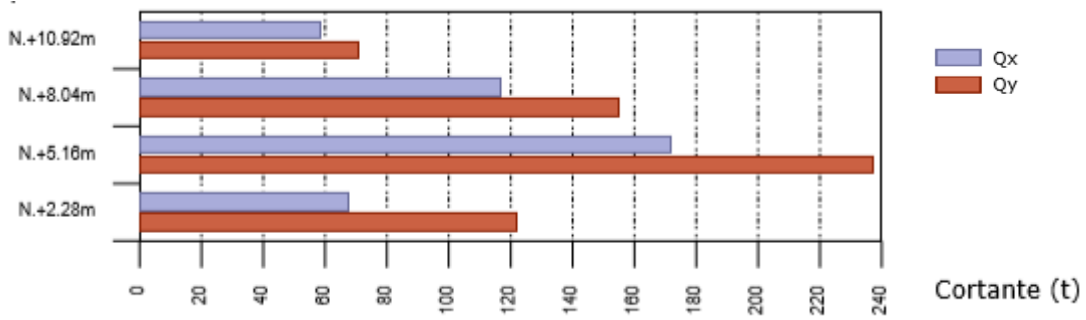
Planta	QX (t)	Feq, X (t)	QY (t)	Feq, Y (t)
N.+10.92m	58.7457	58.7457	70.8965	70.8965
N.+8.04m	116.7154	58.1168	155.2219	84.3430
N.+5.16m	171.9177	55.2103	236.8659	81.6526
N.+2.28m	67.5232	108.0276	122.0255	127.6566

### Cortantes sísmicos máximos por planta.

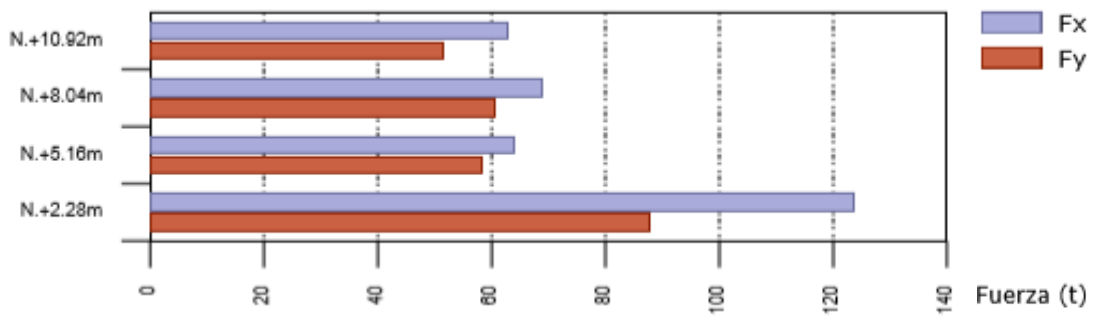
Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1





Hipótesis sísmica: Sismo Y1

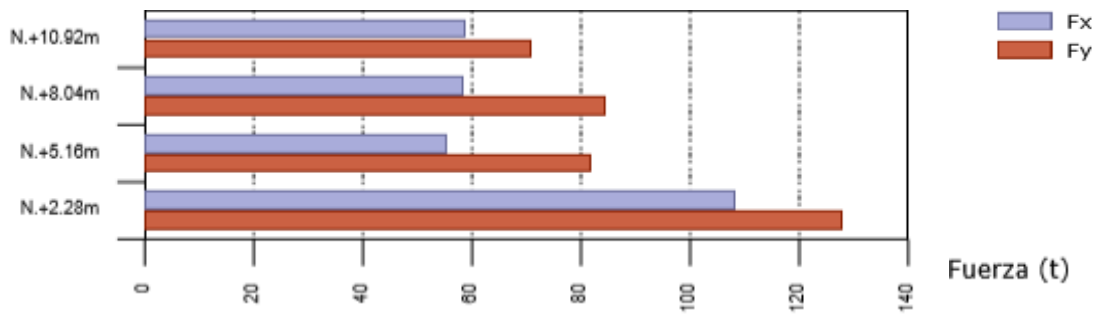


Figura 14: Fuerza sísmica equivalente  
Fuente: Software CYPECAD

### 4.3.2 Distorsiones de columnas

**H:** Altura del nivel respecto al inmediato inferior

**Distorsión:**

Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior

Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta

**Origen:**

G: Sólo gravitatorias

GV: Gravitatorias + viento

**Nota:**

Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.

El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.

Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0002	----	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0000	----	G
C2	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0003	----	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0000	----	G
C3	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0003	----	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0000	----	G
C4	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0003	----	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C5	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0004	h / 8075	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C6	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0004	h / 8075	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C7	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0003	----	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C8	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G

	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0003	----	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C9	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0003	----	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C10	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0002	----	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C11	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0002	----	G	0.0002	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0002	----	G	0.0001	----	G
C12	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0002	----	G	0.0001	----	G
C13	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C14	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0003	----	G	0.0001	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C15	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
<b>Situaciones persistentes o transitorias</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0002	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0003	----	G	0.0001	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C16	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0002	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0003	----	G	0.0001	----	G
	Fundación	-1.20							

	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C17	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0002	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0004	h / 8075	G	0.0001	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C18	N.+10.92m	10.67	2.63	0.0015	h / 1754	G	0.0005	h / 5260	G
	N.+8.04m	8.04	2.88	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	5.16	2.88	0.0006	h / 4800	G	0.0002	----	G
	N.+2.28m	2.28	3.48	0.0012	h / 2900	G	0.0004	h / 8700	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0002	----	G	0.0000	----	G
C19	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0002	----	G	0.0002	----	G
C20	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C21	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0002	----	G
C22	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0003	----	G	0.0001	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0002	----	G
C23	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0001	----	G	0.0002	----	G
<b>Situaciones persistentes o transitorias</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C24	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0001	----	G	0.0002	----	G
C25	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0001	----	G	0.0003	----	G
C26	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G

C27	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C28	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C29	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C30	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C31	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0000	----	G	0.0003	----	G
C32	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C33	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C34	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C35	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
<b>Situaciones persistentes o transitorias</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C36	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C37	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C38	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G

C39	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C40	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C41	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0002	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C42	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0002	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C43	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C44	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0002	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C45	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0000	----	G	0.0003	----	G
C47	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		3.23	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C48	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C49	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
<b>Situaciones persistentes o transitorias</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C50	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C51	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N.+2.28m	2.28							

<b>Situaciones sísmicas (1)</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0284	h / 102	----	0.0229	h / 126	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0393	h / 74	----	0.0328	h / 88	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0430	h / 67	----	0.0422	h / 69	----

	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0873	h / 37	----	0.1027	h / 32	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1970	h / 61	----	0.1993	h / 60	----
C2	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0248	h / 117	----	0.0229	h / 126	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0346	h / 84	----	0.0328	h / 88	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0372	h / 78	----	0.0422	h / 69	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0746	h / 44	----	0.1027	h / 32	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1703	h / 70	----	0.1993	h / 60	----
C3	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0227	h / 127	----	0.0229	h / 126	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0314	h / 92	----	0.0328	h / 88	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0323	h / 90	----	0.0422	h / 69	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0636	h / 51	----	0.1027	h / 32	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1490	h / 80	----	0.1993	h / 60	----
C4	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0215	h / 134	----	0.0229	h / 126	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0292	h / 99	----	0.0328	h / 88	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0280	h / 103	----	0.0422	h / 69	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0536	h / 61	----	0.1027	h / 32	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1312	h / 91	----	0.1993	h / 60	----
C5	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0214	h / 135	----	0.0229	h / 126	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0282	h / 103	----	0.0328	h / 88	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0248	h / 117	----	0.0422	h / 69	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0455	h / 71	----	0.1027	h / 32	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1186	h / 101	----	0.1993	h / 60	----
C6	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0214	h / 135	----	0.0175	h / 165	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0282	h / 103	----	0.0254	h / 114	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0248	h / 117	----	0.0327	h / 89	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0455	h / 71	----	0.0816	h / 40	----
	Fundación	-1.20							
<b>Situaciones sísmicas (1)</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Di storsión X			Di storsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		11.87	0.1186	h / 101	----	0.1568	h / 76	----
C7	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0215	h / 134	----	0.0175	h / 165	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0292	h / 99	----	0.0254	h / 114	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0280	h / 103	----	0.0327	h / 89	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0536	h / 61	----	0.0816	h / 40	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1312	h / 91	----	0.1568	h / 76	----
C8	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0227	h / 127	----	0.0175	h / 165	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0314	h / 92	----	0.0254	h / 114	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0323	h / 90	----	0.0327	h / 89	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0636	h / 51	----	0.0816	h / 40	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1490	h / 80	----	0.1568	h / 76	----
C9	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0248	h / 117	----	0.0175	h / 165	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0346	h / 84	----	0.0254	h / 114	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0372	h / 78	----	0.0327	h / 89	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0746	h / 44	----	0.0816	h / 40	----
	Fundación	-1.20							

	Total		11.87	0.1703	h / 70	----	0.1568	h / 76	----
C10	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0284	h / 102	----	0.0175	h / 165	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0393	h / 74	----	0.0254	h / 114	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0430	h / 67	----	0.0327	h / 89	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0873	h / 37	----	0.0816	h / 40	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1970	h / 61	----	0.1568	h / 76	----
C11	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0332	h / 87	----	0.0175	h / 165	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0454	h / 64	----	0.0254	h / 114	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0496	h / 59	----	0.0327	h / 89	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.1010	h / 32	----	0.0816	h / 40	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.2279	h / 53	----	0.1568	h / 76	----
C12	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0332	h / 87	----	0.0178	h / 162	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0454	h / 64	----	0.0244	h / 119	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0496	h / 59	----	0.0247	h / 117	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.1010	h / 32	----	0.0612	h / 53	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.2279	h / 53	----	0.1243	h / 96	----
C13	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0284	h / 102	----	0.0178	h / 162	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0393	h / 74	----	0.0244	h / 119	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0430	h / 67	----	0.0247	h / 117	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0873	h / 37	----	0.0612	h / 53	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1970	h / 61	----	0.1243	h / 96	----
C14	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0248	h / 117	----	0.0178	h / 162	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0346	h / 84	----	0.0244	h / 119	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0372	h / 78	----	0.0246	h / 118	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0746	h / 44	----	0.0611	h / 53	----
	Fundación	-1.20							
<b>Situaciones sísmicas (1)</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Di torsión X			Di torsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		11.87	0.1703	h / 70	----	0.1243	h / 96	----
C15	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0227	h / 127	----	0.0178	h / 162	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0314	h / 92	----	0.0244	h / 119	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0323	h / 90	----	0.0247	h / 117	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0636	h / 51	----	0.0612	/ 53	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1490	h / 80	----	0.1243	h / 96	----
C16	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0215	h / 134	----	0.0178	h / 162	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0292	h / 99	----	0.0244	h / 119	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0280	h / 103	----	0.0247	h / 117	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0536	h / 61	----	0.0612	h / 53	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1312	h / 91	----	0.1243	h / 96	----
C17	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0214	h / 135	----	0.0178	h / 162	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0282	h / 103	----	0.0244	h / 119	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0248	h / 117	----	0.0246	h / 118	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0455	h / 71	----	0.0612	h / 53	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1186	h / 101	----	0.1243	h / 96	----



C18	N.+10.92m	10.67	2.63	0.0245	h / 108	----	0.0201	h / 131	----
	N.+8.04m	8.04	2.88	0.0492	h / 59	----	0.0429	h / 68	----
	N.+5.16m	5.16	2.88	0.0660	h / 44	----	0.0576	h / 50	----
	N.+2.28m	2.28	3.48	0.0916	h / 38	----	0.0799	h / 44	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.2279	h / 53	----	0.1993	h / 60	----
C19	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0332	h / 87	----	0.0206	h / 140	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0454	h / 64	----	0.0271	h / 107	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0496	h / 59	----	0.0240	h / 120	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.1010	h / 32	----	0.0527	h / 62	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.2279	h / 53	----	0.1240	h / 96	----
C20	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0331	h / 88	----	0.0426	h / 68	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0693	h / 38	----	0.0890	h / 30	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.1001	h / 56	----	0.1311	h / 43	----
C21	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0284	h / 102	----	0.0206	h / 140	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0393	h / 74	----	0.0271	h / 107	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0430	h / 67	----	0.0240	h / 120	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0873	h / 37	----	0.0527	h / 62	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1970	h / 61	----	0.1240	h / 96	----
C22	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0248	h / 117	----	0.0206	h / 140	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0346	h / 84	----	0.0271	h / 107	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0372	h / 78	----	0.0240	h / 120	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0746	h / 44	----	0.0527	h / 62	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.1703	h / 70	----	0.1240	h / 96	----
C23	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0228	h / 127	----	0.0206	h / 140	----
<b>Situaciones sísmicas (1)</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Di storsión X			Di storsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0316	h / 92	----	0.0271	h / 107	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0965	h / 28	----	0.0766	h / 35	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.1503	h / 56	----	0.1240	h / 68	----
C24	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0228	h / 127	----	0.0260	h / 111	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0316	h / 92	----	0.0315	h / 92	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0965	h / 28	----	0.0737	h / 36	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.1503	h / 56	----	0.1295	h / 65	----
C25	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0228	h / 127	----	0.0351	h / 83	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0316	h / 92	----	0.0426	h / 68	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0965	h / 28	----	0.0890	h / 30	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.1503	h / 56	----	0.1659	h / 51	----
C26	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0815	h / 33	----	0.0890	h / 30	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.63	0.0815	h / 33	----	0.0890	h / 30	----
C27	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0815	h / 33	----	0.0737	h / 36	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.63	0.0815	h / 33	----	0.0737	h / 36	----

C28	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0215	h / 134	----	0.0206	h / 140	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0292	h / 99	----	0.0271	h / 107	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0815	h / 33	----	0.0766	h / 35	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.1315	h / 64	----	0.1240	h / 68	----
C29	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0214	h / 135	----	0.0206	h / 140	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0282	h / 103	----	0.0271	h / 107	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0696	h / 38	----	0.0766	h / 35	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.1184	h / 71	----	0.1240	h / 68	----
C30	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0214	h / 135	----	0.0260	h / 111	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0282	h / 103	----	0.0315	h / 92	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0696	h / 38	----	0.0737	h / 36	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.1184	h / 71	----	0.1295	h / 65	----
C31	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0214	h / 135	----	0.0351	h / 83	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0282	h / 103	----	0.0426	h / 68	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0696	h / 38	----	0.0890	h / 30	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.1184	h / 71	----	0.1659	h / 51	----
C32	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0286	h / 101	----	0.0244	h / 119	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0626	h / 43	----	0.0847	h / 32	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0908	h / 61	----	0.1066	h / 52	----
C33	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0286	h / 101	----	0.0271	h / 107	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0626	h / 43	----	0.0766	h / 35	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0908	h / 61	----	0.1035	h / 54	----
<b>Situaciones sísmicas (1)</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C34	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0286	h / 101	----	0.0315	h / 92	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0626	h / 43	----	0.0737	h / 36	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0908	h / 61	----	0.1049	h / 53	----
C35	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0286	h / 101	----	0.0366	h / 79	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0626	h / 43	----	0.0789	h / 34	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0908	h / 61	----	0.1131	h / 49	----
C36	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0286	h / 101	----	0.0426	h / 68	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0626	h / 43	----	0.0890	h / 30	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0908	h / 61	----	0.1311	h / 43	----
C37	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0303	h / 96	----	0.0426	h / 68	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0614	h / 43	----	0.0890	h / 30	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0912	h / 61	----	0.1311	h / 43	----
C38	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0303	h / 96	----	0.0315	h / 92	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0614	h / 43	----	0.0737	h / 36	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0912	h / 61	----	0.1049	h / 53	----

C39	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0303	h / 96	----	0.0271	h / 107	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0614	h / 43	----	0.0766	h / 35	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0912	h / 61	----	0.1035	h / 54	----
C40	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0303	h / 96	----	0.0244	h / 119	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0614	h / 43	----	0.0847	h / 32	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0912	h / 61	----	0.1066	h / 52	----
C41	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0331	h / 88	----	0.0244	h / 119	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0693	h / 38	----	0.0847	h / 32	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.1001	h / 56	----	0.1066	h / 52	----
C42	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0331	h / 88	----	0.0271	h / 107	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0693	h / 38	----	0.0766	h / 35	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.1001	h / 56	----	0.1035	h / 54	----
C43	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0331	h / 88	----	0.0315	h / 92	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0693	h / 38	----	0.0737	h / 36	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.1001	h / 56	----	0.1049	h / 53	----
C44	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0331	h / 88	----	0.0366	h / 79	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0693	h / 38	----	0.0789	h / 34	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.1001	h / 56	----	0.1131	h / 49	----
C45	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0215	h / 134	----	0.0417	h / 70	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0292	h / 99	----	0.0508	h / 57	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0815	h / 33	----	0.1111	h / 24	----
	N.+2.28m	2.28							
<b>Situaciones sísmicas (1)</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		8.39	0.1315	h / 64	----	0.2021	h / 42	----
C47	N.+2.28m	2.03	3.23	0.1119	h / 29	----	0.0657	h / 50	----
	Fundación	-1.20							
	Total		3.23	0.1119	h / 29	----	0.0657	h / 50	----
C48	N.+5.16m	4.96	2.68	0.1341	h / 20	----	0.0743	h / 37	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.1341	h / 20	----	0.0743	h / 37	----
C49	N.+5.16m	4.96	2.68	0.1321	h / 21	----	0.0742	h / 37	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.1321	h / 21	----	0.0742	h / 37	----
C50	N.+5.16m	4.96	2.68	0.1154	h / 24	----	0.0754	h / 36	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.1154	h / 24	----	0.0754	h / 36	----
Notas:									
(1) Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.									

Fuente: Resultados CYPECAD

## Valores máximos

<b>Desplome local máximo de los pilares (<math>\square</math> / h)</b>				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
N.+10.92m	1 / 1754	1 / 5260	1 / 87	1 / 70
N.+8.04m	----	----	1 / 59	1 / 57
N.+5.16m	1 / 4800	----	1 / 20	1 / 24
N.+2.28m	1 / 2900	1 / 8700	1 / 29	1 / 32
Notas:				
<sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.				

Tabla 5

### Distorsión de columnas

<b>Desplome total máximo de los pilares (<math>\square</math> / H)</b>				
Situaciones persistentes o transitorias			Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
Dirección X	Dirección Y		Dirección X	Dirección Y
----	----		1 / 20	1 / 30
Notas:				
<sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.				

Fuente: Resultados CYPECAD

#### 4.4 Modos de vibración.

Los resultados arrojados de los modos de vibración, del modelamiento del edificio Administrativo son: El primer modo de vibración del sismo en x es: Movimiento torsional.

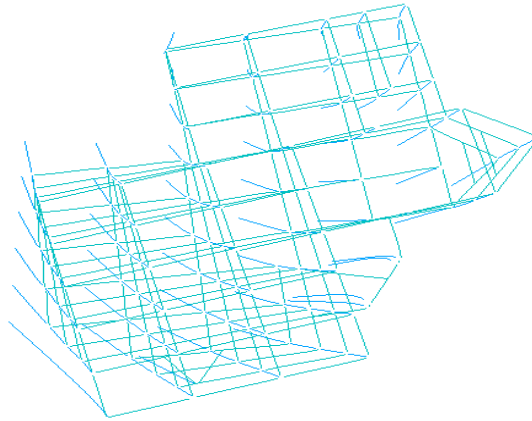


Figura 15: Primer modo de vibración

El segundo modo de vibración del sismo en y es: Traslacional.

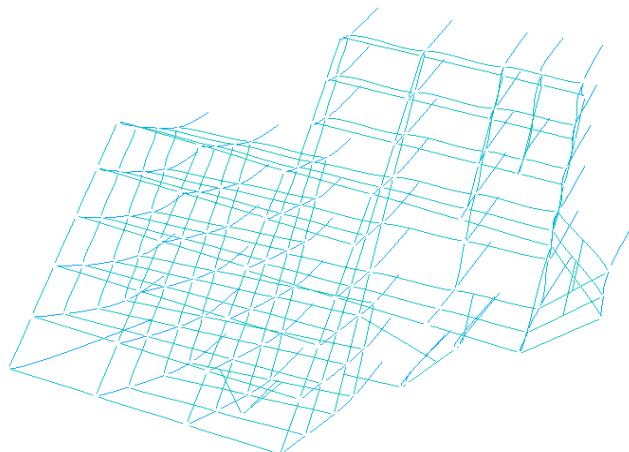


Figura 16: Segundo modo de vibración

El tercer modo de vibración del sismo en x es: Torsión.

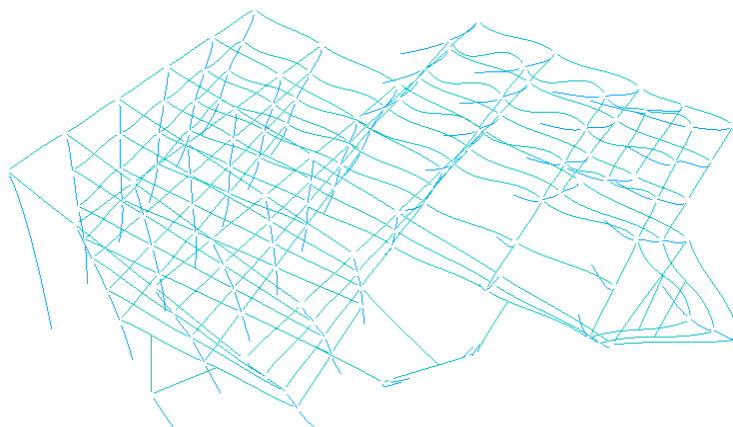


Figura 17: Tercer modo de vibración

## 4.5 Análisis de los resultados modelamiento 1

### 4.5.1 Participación modal de masas

Tabla 6

Análisis de resultados: Participación modal de masas.

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>gz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Hipótesis X (1)	Hipótesis Y (1)
Modo 1	0.764	0.0935	0.0629	0.9936	46.65 %	21.12 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 27.7611 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 27.7611 mm
Modo 2	0.669	0.2193	0.4119	0.8845	20.13 %	71.08 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 21.2863 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 21.2863 mm
Modo 3	0.567	0.0442	0.012	0.999	25.42 %	1.89 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 15.2834 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 15.2834 mm
Total					92.2 %	94.09 %		

Fuente: Resultados CYPECAD

La sumatoria de los tres modos de vibración tienen un porcentaje mayor de 90% lo cual es favorable en cada dirección, mientras los valores de Lx y Ly son cercanos a uno garantizan un buen comportamiento sísmico de la estructura los valores de Lgz mientras alejado de uno es mejor para su desempeño, los modos de vibración importantes son el uno y el dos. El primer modo de vibración predomina el movimiento rotacional. El segundo modo de vibración baja el coeficiente torsional pero sigue prevaleciendo el movimiento torsional y en el tercer modo de vibración es un movimiento rotacional, los modos de vibración no son los correctos para el comportamiento de la estructura.

#### 4.5.2 Distorsión de columnas

Tabla 7

*Análisis de resultados: Distorsión de columnas*

<b>Desplome total máximo de los pilares (<math>\Delta</math> / H)</b>			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 20	1 / 30

Notas:

<sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: Resultados CYPECAD

Según la norma (NEC 2015) el valor mínimo de las columnas debe ser L/50 en la dirección X, Y, vemos que no se cumple con la norma mínima (ver tabla 7), la misma que se está desplazando más de lo normal corre el riesgo de desplomarse.

#### **4.6 Medidas de reducción de riesgos para el mejoramiento del desempeño estructural.**

Con los resultados obtenidos del primer modelamiento del edificio administrativo, se pudo constatar que el inmueble tiene un comportamiento y desempeño estructural no aceptable, para mejorar su desempeño estructural, se realizó un segundo modelamiento (ver figura 18) en la que se sugiere implementar muros de hormigón en diferentes orientaciones de sus plantas para que ayuden a resistir la rotación o torsión.

El movimiento del suelo mueve el edificio y crean fuerzas de inercia que se mueven a su vez toda la estructura, este movimiento es resistido por los muros de hormigón y las fuerzas se transmiten a lo largo de la estructura (Arnold & Reitherman, 1987).

El muro cortante resiste fuerzas dinámicas que están invirtiendo su dirección mientras continúe el movimiento fuerte, la misma que depende de las características del sismo. El tamaño y la localización de los muros de hormigón son importante. Las plantas se pueden concebir como conjuntos de elementos resistentes con orientaciones variables para resistir las fuerzas de traslación, que se colocan a distancias variables del centro de rigidez para resistir fuerzas de torsión (Arnold & Reitherman, 1987).

Por su resistencia los muros de hormigón armado son generalmente preferidos por diferentes proyectistas y constructores debido a su versatilidad, su rigidez ayuda a minimizar las deformaciones sísmicas y reduce el daño en los elementos estructurales y no estructurales, en la actualidad los muros estructurales han sido adoptados ampliamente en zonas de sismicidad, es un sistema constructivo donde ha dado grandes resultados. Las estructuras de hormigón armado presentan un buen desempeño sísmico ante acciones sísmicas es necesario que poseen cierta ductilidad, este tipo de estudios se los viene desarrollando desde la época de las 70 estructuras diseñadas antes de esta época son vulnerables ante la acción sísmica (Kobe, 1995). A continuación, se describe los resultados del análisis estructural ver numeral 4.7 arrojados por el segundo modelamiento.



#### 4.6.1 Modelamiento tridimensional 2

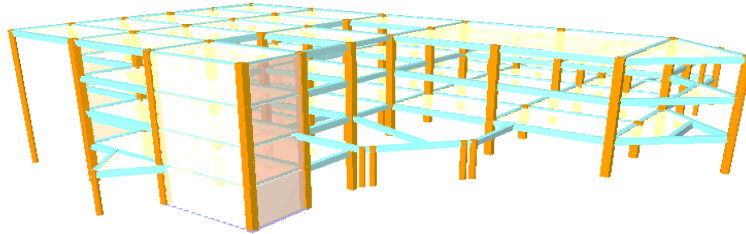


Figura 18: Modelamiento tridimensional 2 (Sugiriendo muros de hormigón)

#### 4.6.2 Muro de hormigón armado

En el edificio administrativo se implementaron cuatro muros de hormigón armado de forma paralela ayudando equilibrar la estructura ante sismos.

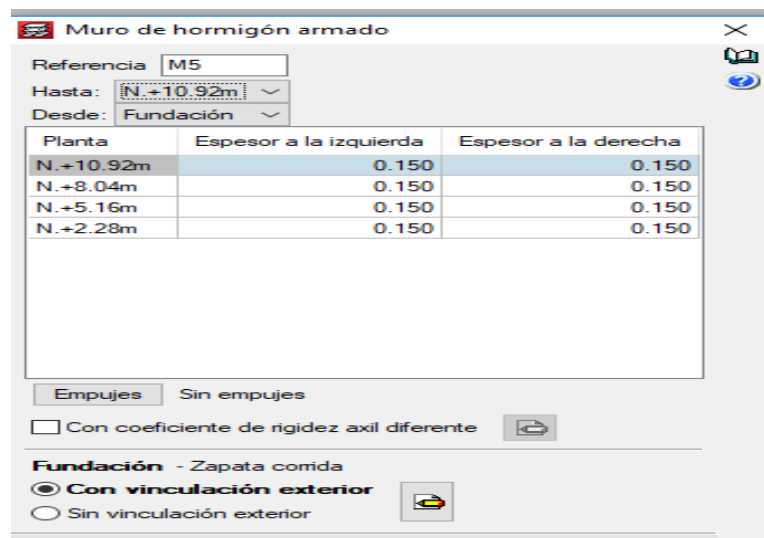


Figura 19: Muro hormigón armado

Como se observa en la figura 18, se implementaron cuatro muros de hormigón armado que comienza del primer nivel hasta el cuarto nivel (ver en la figura 19), en el edificio Administrativo, para mejorar su desempeño estructural.

## **4.7 Resultados del análisis estructural (Sugiriendo muros de hormigón).**

### **4.7.1 Sismo**

**Norma utilizada:** NEC-SE-DS 2014 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

**Método de cálculo:** Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e)

#### **Datos generales de sismo**

#### **Caracterización del emplazamiento**

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E

#### **Sistema estructural**

**RX:** Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **RX: 8.00**

**RY:** Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **RY: 8.00**

**FP:** Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) **FP: 0.90**

**FE:** Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) **FE: 0.90**

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Irregular

**Estimación del periodo fundamental de la estructura:** Según norma

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

**h:** Altura del edificio **h: 10.92 m**

**Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1):** Estructuras de ocupación especial

#### **Parámetros de cálculo**

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso: 0.00

Factor multiplicador del espectro: 1.00

**Verificación de la condición de cortante basal:** Según norma

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ninguno

**Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b)**

Vigas primarias frente a la acción sísmica: 0.5

Vigas secundarias frente a la acción sísmica: 0.01

Forjados primarios frente a la acción sísmica: 0.5

Forjados secundarios frente a la acción sísmica: 0.01

Columnas: 0.8

Tabiques: 0.6

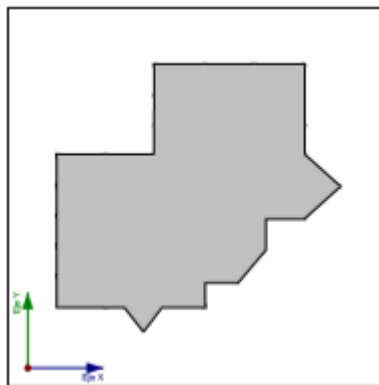
Muros: 0.6

Muros de mampostería: 0.5

**Direcciones de análisis**

Acción sísmica según X

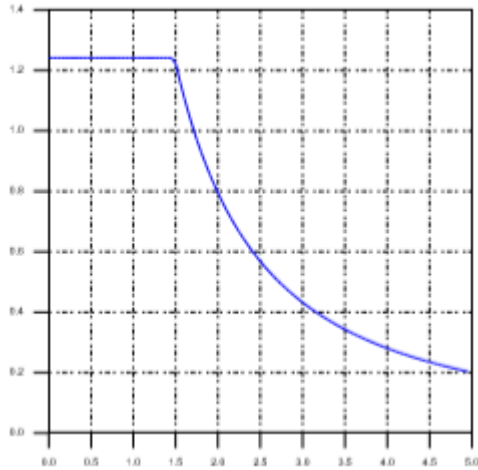
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de obra

## 4.7.2 Espectro de cálculo

### Espectro elástico de aceleraciones



#### Coef. Amplificación:

$$S_{ae} = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot I$$

$$T \leq T_c$$

$$S_{ae} = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot I \cdot \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$$

$$T > T_c$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.241 g.

NEC-SE-DS 2014 (3.3.1)

#### Parámetros necesarios para la definición del espectro

**Z:** Factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1)

**Z:** 0.35

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV

**h:** Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)

**h:** 2.48

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos

**Fa:** Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3)

**Fa:** 1.10

**Fd:** Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4)

**Fd:** 1.65

**Fs:** Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5)

**Fs:** 1.80

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV

**I:** Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6) **I:** 1.30

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Estructuras de ocupación especial

**r:** Exponente que define la rama descendente del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)

**r:** 1.50

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E

**TC:** Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) **TC:** 1.49 s

$$T_c = 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

### **Espectro de diseño de aceleraciones**

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente ( $R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E$ ) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R \cdot \phi_p \cdot \phi_E}$$

### **Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad**

**RX:** Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **RX:** 8.00

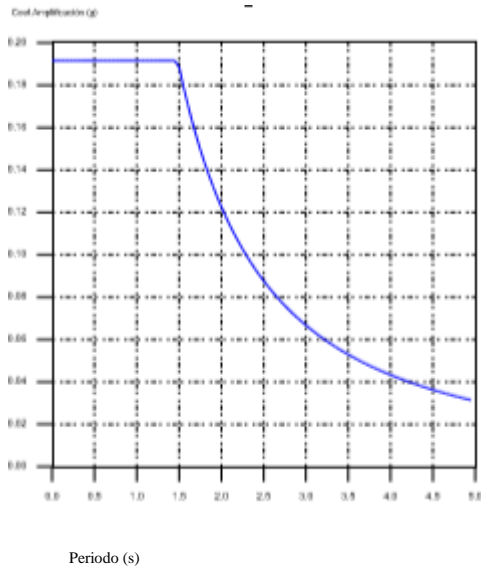
**RY:** Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **RY:** 8.00

**FP:** Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) **FP:** 0.90

**FE:** Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) **FE:** 0.90

NEC-SE-DS 2014 (6.3.2)

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y

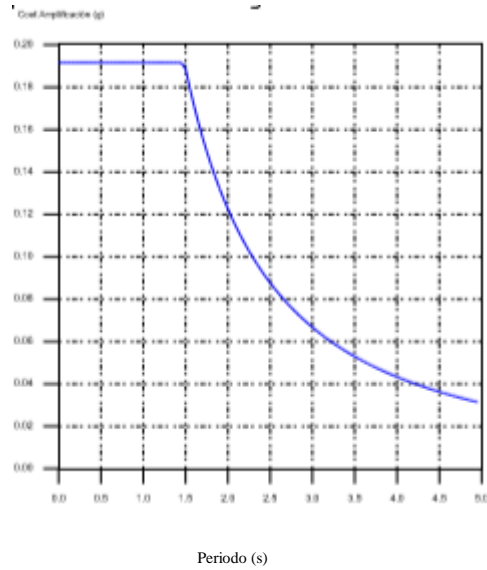


Figura 20: Espectro de diseño  
Fuente: Software CYPECAD

### 4.7.3 Coeficientes de participación

Tabla 8

*Coeficientes de participación modal.*

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>gz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Hipótesis X (1)	Hipótesis Y (1)
Modo 1	0.217	0.1385	0.9736	0.1812	1.65 %	81.49 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 2.24782 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 2.24782 mm
Modo 2	0.137	0.2034	0.0431	0.9781	67.42 %	3.02 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.8963 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.8963 mm
Modo 3	0.096	0.001	0.0008	1	0.01 %	0.01 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.4376 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.4376 mm
Modo 4	0.062	0.0778	0.0507	0.9957	14.93 %	6.34 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.18461 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.18461 mm
Modo 5	0.054	0.0653	0.0506	0.9966	10.41 %	6.27 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.1391 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.1391 mm
Total					94.42 %	97.13 %		

Fuente: Resultados CYPECAD

**T:** Periodo de vibración en segundos.

**Lx, Ly:** Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

**Lgz:** Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional. Mx, My: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

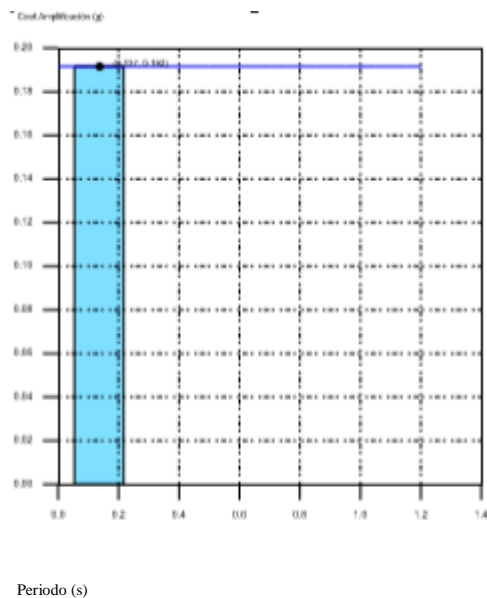
**R:** Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

**A:** Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

**D:** Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

### Representación de los periodos modales

#### Espectro de diseño según X



#### Espectro de diseño según Y

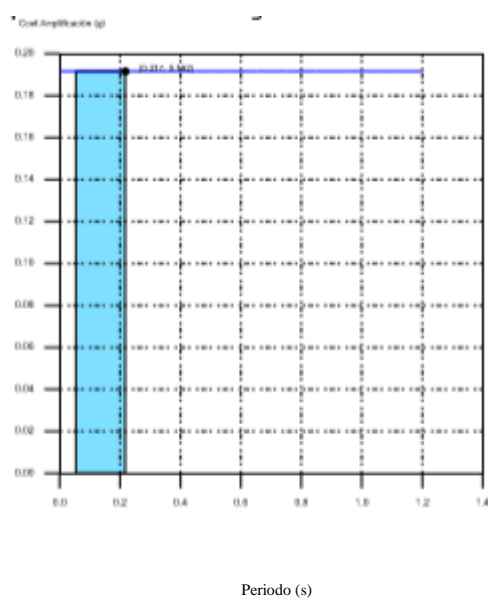


Figura 21: Periodos modales  
Fuente: Software CYPECAD

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo X1			Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)	Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.137	0.192	Modo 1	0.217	0.192

#### 4.7.4 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Tabla 9

*Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades.*

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	eX (m)	eY (m)
N.+10.92m	(15.11, 7.90)	(11.73, -0.75)	3.38	8.66
N.+8.04m	(17.22, 13.37)	(12.30, 8.18)	4.92	5.20
N.+5.16m	(18.86, 13.41)	(12.99, 13.14)	5.87	0.27
N.+2.28m	(10.33, 5.78)	(10.83, -2.11)	-0.50	7.89

Fuente: Resultados CYPECAD

**c.d.m.:** Coordenadas del centro de masas de la planta (X, Y)

**c.d.r.:** Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X, Y)

**eX:** Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

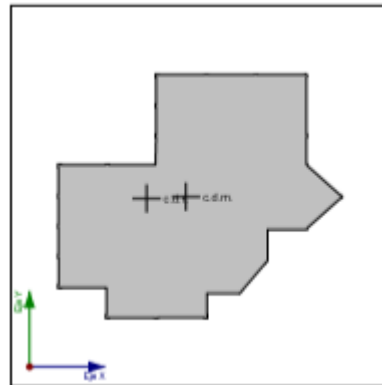
**eY:** Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)



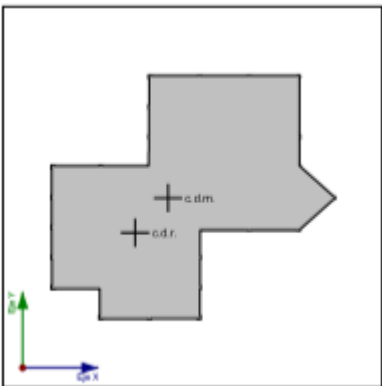
## Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



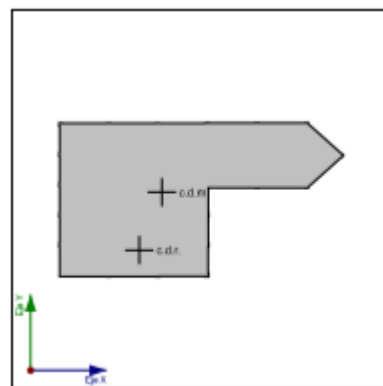
N.+2.28m



N.+5.16m



N.+8.04m



N.+10.92m

### 4.7.5 Corrección por cortante basal

#### Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico ( $V_d$ ), por dirección e Hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por Hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	VX	Vd, X
-----------------------	-----------------	----	-------

		(t)	(t)
Sismo X1	Modo 1	5.6443	242.9623
	Modo 2	230.8658	
	Modo 3	0.0373	
	Modo 4	51.1332	
	Modo 5	35.6595	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	VY (t)	Vd, Y (t)
Sismo Y1	Modo 1	278.9607	282.0049
	Modo 2	10.3510	
	Modo 3	0.0253	
	Modo 4	21.7220	
	Modo 5	21.4546	

**Vd., X:** Cortante basal dinámico en dirección X, por Hipótesis sísmica

**Vd., Y:** Cortante basal dinámico en dirección Y, por Hipótesis sísmica

Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

**VS, X:** Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2)    **VS, X:** 344.8246 t

$$V_{s,x} = S_{d,x}(T_a) \cdot W$$

**Sd, X(Ta):** Aceleración espectral horizontal de diseño (X)    **Sd, X(Ta):** 0.192 g

**Ta, X:** Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS)    **Ta, X :** 0.47 s

$$T_a = 0.055 \cdot h^{0.9}$$

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

**h:** Altura del edificio

**h:** 10.92 m

**VS, Y:** Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) **VS, Y:** 344.8246 t

$$V_{s,y} = S_{d,y}(T_a) \cdot W$$

**Sd, Y(Ta):** Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) **Sd, Y(Ta) :** 0.192 g

**Ta, Y:** Periodo fundamental aproximado (NEC-SE-DS 2014) **Ta, Y:** 0.47 s

$$T_a = 0.055 \cdot h^{0.9}$$

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

**h:** Altura del edificio

**h:** 10.92 m

**W:** Peso sísmico total de la estructura

**W:** 1800.1865 t

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

$$W = \sum_{i=1}^n w_i$$

**wi:** Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Tabla 10

*Cortante basal estática*

Planta	w <sub>i</sub> (t)
N.+10.92m	346.0515
N.+8.04m	499.1484

N.+5.16m	642.9437
N.+2.28m	312.0429
<b>W=Σwi</b>	<b>1800.1865</b>

Fuente: Resultados CYPECAD

Verificación de la condición de cortante basal Cuando el valor del cortante dinámico total en la base ( $V_d$ ), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 85 % del cortante basal sísmico estático ( $V_s$ ), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación:  $0.85 \cdot V_s / V_d$ .

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Irregular

*NEC-SE-DS 2014 (6.2.2b)*

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_d, X1 \geq 0.85 \cdot V_s, X$ 242.9623 t <input type="checkbox"/> 293.1009 t	1.21
Sismo Y1	$V_d, Y1 \geq 0.85 \cdot V_s, Y$ 282.0049 t <input type="checkbox"/> 293.1009 t	1.04

**$V_d, X$ :** Cortante basal dinámico en dirección X, por Hipótesis sísmica

**$V_s, X$ :** Cortante basal estático en dirección X, por Hipótesis sísmica

**$V_d, Y$ :** Cortante basal dinámico en dirección Y, por Hipótesis sísmica

**$V_s, Y$ :** Cortante basal estático en dirección Y, por Hipótesis sísmica

#### 4.7.6 Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una Hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales. Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

#### 4.7.7 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

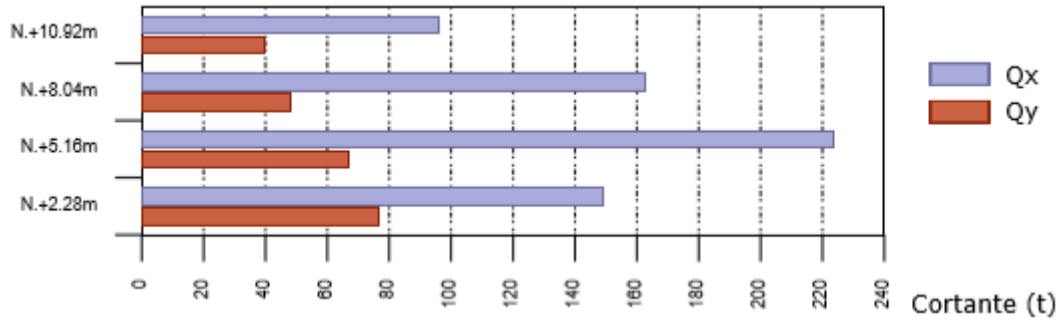
Planta	QX (t)	Feq, X (t)	QY (t)	Feq, Y (t)
N.+10.92m	95.9610	95.9610	39.5474	39.5474
N.+8.04m	162.9073	79.8907	47.9661	25.2667
N.+5.16m	223.5103	67.7194	67.1226	65.3629
N.+2.28m	149.2299	79.1957	76.4265	20.7544

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

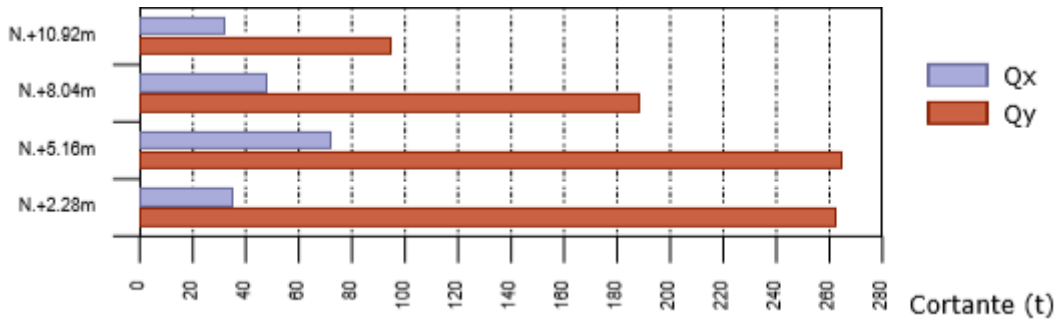
Planta	QX (t)	Feq, X (t)	QY (t)	Feq, Y (t)
N.+10.92m	32.1659	32.1659	94.5278	94.5278
N.+8.04m	47.7140	33.7123	187.9204	95.8101
N.+5.16m	72.2619	32.0581	264.2670	87.8460
N.+2.28m	35.1686	55.9556	262.6001	15.3444

## Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1

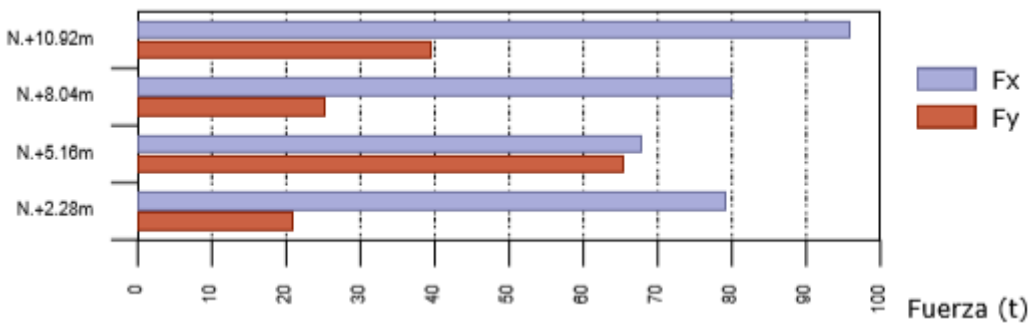


Hipótesis sísmica: Sismo Y1



## Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1

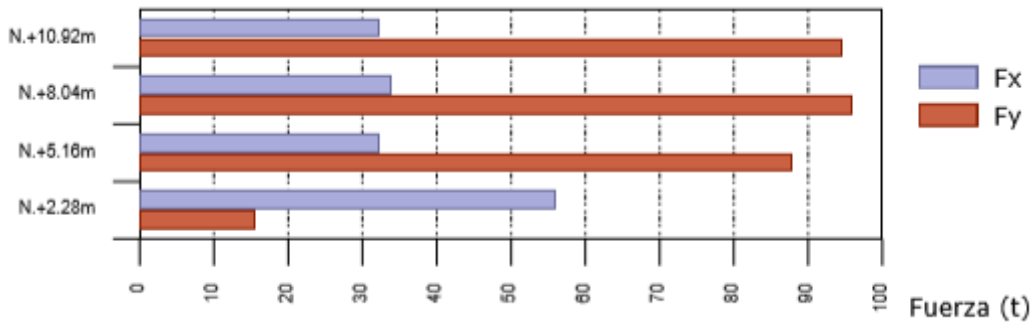


Figura 22. Fuerzas sísmicas equivalentes.  
Fuente: Software CYPECAD

**Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta**

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	%QX		%QY	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
N.+10.92m	19.68	80.32	14.82	85.18
N.+8.04m	1.50	98.50	21.85	78.15
N.+5.16m	9.23	90.77	12.01	87.99
N.+2.28m	8.96	91.04	12.22	87.78

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	%QX		%QY	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
N.+10.92m	32.44	67.56	16.71	83.29
N.+8.04m	5.19	94.81	16.29	83.71
N.+5.16m	13.59	86.41	16.66	83.34
N.+2.28m	12.24	87.76	17.27	82.73

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Tabla 11

*Cortante sísmico por tipo de soporte.*

Hipótesis sísmica	%QX		%QY	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
Sismo X1	10.49	89.51	15.85	84.15
Sismo Y1	13.72	86.28	20.18	79.82

#### 4.7.8 Distorsiones de columnas

**H:** Altura del nivel respecto al inmediato inferior

**Distorsión:**

Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior

Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta

**Origen:**

G: Sólo gravitatorias

GV: Gravitatorias + viento

**Nota:**

Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.

El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.



Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C2	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C3	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C4	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C5	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C6	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C7	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0001	----	G

C8	N.+10.92 m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C9	N.+10.92 m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C10	N.+10.92 m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C11	N.+10.92 m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C12	N.+10.92 m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C13	N.+10.92 m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C14	N.+10.92 m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C15	N.+10.92 m	10.67	2.88	0.0000	----	G	0.0000	----	G
<b>Situaciones persistentes o transitorias</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m	7.79 4.91 -1.20	2.88 2.88 3.23	0.0000 0.0000 0.0000	---- ---- ----	G G G	0.0000 0.0000 0.0000	---- ---- ----	G G G

	Fundación								
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C16	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m	4.91	2.88	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+5.16m	2.03	3.23	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	-1.20							
	Fundación								
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C17	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m	4.91	2.88	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+5.16m	2.03	3.23	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	-1.20							
	Fundación								
	Total		11.87	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C18	N.+10.92 m	10.67 8.04	2.63 2.88	0.0014 0.0002	h / 1879 ----	G G G G	0.0004 0.0001	h / 6575	G G
	N.+8.04m	5.16	2.88	0.0005	h / 5760		0.0001	----	G
	N.+5.16m	2.28	3.48	0.0012	h / 2900		0.0002	----	G
	N.+2.28m	-1.20						----	
	Fundación								
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C19	N.+10.92 m	10.82 7.94	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m	5.06	2.88	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+5.16m	2.18	3.38	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	-1.20							
	Fundación								
	Total		12.02	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C20	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C21	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m	4.91	2.88	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+5.16m	2.03	3.23	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	-1.20							
	Fundación								
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C22	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m	4.91	2.88	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+5.16m	2.03	3.23	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	-1.20							
	Fundación								
	Total		11.87	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C23	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m	4.91	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+5.16m	2.28							
	N.+2.28m								
	Total		8.39	0.0001	----	G	0.0001	----	G
<b>Situaciones persistentes o transitorias</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X		Origen	Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa		Absoluta (m)	Relativa	Origen

C24	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m	4.91 2.28	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	Total		8.39	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C25	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m	4.91 2.28	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	Total		8.39	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C26	N.+5.16m N.+2.28m	4.91 2.28	2.63	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Total		2.63	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C27	N.+5.16m N.+2.28m	4.91 2.28	2.63	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Total		2.63	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C28	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m	4.91 2.28	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	Total		8.39	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C29	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m	4.91 2.28	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	Total		8.39	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C30	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m	4.91 2.28	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	Total		8.39	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C31	N.+10.92 m	10.67 7.79	2.88 2.88	0.0000 0.0000	----	G G G	0.0000 0.0000	----	G G
	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m	4.91 2.28	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	Total		8.39	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C32	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m	7.79 4.91 2.28	2.88 2.63	0.0000 0.0000	----	G G	0.0000 0.0000	----	G G
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C33	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m	7.79 4.91 2.28	2.88 2.63	0.0000 0.0000	----	G G	0.0000 0.0000	----	G G
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C34	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m	7.79 4.91 2.28	2.88 2.63	0.0000 0.0000	----	G G	0.0000 0.0000	----	G G
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C35	N.+8.04m N.+5.16m	7.79 4.91	2.88 2.63	0.0000 0.0000	----	G G	0.0000 0.0000	----	G G
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0000	----	G
<b>Situaciones persistentes o transitorias</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0000	----	G

C36	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0000	----				G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C37	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C38	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C39	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C40	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C41	N.+8.04m	7.84	2.88	0.0000	----	G G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.56	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C42	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0001	----	G
C43	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C44	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0000	----	G G	0.0000	----	G
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C45	N.+10.92	10.67	2.88	0.0000	----	G G G	0.0000	----	G
	m	7.79	2.88	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+8.04m	4.91	2.63	0.0000	----		0.0000	----	G
	N.+5.16m	2.28							
	N.+2.28m								
	Total		8.39	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C47	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Fundación	-1.20							
	Total		3.23	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C48	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C49	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0000	----	G	0.0000	----	G
<b>Situaciones persistentes o transitorias</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C50	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0000	----	G	0.0000	----	G
		2.28							

	N.+2.28 m								
	Total		2.68	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C51	N.+5.16 m N.+2.28 m	4.96 2.28	2.68	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	Total		2.68	0.0000	----	G	0.0000	----	G

Situaciones sísmicas (1)									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0024	h / 1200	----	0.0041	h / 703	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0019	h / 1516	----	0.0046	h / 627	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0018	h / 1600	----	0.0042	h / 686	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0017	h / 1900	----	0.0033	h / 979	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0077	h / 1542	----	0.0161	h / 738	----
C2	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0028	h / 1029	----	0.0041	h / 703	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0017	h / 1695	----	0.0046	h / 627	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0016	h / 1800	----	0.0042	h / 686	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0015	h / 2154	----	0.0033	h / 979	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0076	h / 1562	----	0.0161	h / 738	----
C3	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0031	h / 930	----	0.0041	h / 703	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0016	h / 1800	----	0.0046	h / 627	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0014	h / 2058	----	0.0042	h / 686	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0014	h / 2308	----	0.0033	h / 979	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0074	h / 1605	----	0.0161	h / 738	----
C4	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0035	h / 823	----	0.0041	h / 703	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0015	h / 1920	----	0.0046	h / 627	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0012	h / 2400	----	0.0042	h / 686	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0012	h / 2692	----	0.0033	h / 979	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0072	h / 1649	----	0.0161	h / 738	----
C5	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0038	h / 758	----	0.0041	h / 703	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0014	h / 2058	----	0.0046	h / 627	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0011	h / 2619	----	0.0042	h / 686	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0011	h / 2937	----	0.0033	h / 979	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0071	h / 1672	----	0.0161	h / 738	----
C6	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0038	h / 758	----	0.0041	h / 703	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0014	h / 2058	----	0.0044	h / 655	----
	N.+5.16m	4.91	2.88	0.0011	h / 2619	----	0.0041	h / 703	----
	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0011	h / 2937	----	0.0033	h / 979	----
	Fundación	-1.20							
	Total		11.87	0.0071	h / 1672	----	0.0159	h / 747	----
C7	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0035	h / 823	----	0.0041	h / 703	----

Situaciones sísmicas (1)									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen

	N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m Fundación	7.79 4.91 2.03 -1.20	2.88 2.88 3.23	0.0015 0.0012 0.0012	h / 1920 h / 2400 h / 2692	---- ---- ----	0.0044 0.0041 0.0033	h / 655 h / 703 h / 979	---- ---- ----
	Total		11.87	0.0072	h / 1649	----	0.0159	h / 747	----
C8	N.+10.92m N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m Fundación	10.67 7.79 4.91 2.03 -1.20	2.88 2.88 2.88 3.23	0.0031 0.0016 0.0014 0.0014	h / 930 h / 1800 h / 2058 h / 2308	---- ---- ---- ----	0.0041 0.0044 0.0041 0.0033	h / 703 h / 655 h / 703 h / 979	---- ---- ---- ----
	Total		11.87	0.0074	h / 1605	----	0.0159	h / 747	----
C9	N.+10.92m N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m Fundación	10.67 7.79 4.91 2.03 -1.20	2.88 2.88 2.88 3.23	0.0028 0.0017 0.0016 0.0015	h / 1029 h / 1695 h / 1800 h / 2154	---- ---- ---- ----	0.0041 0.0044 0.0041 0.0033	h / 703 h / 655 h / 703 h / 979	---- ---- ---- ----
	Total		11.87	0.0076	h / 1562	----	0.0159	h / 747	----
C10	N.+10.92m N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m Fundación	10.67 7.79 4.91 2.03 -1.20	2.88 2.88 2.88 3.23	0.0024 0.0019 0.0018 0.0017	h / 1200 h / 1516 h / 1600 h / 1900	---- ---- ---- ----	0.0041 0.0044 0.0041 0.0033	h / 703 h / 655 h / 703 h / 979	---- ---- ---- ----
	Total		11.87	0.0077	h / 1542	----	0.0159	h / 747	----
C11	N.+10.92m N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m Fundación	10.67 7.79 4.91 2.03 -1.20	2.88 2.88 2.88 3.23	0.0021 0.0020 0.0019 0.0019	h / 1372 h / 1440 h / 1516 h / 1700	---- ---- ---- ----	0.0041 0.0044 0.0041 0.0033	h / 703 h / 655 h / 703 h / 979	---- ---- ---- ----
	Total		11.87	0.0079	h / 1503	----	0.0159	h / 747	----
C12	N.+10.92m N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m Fundación	10.67 7.79 4.91 2.03 -1.20	2.88 2.88 2.88 3.23	0.0021 0.0020 0.0019 0.0019	h / 1372 h / 1440 h / 1516 h / 1700	---- ---- ---- ----	0.0042 0.0043 0.0040 0.0032	h / 686 h / 670 h / 720 h / 1010	---- ---- ---- ----
	Total		11.87	0.0079	h / 1503	----	0.0157	h / 757	----
C13	N.+10.92m N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m Fundación	10.67 7.79 4.91 2.03 -1.20	2.88 2.88 2.88 3.23	0.0024 0.0019 0.0018 0.0017	h / 1200 h / 1516 h / 1600 h / 1900	---- ---- ---- ----	0.0042 0.0043 0.0040 0.0032	h / 686 h / 670 h / 720 h / 1010	---- ---- ---- ----
	Total		11.87	0.0077	h / 1542	----	0.0157	h / 757	----
C14	N.+10.92m N.+8.04m N.+5.16m N.+2.28m Fundación	10.67 7.79 4.91 2.03 -1.20	2.88 2.88 2.88 3.23	0.0028 0.0017 0.0016 0.0015	h / 1029 h / 1695 h / 1800 h / 2154	---- ---- ---- ----	0.0042 0.0043 0.0040 0.0032	h / 686 h / 670 h / 720 h / 1010	---- ---- ---- ----
	Total		11.87	0.0076	h / 1562	----	0.0157	h / 757	----
C15	N.+10.92m N.+8.04m N.+5.16m	10.67 7.79 4.91	2.88 2.88 2.88	0.0031 0.0016 0.0014	h / 930 h / 1800 h / 2058	---- ---- ----	0.0042 0.0043 0.0040	h / 686 h / 670 h / 720	---- ---- ----
<b>Situaciones sísmicas (I)</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	N.+2.28m Fundación	2.03 -1.20	3.23	0.0014	h / 2308	----	0.0032	h / 1010	----
	Total		11.87	0.0074	h / 1605	----	0.0157	h / 757	----

C16	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0035	h / 823	----	0.0042	h / 686	----
	N.+8.04m N.+5.16m	7.79	2.88	0.0015	h / 1920	----	0.0043	h / 670	----
	N.+2.28m	4.91	2.88	0.0012	h / 2400	----	0.0040	h / 720	----
	Fundación	2.03	3.23	0.0012	h / 2692	----	0.0032	h / 1010	----
	-1.20								
	Total		11.87	0.0072	h / 1649	----	0.0157	h / 757	----
C17	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0038	h / 758	----	0.0042	h / 686	----
	N.+8.04m N.+5.16m	7.79	2.88	0.0014	h / 2058	----	0.0043	h / 670	----
	N.+2.28m	4.91	2.88	0.0011	h / 2619	----	0.0040	h / 720	----
	Fundación	2.03	3.23	0.0011	h / 2937	----	0.0032	h / 1010	----
	-1.20								
	Total		11.87	0.0071	h / 1672	----	0.0157	h / 757	----
C18	N.+10.92m	10.67	2.63	0.0022	h / 1196	----	0.0013	h / 2024	----
	N.+8.04m N.+5.16m	8.04	2.88	0.0019	h / 1516	----	0.0031	h / 930	----
	N.+2.28m	5.16	2.88	0.0028	h / 1029	----	0.0056	h / 515	----
	Fundación	2.28	3.48	0.0043	h / 810	----	0.0086	h / 405	----
	-1.20								
	Total		11.87	0.0079	h / 1503	----	0.0161	h / 738	----
C19	N.+10.92m	10.82	2.88	0.0021	h / 1372	----	0.0042	h / 686	----
	N.+8.04m N.+5.16m	7.94	2.88	0.0020	h / 1440	----	0.0042	h / 686	----
	N.+2.28m	5.06	2.88	0.0019	h / 1516	----	0.0039	h / 739	----
	Fundación	2.18	3.38	0.0019	h / 1779	----	0.0032	h / 1057	----
	-1.20								
	Total		12.02	0.0079	h / 1522	----	0.0155	h / 776	----
C20	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0010	h / 2880	----	0.0040	h / 720	----
	N.+5.16m N.+2.28m	4.91	2.63	0.0010	h / 2630	----	0.0068	h / 387	----
	2.28								
	Total		5.51	0.0020	h / 2755	----	0.0107	h / 515	----
C21	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0024	h / 1200	----	0.0042	h / 686	----
	N.+8.04m N.+5.16m	7.79	2.88	0.0019	h / 1516	----	0.0042	h / 686	----
	N.+2.28m	4.91	2.88	0.0018	h / 1600	----	0.0039	h / 739	----
	Fundación	2.03	3.23	0.0017	h / 1900	----	0.0032	h / 1010	----
	-1.20								
	Total		11.87	0.0077	h / 1542	----	0.0155	h / 766	----
C22	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0028	h / 1029	----	0.0042	h / 686	----
	N.+8.04m N.+5.16m	7.79	2.88	0.0017	h / 1695	----	0.0042	h / 686	----
	N.+2.28m	4.91	2.88	0.0016	h / 1800	----	0.0039	h / 739	----
	Fundación	2.03	3.23	0.0015	h / 2154	----	0.0032	h / 1010	----
	-1.20								
	Total		11.87	0.0076	h / 1562	----	0.0155	h / 766	----
C23	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0031	h / 930	----	0.0042	h / 686	----
	N.+8.04m N.+5.16m	7.79	2.88	0.0016	h / 1800	----	0.0042	h / 686	----
	N.+2.28m	4.91	2.63	0.0028	h / 940	----	0.0071	h / 371	----
	2.28								
	Total		8.39	0.0074	h / 1134	----	0.0155	h / 542	----
C24	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0031	h / 930	----	0.0043	h / 670	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0016	h / 1800	----	0.0041	h / 703	----
<b>Situaciones sísmicas (1)</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0028	h / 940	----	0.0069	h / 382	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0074	h / 1134	----	0.0153	h / 549	----



C25	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0031	h / 930	----	0.0044	h / 655	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0016	h / 1800	----	0.0040	h / 720	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0028	h / 940	----	0.0068	h / 387	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0074	h / 1134	----	0.0150	h / 560	----
C26	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0024	h / 1096	----	0.0068	h / 387	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.63	0.0024	h / 1096	----	0.0068	h / 387	----
C27	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0024	h / 1096	----	0.0069	h / 382	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.63	0.0024	h / 1096	----	0.0069	h / 382	----
C28	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0035	h / 823	----	0.0042	h / 686	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0015	h / 1920	----	0.0042	h / 686	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0024	h / 1096	----	0.0071	h / 371	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0072	h / 1166	----	0.0155	h / 542	----
C29	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0038	h / 758	----	0.0042	h / 686	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0014	h / 2058	----	0.0042	h / 686	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0020	h / 1315	----	0.0071	h / 371	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0071	h / 1182	----	0.0155	h / 542	----
C30	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0038	h / 758	----	0.0043	h / 670	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0014	h / 2058	----	0.0041	h / 703	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0020	h / 1315	----	0.0069	h / 382	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0071	h / 1182	----	0.0153	h / 549	----
C31	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0038	h / 758	----	0.0044	h / 655	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0014	h / 2058	----	0.0040	h / 720	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0020	h / 1315	----	0.0068	h / 387	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0071	h / 1182	----	0.0150	h / 560	----
C32	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0013	h / 2216	----	0.0043	h / 670	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0017	h / 1548	----	0.0072	h / 366	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0029	h / 1900	----	0.0115	h / 480	----
C33	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0013	h / 2216	----	0.0042	h / 686	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0017	h / 1548	----	0.0071	h / 371	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0029	h / 1900	----	0.0113	h / 488	----
C34	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0013	h / 2216	----	0.0041	h / 703	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0017	h / 1548	----	0.0069	h / 382	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0029	h / 1900	----	0.0110	h / 501	----
C35	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0013	h / 2216	----	0.0040	h / 720	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0017	h / 1548	----	0.0069	h / 382	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0029	h / 1900	----	0.0109	h / 506	----
<b>Situaciones sísmicas (1)</b>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C36	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0013	h / 2216	----	0.0040	h / 720	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0017	h / 1548	----	0.0068	h / 387	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0029	h / 1900	----	0.0107	h / 515	----

C37	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0012	h / 2400	----	0.0040	h / 720	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0013	h / 2024	----	0.0068	h / 387	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0025	h / 2204	----	0.0107	h / 515	----
C38	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0012	h / 2400	----	0.0041	h / 703	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0013	h / 2024	----	0.0069	h / 382	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0025	h / 2204	----	0.0110	h / 501	----
C39	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0012	h / 2400	----	0.0042	h / 686	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0013	h / 2024	----	0.0071	h / 371	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0025	h / 2204	----	0.0113	h / 488	----
C40	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0012	h / 2400	----	0.0043	h / 670	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0013	h / 2024	----	0.0072	h / 366	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0025	h / 2204	----	0.0115	h / 480	----
C41	N.+8.04m	7.84	2.88	0.0010	h / 2880	----	0.0043	h / 670	----
	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0010	h / 2680	----	0.0072	h / 373	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.56	0.0020	h / 2780	----	0.0115	h / 484	----
C42	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0010	h / 2880	----	0.0042	h / 686	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0010	h / 2630	----	0.0071	h / 371	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0020	h / 2755	----	0.0113	h / 488	----
C43	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0010	h / 2880	----	0.0041	h / 703	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0010	h / 2630	----	0.0069	h / 382	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0020	h / 2755	----	0.0110	h / 501	----
C44	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0010	h / 2880	----	0.0040	h / 720	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0010	h / 2630	----	0.0069	h / 382	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		5.51	0.0020	h / 2755	----	0.0109	h / 506	----
C45	N.+10.92m	10.67	2.88	0.0035	h / 823	----	0.0045	h / 640	----
	N.+8.04m	7.79	2.88	0.0015	h / 1920	----	0.0039	h / 739	----
	N.+5.16m	4.91	2.63	0.0024	h / 1096	----	0.0067	h / 393	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		8.39	0.0072	h / 1166	----	0.0149	h / 564	----
C47	N.+2.28m	2.03	3.23	0.0020	h / 1615	----	0.0032	h / 1010	----
	Fundación	-1.20							
	Total		3.23	0.0020	h / 1615	----	0.0032	h / 1010	----
C48	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0035	h / 766	----	0.0070	h / 383	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.0035	h / 766	----	0.0070	h / 383	----

**Situaciones sísmicas (1)**

Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C50	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0032	h / 838	----	0.0069	h / 389	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.0032	h / 838	----	0.0069	h / 389	----
C51	N.+5.16m	4.96	2.68	0.0032	h / 838	----	0.0069	h / 389	----
	N.+2.28m	2.28							
	Total		2.68	0.0032	h / 838	----	0.0069	h / 389	----

Notas:

(1) Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.

Resultados CYPECAD  
Fuente: Software CYPECAD

#### 4.7.9 Valores máximos

<b>Desplome local máximo de los pilares (<math>\square</math> / h)</b>				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
N.+10.92m	1 / 1879	1 / 6575	1 / 758	1 / 640
N.+8.04m	----	----	1 / 1440	1 / 627
N.+5.16m	1 / 5760	----	1 / 766	1 / 366
N.+2.28m	1 / 2900	----	1 / 810	1 / 405
<p><i>Notas:</i></p> <p>(1) <i>Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.</i></p>				

Tabla 12

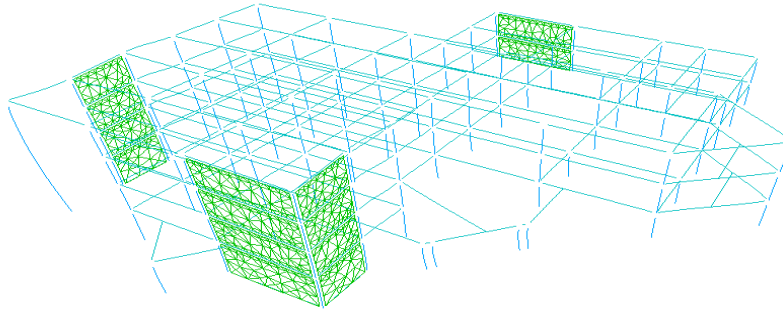
*Distorsión de columnas.*

<b>Desplome total máximo de los pilares (<math>\square</math> / H)</b>				
Situaciones persistentes o transitorias			Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
Dirección X	Dirección Y		Dirección X	Dirección Y
----	----		1 / 766	1 / 382
<p><i>Notas:</i></p> <p>(1) <i>Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.</i></p>				

Fuente: Resultados CYPECAD

#### 4.8 Modos de vibración

Resultados arrojados con el segundo modelamiento, sugiriendo muros de hormigos armado son: El primer modo de vibración sismo en y modo 1: Es traslación.



Segundo modo de vibración, sismo en x modo 2: Es traslación

Figura 23: Primer modo de vibración

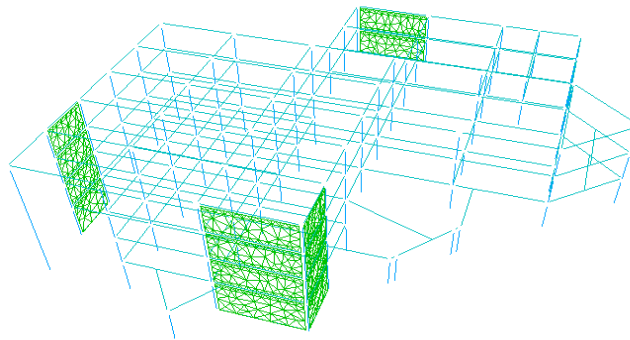


Figura 24: Segundo modo de vibración

### Tercer modo de vibración, sismo en x modo 3: Es torsión

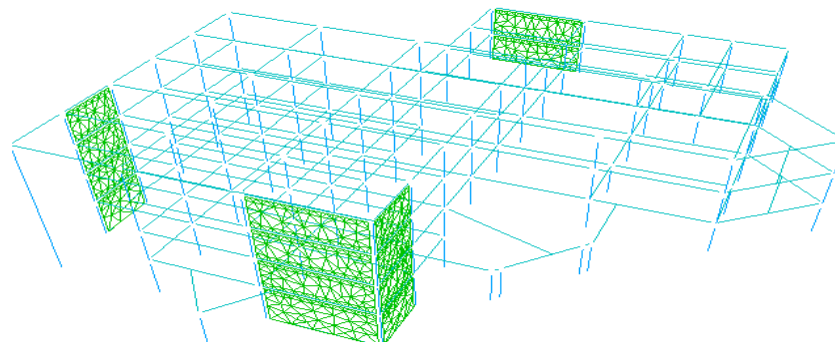


Figura 25: Tercer modo de vibración

Con el segundo modelamiento del edificio Administrativo donde se sugiere muros de hormigón armado, mejoraron los modos de vibración y el desempeño de la estructura ante sismos, comparados con el primer modelamiento.

## 4.9 Análisis de resultados modelamiento 2.

### 4.9.1 Participación modal de masas.

Tabla 13

*Análisis de resultados: Participación modal de masas.*

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>gz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Hipótesis X (1)	Hipótesis Y (1)
Modo 1	0.217	0.1385	0.9736	0.1812	1.65 %	81.49 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 2.24782 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 2.24782 mm
Modo 2	0.137	0.2034	0.0431	0.9781	67.42 %	3.02 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.8963 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.8963 mm
Modo 3	0.096	0.001	0.0008	1	0.01 %	0.01 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.4376 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.4376 mm
Modo 4	0.062	0.0778	0.0507	0.9957	14.93 %	6.34 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.18461 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.18461 mm
Modo 5	0.054	0.0653	0.0506	0.9966	10.41 %	6.27 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.1391 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s <sup>2</sup> D = 0.1391 mm
Total					94.42 %	97.13 %		

Fuente: Resultados CYPECAD

Como se puede ver en la tabla 13, los muros de hormigón mejoraron el nivel de comportamiento de la estructura los valores de Lx y Ly están más cercano a uno garantizan un buen comportamiento sísmico de la estructura, los valores de Lgz mientras más alejado de uno es mejor para su desempeño con la implementación de los muros de hormigón se alejaron de uno a diferencia del primer modelamiento. Los modos de vibración importantes son el uno y el dos. El primer modo de vibración predomina el movimiento traslacional. El segundo modo de vibración baja el coeficiente torsional, pero sigue prevaleciendo el movimiento torsional y en el tercer modo de vibración es torsional, se puede decir que la estructura mejoró su comportamiento estructural.

#### 4.9.2 Distorsión de columnas

Tabla 14

*Análisis de datos: Distorsión de columnas*

<b>Desplome total máximo de los pilares (<math>\square / H</math>)</b>			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 766	1 / 382

*Notas:*

<sup>(1)</sup> *Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.*

Fuente: Resultados CYPECAD

Según la norma (NEC 2015) el valor mínimo de las columnas deben ser L/50 en la dirección X, Y, mejoraron el comportamiento de las columnas, con la sugerencia de los muros de hormigón (mirar la tabla 14). Ayuda a salvaguardar la integridad y seguridad de las personas que se encuentran en dicha edificación.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La estructura antes de ser construida, no contó con un estudio de suelo; en la actualidad la edificación tiene un alto nivel freático que ha ocasionado asentamientos, fisuras y grietas en las mamposterías y paredes divisorias, además no construyeron drenajes apropiados para conducir y evacuar las aguas en el área de influencia de la edificación. La Ing. Lorena Pérez, experta en geotecnia, contratada por la Universidad, realizó el estudio de suelo en el año 2018, donde se pudo evidenciar el tipo de suelo es de las siguientes características: Suelo orgánico con un espesor variable de 30 cm seguido de arena con limos no plásticos de color café, de formas sobredondeadas y con una estructura granular, por lo que se concluye que con estas características del suelo la edificación se tornen vulnerable ante un evento sísmico de considerables proporciones afectando la parte estructural.
- (Arnold & Reitherman, 1987) definen a la configuración de edificios con los términos de convexo, que “Es imposible conectar dos puntos cualesquiera dentro de la figura mediante una línea que cruce los límites de la figura” y cóncavo, cuando “Dos puntos dentro de la figura se pueden conectar mediante una línea que cruza los límites de la figura”; Al usar estos procesos en relación con la planta del edificio y su elevación se hace una diferenciación oportuna entre edificios de forma sencilla y los de forma compleja. Se puede decir que el edificio Administrativo tiene una configuración compleja en planta y elevación la misma que influye en su comportamiento estructural lo que le hace vulnerable ante sismos.
- El edificio administrativo no cuenta con planos y detalles estructurales de diseño por lo que no se pudo comprobar las mediciones de los elementos estructurales del diseño con la realidad, es por ello que realizamos procedimientos de campo en columnas, vigas y losas con instrumentos apropiados de medición.

- En el análisis estructural del programa Cypecad; y en sus reportes de justificación sísmica que emite el software refiere que el primer modo de vibración es rotacional o torsional, el segundo es levemente traslacional y el tercer modo de vibración es rotacional la cual es deseable, (ver tabla 2 “Coeficiente de participación modal”). Las estructuras son diseñadas para resistir fuerzas horizontales generadas con los sismos, los modos de vibración que tienen importancia son el uno y el dos, datos obtenidos que no son muy favorables para el comportamiento de la edificación.
- En base a los resultados obtenidos en el primer modelamiento arrojó una estructura vulnerable por lo cual se implementó muros de hormigón y así mejorar el comportamiento de la estructura por, el primer modo de vibración fue un movimiento traslacional, el segundo es ligeramente traslacional y el tercero un movimiento rotacional o torsional que es favorable mejorando el comportamiento la estructura, (ver tabla 8 “coeficiente de participación modal”).
- La distorsión de las columnas sobrepasa las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC) ya que es un mínimo de  $L/50$ , y se obtuvo un resultado de  $L/30$  en el primer modelamiento desplazando más de lo normal la estructura pudiendo ocasionar un colapso (ver tabla 5 “distorsión de columnas”).
- Se concluye que el edificio Administrativo tiene un comportamiento y desempeño actual no aceptable, por lo tanto, es una estructura vulnerable ante sismos.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Para disminuir el nivel freático del edificio Administrativo se recomienda realizar un estudio adecuado de suelo y obtener la composición exacta del terreno y su posterior construcción de drenajes y subdrenajes (tuberías y zanjas) para generar una adecuada conducción y evacuación del agua.



- Se recomienda la realización de los planos estructurales y el estudio de un experto para medir las cuantías estructurales de la edificación y en base a este obtener resultados óptimos en la modelación de la estructura.
- Se recomienda realizar el reforzamiento de la estructura y así mejorar el desempeño estructural, mediante la implementación de muros de hormigón como se muestra en el modelamiento realizado subiendo la distorsión de columnas de  $L/50$  a  $L/752$  modelamiento 2, de esta forma reducir el nivel de vulnerabilidad del edificio de administración, (ver 12 “distorsión de columnas”).
- Se recomienda realizar estudios de modelamientos en todas las edificaciones del IES (Institución de educación superior) siguiendo los lineamientos de las normas ecuatorianas de la construcción (NEC), con datos y estudios actualizados en todo el espacio físico de esa forma reducir el nivel de vulnerabilidad de las estructuras.

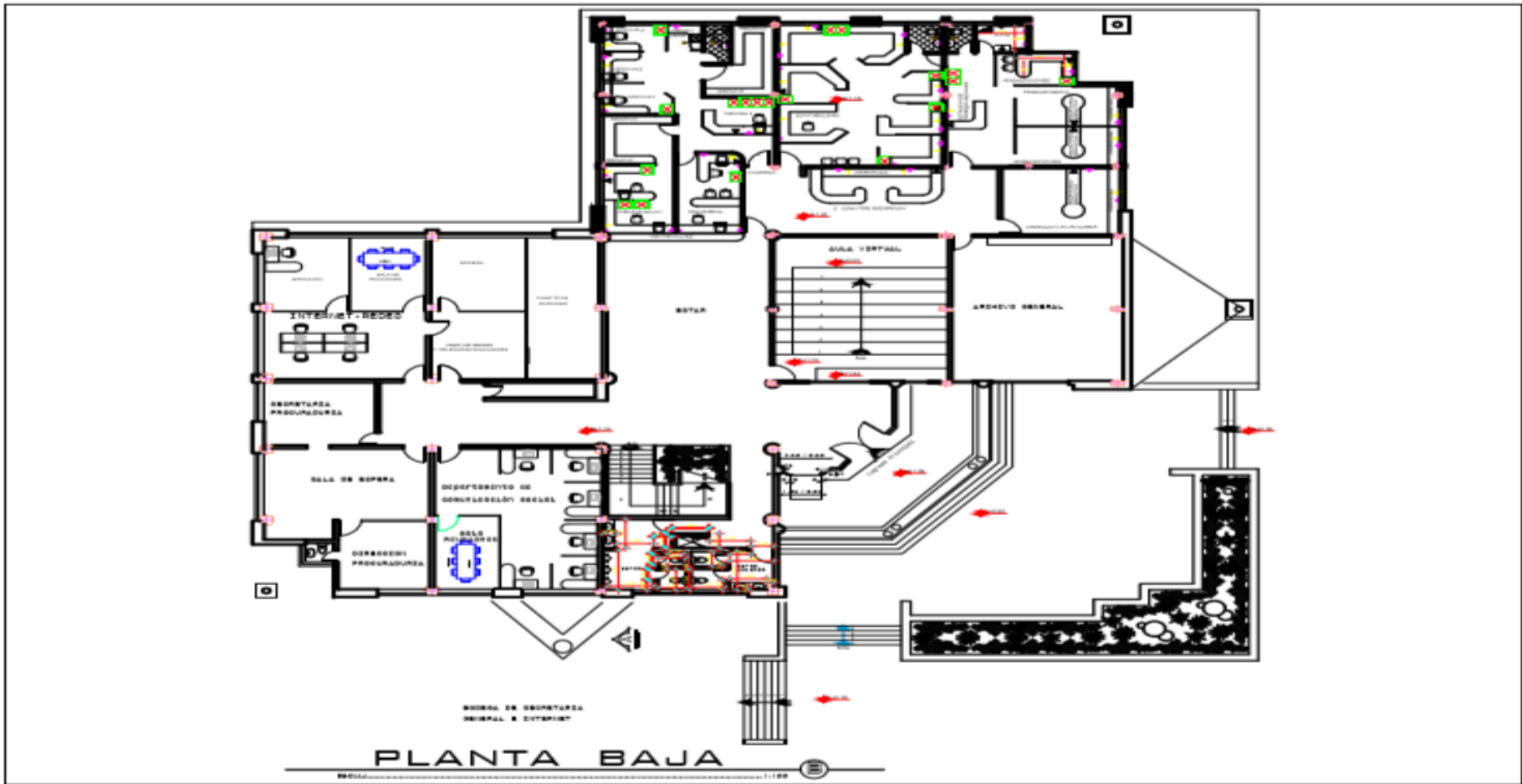
## 6. Bibliografía

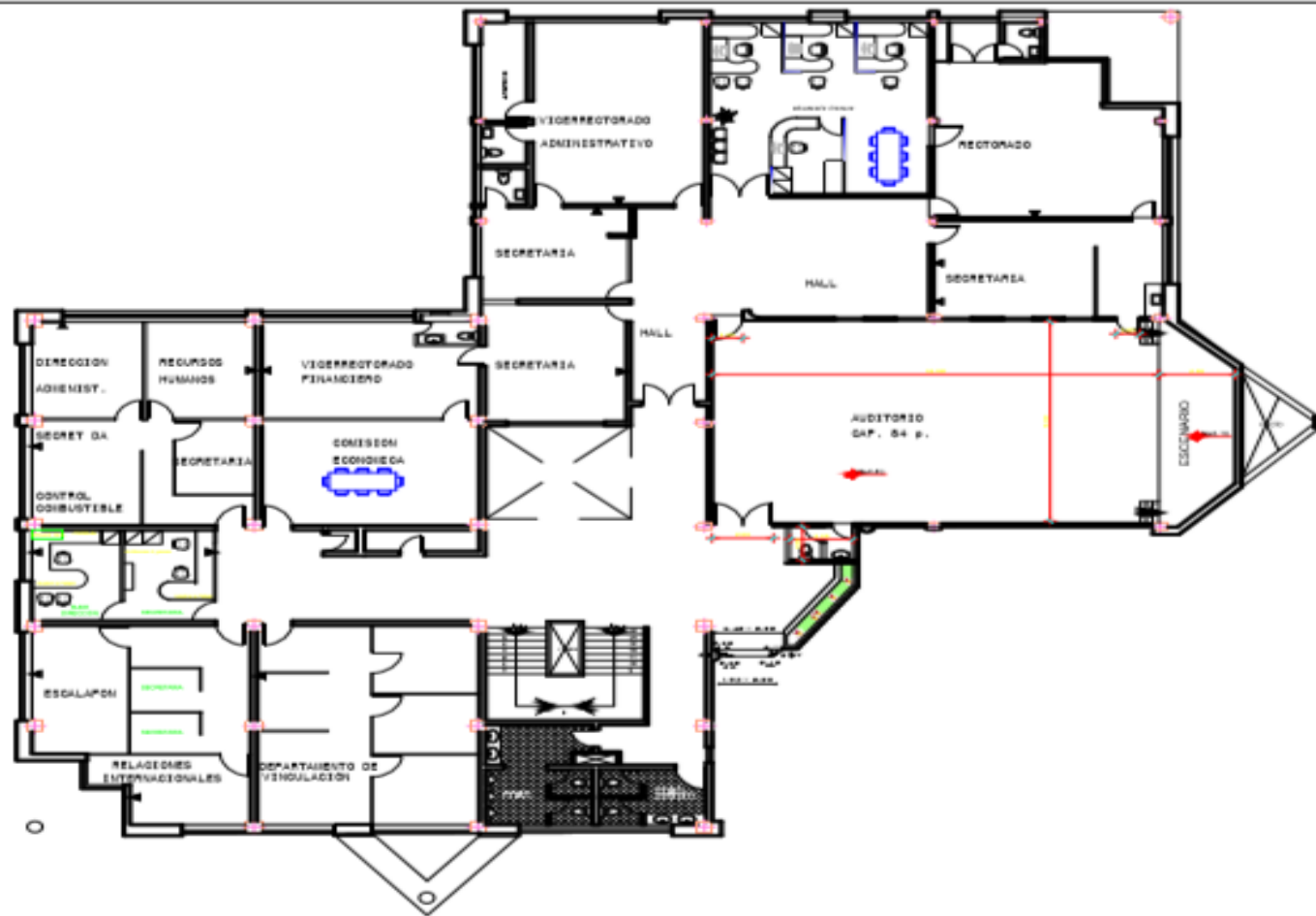
- Añazco, C. (2017). Análisis dinámico no lineal. En *Análisis dinámico no lineal "Hospital Moreno Vázquez" Medida de mitigación y refuerzo para disminuir la vulnerabilidad estructural* (págs. 12-18). Cuenca.
- Araujo, L. (2017). *Academia*. Obtenido de Academia: [https://www.academia.edu/36726670/HISTORIA\\_S%C3%82SMICA\\_DEL\\_ECUADOR](https://www.academia.edu/36726670/HISTORIA_S%C3%82SMICA_DEL_ECUADOR)
- Arias, F. G. (2006). El proyecto de investigación. En F. G. Arias, *El proyecto de investigación*. (págs. 23,24,26). Caracas: Editorial episteme.
- Arnold, C., & Reitherman, R. (1987). *Configuración y diseños Sismo de edificios*.
- Barbat, A. (2013). En *Estados del Conocimiento sobre metodologías de evolución de vulnerabilidad sísmica de edificios* (págs. 7,8,9).
- Bernal, C. (2010). En *Metodología de la investigación* (págs. 111-115).
- Carlos, R., Zerna, P., & Santos, E. (2012). *Utilización del software Cypecad en el diseño sísmo resistente de un edificio de cinco pisos utilizando como material el hormigón armado*. Guayaquil.
- Condo, C. V. (2014). Análisis del factor de reducción de las fuerzas sísmica ( $r$ ) en un edificio de hormigón armado de 5 pisos con cypecad para garantizar el cálculo y seguridad de sus habitantes ubicado en el barrio el Dorado, ciudad de Puyo, provincia de Pastaza. 6-12.
- Constitución de la República del Ecuador*. (2008). Obtenido de [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)
- Gómez, M. (2011). *Modelación y análisis estructural de edificios*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/474/A8.pdf?sequence=8>
- H.Barbat. (2005). En *Cálculo y diseño sismoresistente de edificios* (págs. 2-9).
- Medrano, R. (2007). Mecánica de suelos II. En R. Medrano, *Mecánica de suelos II* (pág. 67). Puebla: Talleres .

- NEC. (2015). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>
- NEC. (Agosto de 2015). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: [file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/INFORMACION%20PDF/ACUERDO-0028-NORMAS-NEC2%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/INFORMACION%20PDF/ACUERDO-0028-NORMAS-NEC2%20(1).pdf)
- Pérez, L. (2018). *Estudio de suelos edificio administrativo*. Ambato.
- Reboredo, A. (1996). En *El análisis dinámico de construcciones sismo resistentes* (págs. 7-10).
- Rivadeneira, F., & Alvarado, A. (2007). *Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador*. Quito.
- Véliz, C. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de hormigón armado: Aplicación al área urbana del centro histórico de la ciudad de Portoviejo. 28-35.

## **7. ANEXOS**

**ANEXO 1. Planos arquitectónicos.**



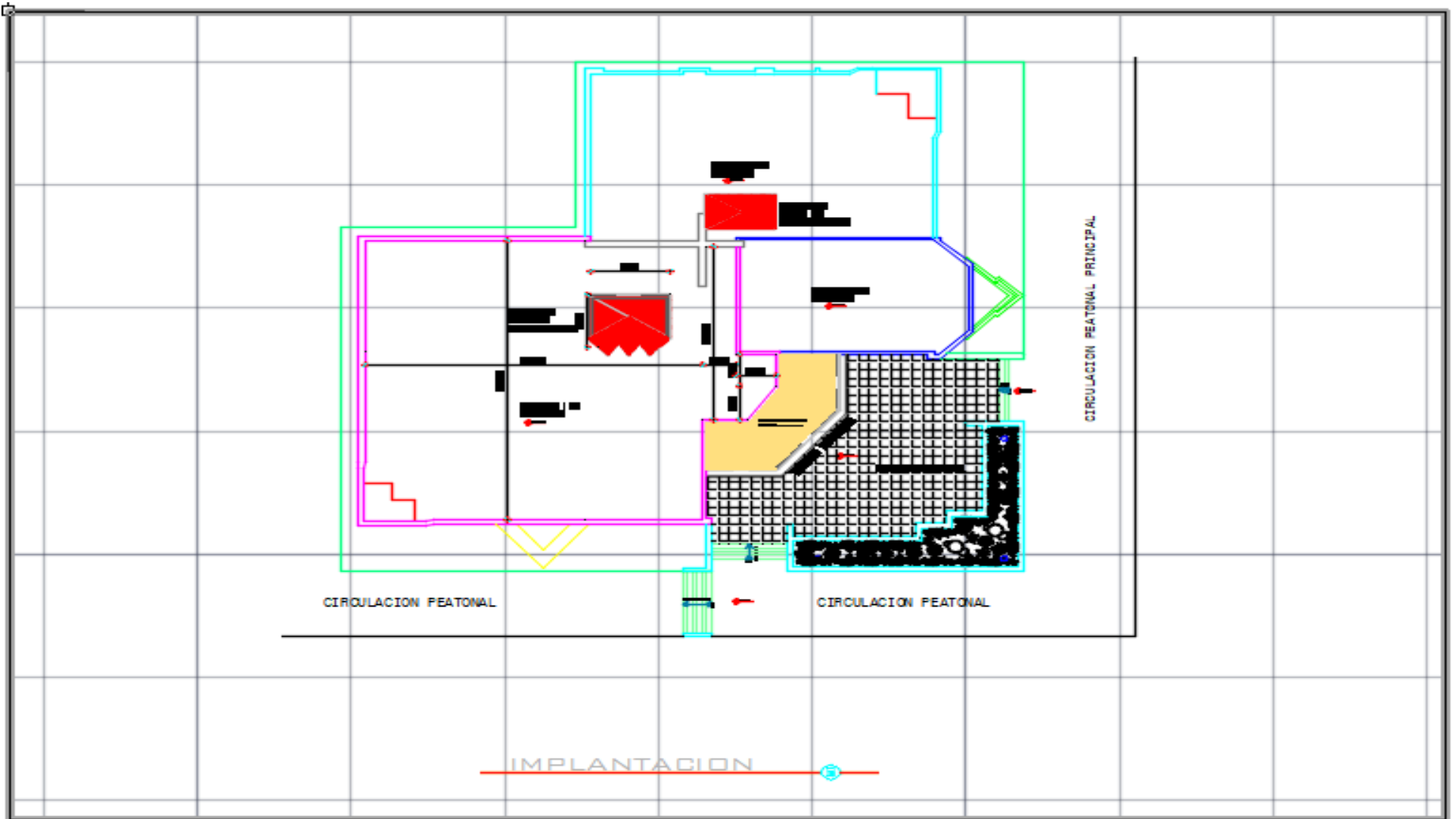


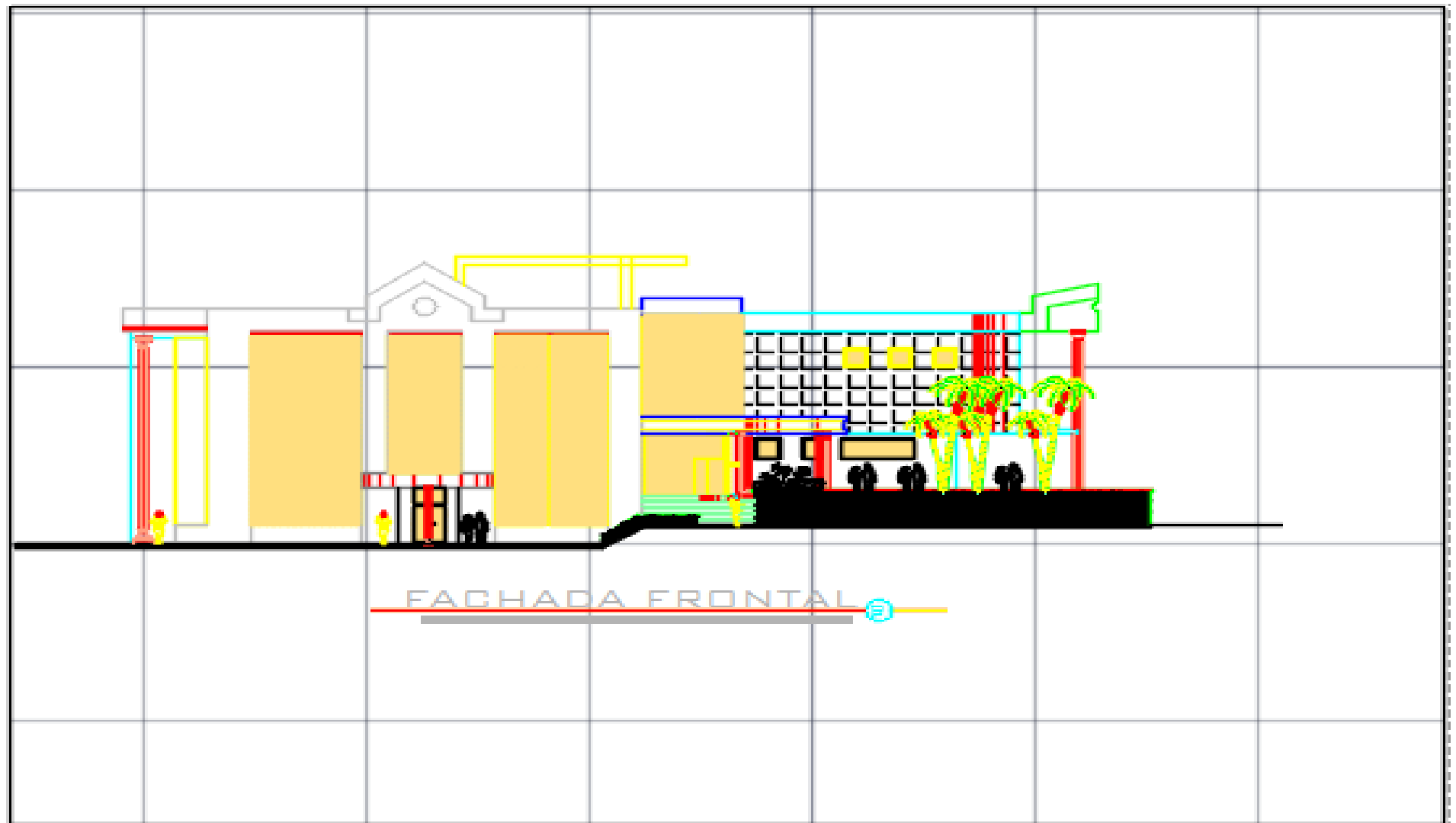
SEGUNDA PLANTA ALTA

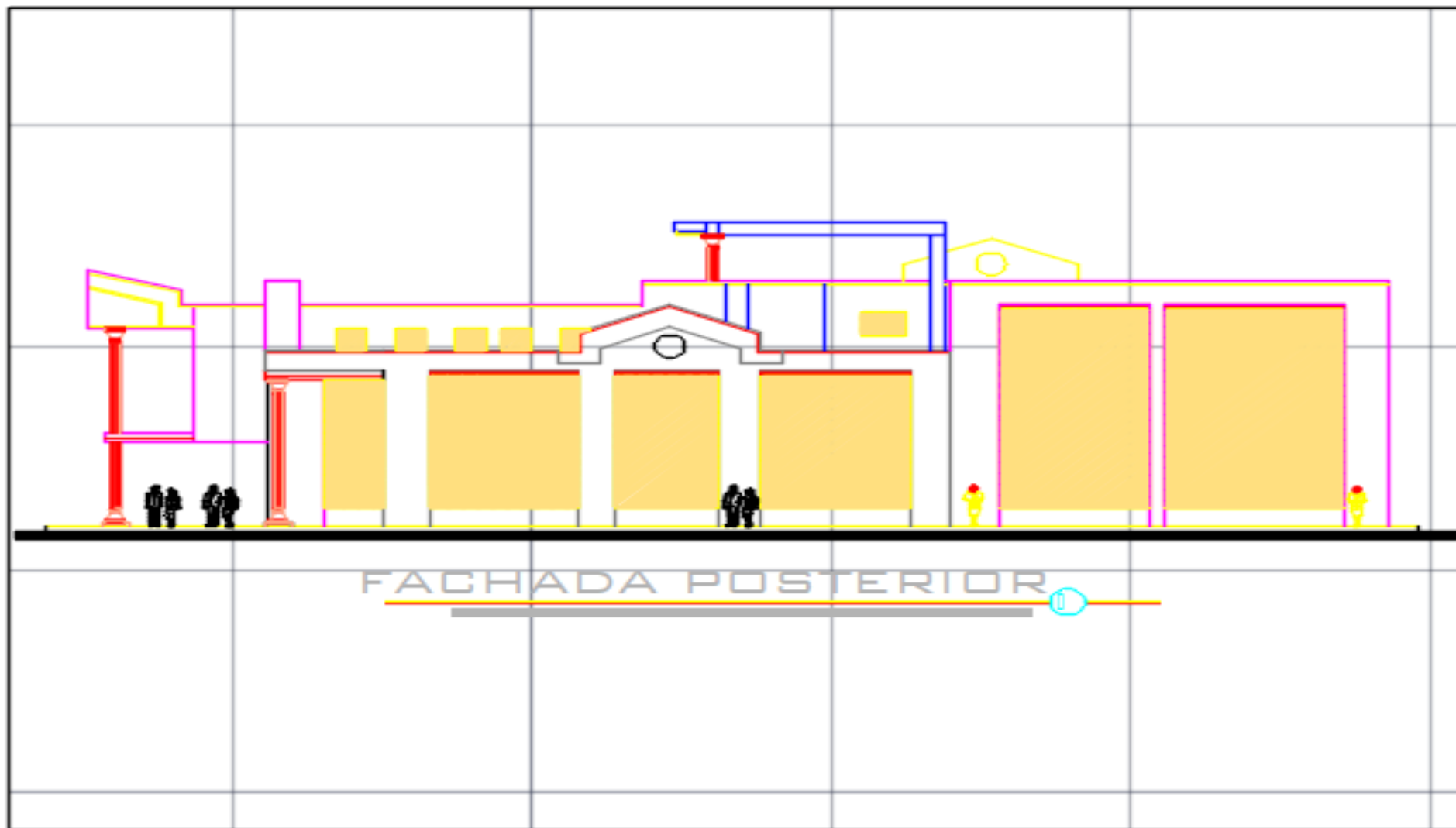


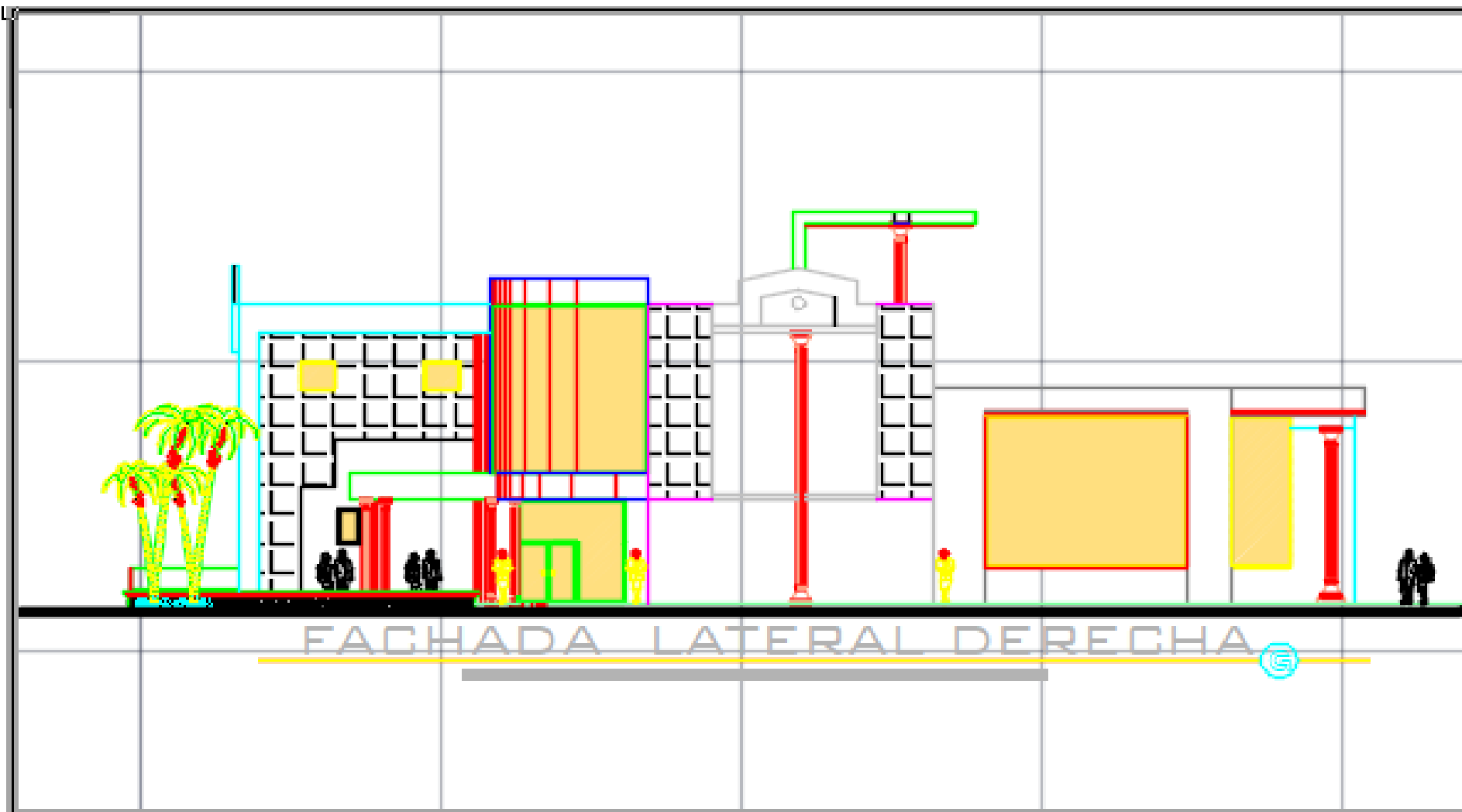
SEGUNDA PLANTA ALTA

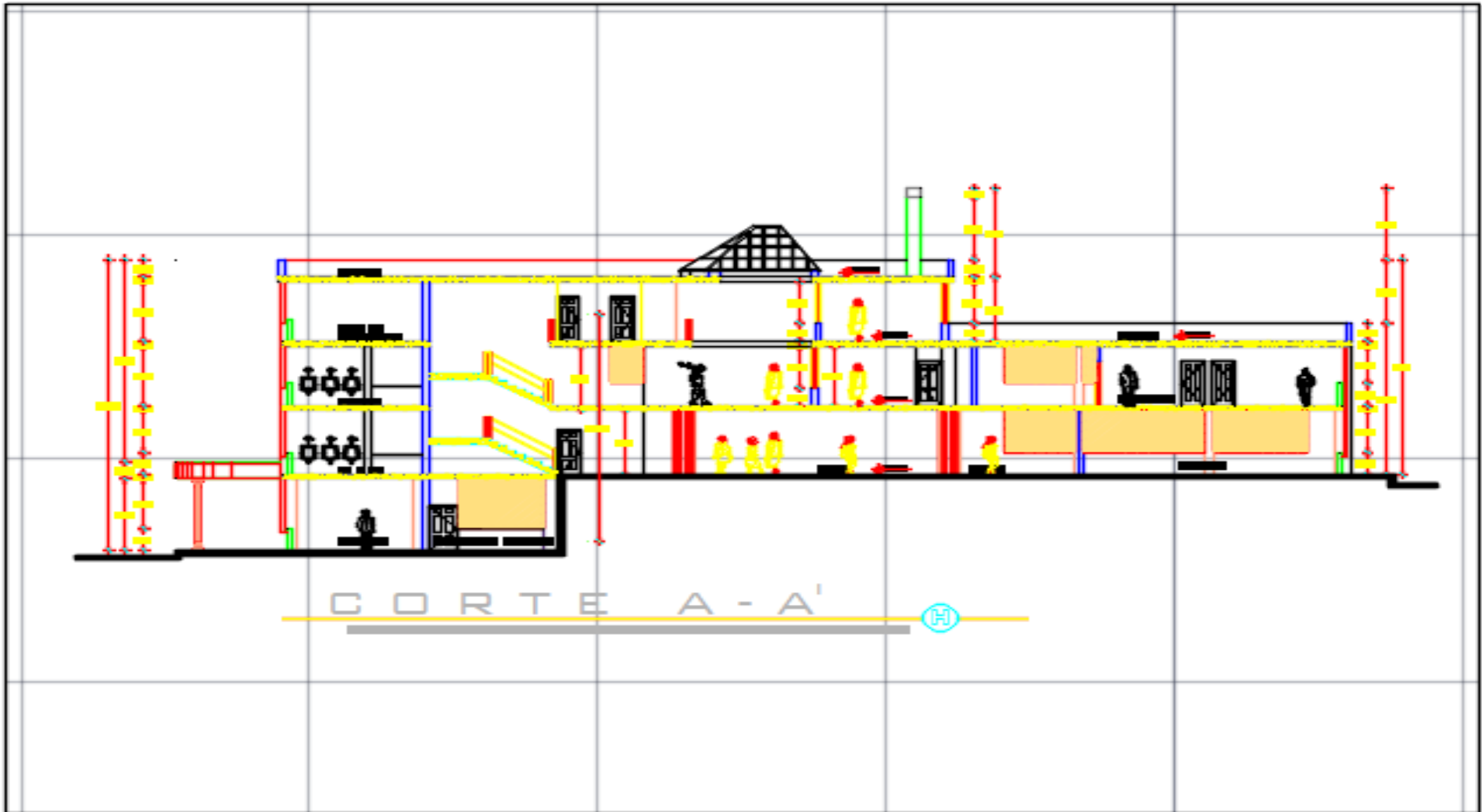












## ANEXO 2. Recolección de información



**Fotografía 11:** Recolección de información columnas (Esclerómetro)  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 02/04/2019



**Fotografía 10:** Recolección de información losa (Esclerómetro)  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 02/04/2019



**Fotografía 12:** Recolección de información vigas (Esclerómetro)  
**Autores:** Andrade y Escobar, 2019  
**Fecha:** 02/04/2019